

INDICE

PRESENTAZIONE.....	3	F. DUCCI, R. PROIETTI, P. CANTIANI - Struttura genetica e sociale in un ceduo di cerro in conversione	
PREMESSA	5	<i>Genetics and stand structure of a Turkey oak coppice</i>	143
P. CANTIANI, E. AMORINI, M. PIOVOSI - Effetti dell'intensità della matricinatura sulla sostituzione della copertura e sull'accrescimento dei polloni in cedui a prevalenza di cerro <i>Effect of standard density release on canopy cover recovery and shoot growth in Turkey oak coppice forests</i>	9	A. CUTINI, V. GIULIETTI - La rovere: una specie da valorizzare nei boschi cedui della Toscana <i>The Sessile oak: a species to reassess in Tuscany's coppice stands</i>	159
A. CUTINI - Taglio di avviamento, ceduzazione e matricinatura: effetti sulle caratteristiche della copertura forestale in cedui a prevalenza di cerro <i>Coppice conversion cuts, coppicing and standards density: effects on canopy properties of Turkey oak coppice stands</i>	21	C. FAGARAZZI, R. FRATINI, F. RICCIOLI - Valutazione della funzione paesaggistica delle fustaie transitorie di cerro nel territorio delle Colline Metallifere <i>Appraisal of landscape function of Turkey oak transitory crops in the Colline Metallifere territory</i>	169
C. BECAGLI, P. CANTIANI, G. FABBIO - Trattamento sperimentale in un ceduo composto di roverella e leccio del Chianti senese. Primi risultati <i>Experimental trial in a pubescent oak and holm oak coppice with standards in the Chianti region (Siena). First results</i>	31	P. MAIROTA, G. TELLINI FLORENZANO, P. PIUSSI - Gestione del bosco e conservazione della biodiversità: l'analisi eco-paesistica applicata a territori boscati della Toscana meridionale <i>Forest management and biodiversity conservation: landscape ecological analysis of wooded lands in southern Tuscany (Italy)</i>	187
E. BARAGATTI, L. FRATI, A. CHIARUCCI - Cambiamenti nella diversità della vegetazione in seguito a diversi tipi di matricinatura in boschi di cerro <i>Changes in vegetation diversity under different silvicultural managements in a Quercus cerris forest</i>	39	I. P. MAIROTA, G. TELLINI FLORENZANO, P. PIUSSI - Biodiversità e configurazione del paesaggio forestale attraverso le scale spaziali <i>Biodiversity and forest landscape configuration across spatial scales</i> ..	191
F. PIEGAL, F. FABIANO - Il lavoro per la raccolta di legna da ardere da cedui e da avviamenti ad alto-fusto <i>Harvesting of firewood at coppice clear cutting and at first thinning for coppice conversion into high forest</i>	51	II. P. MAIROTA, P. PIUSSI - Selvicoltura dei cedui e conservazione biologica: la costruzione di scenari ipotetici <i>Coppice silviculture and biological conservation: building hypothetical scenarios</i>	201
C. FAGARAZZI, L.C. FABBRI, R. FRATINI, F. RICCIOLI - Sostenibilità economica delle utilizzazioni dei boschi cedui di quercia nel territorio toscano <i>Economical sustainability of oak coppice harvesting in Tuscany</i>	63	III. P. MAIROTA, G. TELLINI FLORENZANO, P. PIUSSI - Ipotesi sugli esiti a medio-lungo termine della gestione forestale attuale sulla conservazione della biodiversità <i>Hypotheses on middle-long term effects of present forest management on biodiversity conservation</i>	207
G. FABBIO, E. AMORINI - Tavviamento 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) <i>Conversion to high forest and natural pattern into ageing Quercus cerris coppices. Results from 35 years of monitoring. The Caselli site (Tyrrhenian coast - Tuscany)</i>	79	P. MAIROTA, G. TELLINI FLORENZANO, P. PIUSSI - Conclusioni <i>Conclusions</i>	231
M.C. MANETTI, O.I. GUGLIOTTA - Effetto del trattamento di avviamento ad alto fusto sulla diversità specifica e strutturale delle specie legnose in un ceduo di cerro <i>Impact of the conversion into high forest on tree specific and structural diversity in a Turkey oak coppice</i>	105	C. BECAGLI, E. AMORINI, M.C. MANETTI - Incidenza della cipollatura in popolamenti cedui di castagno da legno del Monte Amiata <i>Ring shake incidence in chestnut (Castanea sativa Mill.) coppice stands on Monte Amiata</i>	245
E. AMORINI, G. FABBIO, P. CANTIANI - 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) <i>Conversion to high forest and natural pattern into ageing Quercus cerris - dominated coppices. Results from 35 years of monitoring. The Valsavignone site (Apennines - Tuscany)</i>	115		
A. CUTINI, M. HAJNY - TEffetti del trattamento selvicolturale su produzione di lettiera, caratteristiche della copertura ed efficienza di un ceduo di cerro in conversione <i>Effects of the silvicultural treatment on litter production, canopy characteristics and stand efficiency in a Turkey oak coppice</i>	133		



Progetto Arsia-Regione Toscana

SELVICOLTURA SOSTENIBILE NEI BOSCHI CEDUI



COMITATO DI REVISIONE PER QUESTO NUMERO

Piero Belletti

Dipartimento di Valorizzazione e Protezione delle Risorse Agroforestali, Università di Torino

Giovanni Bernetti

già Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali, Università di Firenze

Giandiego Campetella

Dipartimento di Botanica ed Ecologia, Università di Camerino

Roberto Canullo

Dipartimento di Botanica ed Ecologia, Università di Camerino

Raffaele Cavalli

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-forestali, Università di Padova

Marco Conedera

Swiss Federal Research Institute WSL Research Unit Ecosystem Boundaries, Bellinzona (CH)

Carlo Ferrari

Dipartimento di Biologia Evoluzionistica e Sperimentale, Università di Bologna

Paolo Grossoni

Dipartimento di Biologia Vegetale, Università di Firenze

Enrico Marone

Dipartimento di Economia Agraria e delle Risorse Naturali, Università di Firenze

Marco Paci

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali, Università di Firenze

Pietro Piussi

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali, Università di Firenze

Severino Romano

Dipartimento Tecnico Economico per la Gestione del Territorio Agricolo e Forestale, Università della Basilicata, Potenza

Giuseppe Scarascia Mugnozza

Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse, Università della Tuscia, Viterbo

CURATORE - *Editor*

Gianfranco Fabbio

EDITORE - *Publisher*

Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura (C.R.A.) - Istituto Sperimentale per la Selvicoltura (ISSEL)

Viale Santa Margherita 80 - 52100 Arezzo

Tel. ++39 0575 353021; Fax ++39 0575 353490;

e mail issel@entecra.it

Finito di stampare
nel mese di ottobre 2006
per conto di Editrice le Balze
Montepulciano (SI)

presso Tipolitografia Sat - Lama - San Giustino (Pg)

A N N A L I
C.R.A. - ISTITUTO SPERIMENTALE PER LA SELVICOLTURA

Numero Speciale:

Progetto Arsia - Regione Toscana

Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui

F.D.C. 222.2: 226: 624.5

Lavori svolti nell'ambito del progetto quinquennale di ricerca promosso e finanziato dall'Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel Settore Agricolo-forestale (Arsia-Regione Toscana) e coordinato da Emilio Amorini C.R.A. Istituto Sperimentale per la Selvicoltura - Arezzo.

ISSN 0390-0010



Anni 2002 - 2004 Volume 33

Volume 33 2002-2004

Hanno contribuito alla realizzazione di questo volume Autori del
(in ordine alfabetico)

C.R.A. Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo
Dipartimento di Economia Agraria e delle Risorse Territoriali, Università di Firenze
Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Siena
Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali, Università di Bari
Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali, Università di Firenze
D.R.E.A.M. Italia Poppi, Arezzo

Foto di copertina (in senso orario dall'alto in basso):
G. Fabbio, E. Amorini, A. Cutini, G. Fabbio.

Presentazione

La “questione” del bosco ceduo è ancora centrale nella Selvicoltura italiana ed in particolare nelle regioni appenniniche dove il ceduo è storicamente la forma di governo prevalente e rappresenta il collegamento stabile con le attività agricole e pastorali, cardine dello sviluppo socio-economico delle aree collinari e montane e fornitore di benefici di ordine ambientale, paesaggistico, ricreativo e di conservazione del patrimonio naturale che interessano la società intera. Questa condizione è molto evidente anche nella Regione Toscana dove la presenza dei cedui è prevalente e raggiunge circa 670.096 ettari, pari al 62% dell'intera superficie forestale regionale. Questa forte presenza di formazioni cedue su territori anche vasti della Regione ha stimolato l'ARSIA a individuare forme diversificate di gestione di questi soprassuoli, indispensabili sia per rispondere alla necessità di mantenere un uso sostenibile della risorsa forestale sia per assolvere in modo coerente alla domanda di benefici extraproductivi richiesti in misura crescente dalla società.

Per dare una risposta sollecita, concreta e il più possibile condivisa ad alcune di queste esigenze l'Agenzia, a partire dalla fine degli anni '90, ha attivato le procedure del bando pubblico inerenti la realizzazione di un progetto per l'attuazione di iniziative di ricerca e sviluppo nel campo dell'innovazione tecnica e tecnologica nel settore forestale, con specifico riferimento alla gestione dei boschi cedui.

Grazie alla collaborazione ed al contributo di idee, esperienze e suggerimenti di istituzioni e operatori pubblici e privati interessati alla questione cedui che hanno partecipato ad un tavolo di concertazione tecnica, convocato appositamente da questa Agenzia nel 1999, è stato possibile definire gli obiettivi ed i contenuti di un progetto di ricerca inerente la *“selvicoltura sostenibile su alcune modalità di gestione dei boschi cedui”*.

L'assegnazione di tale progetto è avvenuta tramite bando pubblico; le tre proposte progettuali pervenute sono state attentamente valutate da un'apposita commissione di valutazione, istituita da questa Agenzia, che ha ritenuto meritevole quella presentata dall'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo, che attualmente fa parte del Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura.

L'Istituto è diventato quindi il coordinatore di un ampio parternariato di soggetti pubblici e privati interessati alla realizzazione del progetto di ricerca il cui fine principale è l'acquisizione di dati sperimentali traducibili in indicazioni applicative di gestione sostenibile per i boschi di origine agamica di querce caducifoglie e di castagno. Il progetto, il primo del settore forestale assegnato da ARSIA tramite bando, si basa su un'azione di ricerca principale di selvicoltura articolata in due sottoprogetti e in una serie di 11 azioni complementari che integrano in senso orizzontale e verticale l'azione principale. Alcune azioni sono mirate ad acquisire maggiori conoscenze di carattere bio-ecologico sulla componente arborea dell'ecosistema, altre sono riferite all'ambiente fisico ed alla componente flogistica, altre ad acquisire indicazioni operative di gestione, altre ancora a valutazioni sulla convenienza economica degli interventi proposti e alla definizione di indici di sostenibilità.

L'attività di trasferimento e divulgazione dei risultati acquisiti rappresenta una delle azioni fondamentali del percorso di ricerca attivato 5 anni fa ed è già stata positivamente avviata con l'organizzazione di tre incontri tecnici in bosco cui hanno partecipato numerosi ed interessati operatori pubblici e privati, nonché imprese del settore forestale che sono proprio i soggetti cui si rivolge prioritariamente il progetto. Tale attività si integra e si arricchisce con la pubblicazione di questo volume dove sono raccolte tutte le esperienze ed i risultati raggiunti col progetto *“selvicoltura sostenibile inerente alcune modalità di gestione dei boschi cedui”*. Questi risultati rappresentano un supporto tecnico qualificato ed aggiornato a disposizione degli operatori forestali che a vario titolo si interessano del trattamento, della gestione e della pianificazione dei boschi di origine cedua che richiedono un attento controllo della sostenibilità degli interventi selvicolturali, ancor più in una realtà contingente che registra un notevole incremento della domanda di legna da ardere dovuta al forte aumento dei costi delle fonti energetiche fossili.

Firenze, ottobre 2006

L'Amministratore ARSIA
Maria Grazia Mammuccini

Premessa

L'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura ha iniziato ad affrontare sperimentalmente la "questione del bosco ceduo" alla fine degli anni '60 del secolo scorso quando gli esiti dei cambiamenti sociali ed economici cominciavano a produrre effetti concretamente registrabili sulla gestione di gran parte dei cedui italiani. L'abbandono delle utilizzazioni nelle stazioni più difficili, la sospensione degli interventi per macchiatico negativo, l'allungamento dei turni, l'applicazione del trattamento di avviamento ad altofusto in modo meno sporadico, furono gli effetti differiti e tangibili della crisi del bosco ceduo iniziata nel secondo dopoguerra. L'Istituto iniziò così (1969) a studiare il fenomeno dell'evoluzione naturale di questi ecosistemi forestali in seguito all'abbandono colturale e parallelamente a verificare gli esiti dell'applicazione del trattamento di avviamento ad altofusto, basando queste indagini su protocolli sperimentali permanenti attrezzati per un monitoraggio di lungo periodo e un approccio multidisciplinare.

La diversità specifica e strutturale, i parametri dendrometrici e auxometrici e la produttività del popolamento attraverso inventari periodici furono inizialmente le variabili prese in considerazione per individuare gli indici necessari a definire l'evoluzione naturale dei cedui oltre l'età del turno consuetudinario e a sostanziare il trattamento di avviamento ad altofusto su basi non empiriche. Lo studio degli apparati radicali ha affiancato in seguito le prime indagini con l'obiettivo di verificare sperimentalmente l'evoluzione della componente ipogea del soprassuolo arboreo. Con il tempo a questo primo set di indagini si sono affiancati studi su alcuni parametri ecologici, quali il controllo della produzione di lettiera e la verifica delle condizioni radiative sotto copertura, utili a definire lo stato di funzionalità della componente arborea e a valutare in modo più completo l'impatto del trattamento selvicolturale. In ultimo sono state considerati la produzione di seme, l'evoluzione della componente arbustiva in relazione alle tecniche di avviamento applicate e l'impatto della fauna ungulata sulla rinnovazione naturale, gamica e agamica, per acquisire dati e informazioni utili a definire le fasi di rinnovazione della fustaia transitoria.

Parallelamente, a partire dagli anni '80, nell'area col-

turale dove il governo a ceduo continuava ad essere praticato, si verificava, oltre l'allungamento spontaneo del turno, un cambiamento nella prassi applicativa della matricinatura con un generale aumento del numero di rilasci per ettaro. L'Istituto ha così iniziato (1994) a studiare sperimentalmente anche l'effetto di questa componente del popolamento sulla rinnovazione agamica dei cedui quercini.

Quando nel 2000 la Regione Toscana, attraverso l'AR-SIA, ha promosso tra gli operatori del settore forestale, gli enti di ricerca e le organizzazioni di categoria la discussione sulla gestione dei boschi cedui, sui vuoti di conoscenza da colmare e sulle iniziative necessarie per trasferire le innovazioni già acquisite, sfociata nella pubblicazione di un Bando pubblico per un progetto di ricerca su "Selvicoltura sostenibile su alcune modalità di gestione dei boschi cedui", l'Istituto, sulla scorta delle esperienze maturate e delle indagini di lungo termine attivate, ha sentito "l'obbligo" di presentare una proposta di ricerca con la responsabilità del coordinamento.

Il progetto

La proposta progettuale "*Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e colturale di differenti modalità di matricinatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno*" che ha ricevuto l'assegnazione e il finanziamento del progetto, prevedeva di concentrare l'attenzione sulle tipologie di bosco ceduo più diffuse in Toscana: i cedui a prevalenza di cerro (220.000 ha), roverella (112.000 ha) e castagno (135.000 ha) che complessivamente ricoprono il 70% della superficie forestale regionale ascrivibile a questa forma di governo (oltre 670.000 ettari).

Il progetto si basa su un asse principale di ricerca sul trattamento selvicolturale, articolato in due sottoprogetti e in una serie di azioni complementari che affrontano temi multidisciplinari. Alcune di queste mirano ad acquisire maggiori conoscenze sulla biologia della componente arborea dell'ecosistema ceduo, altre sono riferite all'ambiente fisico e alla componente vegetazionale, altre ancora considerano i riflessi sull'economia delle utilizzazioni legnose. Ulteriori indagini esaminano l'impatto delle diverse opzioni

colturali su ampi comprensori valutandone gli effetti sull'ecologia del paesaggio.

L'obiettivo generale del progetto è quello di acquisire, attraverso l'analisi di protocolli storici dell'Istituto e la realizzazione di nuove aree permanenti, dati sperimentali traducibili in indicazioni applicative per gli operatori forestali.

Sottoprogetto 1 *Sostenibilità biologica e colturale della matricinatura nei cedui di querce caducifoglie.*

L'obiettivo è studiare i rapporti tra matricinatura (qualità, quantità, età, forma di rilascio), capacità di ricaccio delle ceppaie, rinnovazione gamica e agamica e produttività in cedui di cerro e roverella.

Sottoprogetto 2.1 *Sostenibilità biologica ed economica dell'avviamento ad altofusto e tecniche di realizzazione nei cedui di cerro.*

L'obiettivo è definire i parametri dell'avviamento ad altofusto dei cedui a prevalenza di cerro in rapporto ai caratteri stagionali, alla diversità strutturale e specifica e alla funzionalità dell'ecosistema e individuare indicatori in grado di interpretare il campo di sostenibilità della scelta colturale.

Sottoprogetto 2.2 *Qualità della produzione legnosa nei cedui di castagno. Diradamenti e scelta dei turni.*

L'obiettivo generale è la messa a punto di modelli selvicolturali alternativi al ceduo a turno breve e lo studio delle relazioni tra caratteristiche dei diradamenti e qualità del legno nella gestione a turno medio-lungo.

Il partenariato e i temi di ricerca

Per affrontare il complesso degli studi e delle ricerche descritte il progetto ha previsto il coinvolgimento di diverse Istituzioni di ricerca, Enti territoriali di gestione e soggetti imprenditoriali.

C.R.A. - Istituto Sperimentale per la Selvicoltura Arezzo (ISSEL), Coordinatore del progetto

- dinamica della rinnovazione agamica e produttività del ceduo in relazione ai tipi di matricinatura;
- influenza dell'età del ceduo sulla capacità di ricaccio delle ceppaie;
- relazione tra matricinatura e rinnovazione da seme;
- dinamica dei parametri ecologici collegati al ripristino della copertura dopo gli interventi selvicolturali;

- diradamenti e diversità genetica della popolazione nei cedui di cerro in avviamento ad altofusto;
- analisi dei parametri indicatori della sostenibilità dell'avviamento ad altofusto nei cedui di cerro;
- elaborazione di un modello previsionale del trattamento di avviamento ad altofusto per i cedui di cerro;
- analisi del ritmo di accrescimento in funzione della qualità del legno (cipollatura) nei cedui di castagno.

Università di Firenze – Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali (DISTAF)

- riflessi del trattamento del bosco ceduo sulla funzionalità ecologica del paesaggio forestale;
- relazione tra lavori di utilizzazione forestale e trattamento dei boschi di origine agamica.

Università di Firenze – Dipartimento di Economia Agraria e delle Risorse Territoriali (DEART)

- sostenibilità economica delle utilizzazioni dei boschi cedui di querce caducifoglie;
- valutazione della funzione paesaggistica delle fustaie transitorie di cerro.

Università di Siena – Dipartimento di Scienze Ambientali (DSA)

- relazione tra trattamento selvicolturale e diversità della vegetazione nei boschi cedui di cerro.

C.A.L.B.O.S. - Bibbiena (Arezzo)

- quale consorzio di imprese di prima lavorazione del legno qualifica gli assortimenti legnosi provenienti dai diradamenti dei cedui di castagno e ne quantifica la resa economica, mettendo a disposizione le attrezzature necessarie.

Comunità Montana Colline Metallifere - Massa Marittima (Grosseto)

- mette a disposizione superfici di bosco ceduo di cerro e fornisce il supporto operativo per la realizzazione degli interventi previsti nel progetto.

Comunità Montana Amiata Val D'Orcia – Piancastagnaio (Siena)

- mette a disposizione superfici di bosco ceduo di castagno e fornisce il supporto operativo per la realizzazione degli interventi previsti nel progetto.

Azienda Agraria S. Felice - Castelnuovo Berardenga (Siena)

- mette a disposizione superfici di bosco ceduo di roverella e fornisce il supporto operativo per la realizzazione degli interventi previsti nel progetto.

Hanno inoltre collaborato al progetto:

Comunità Montana Valtiberina Toscana - Sansepolcro (Arezzo)

Comunità Montana Casentino - Ponte a Poppi (Arezzo)

Comunità Montana Alta Val di Cecina - Pomarance (Pisa)

che ospitano nel demanio gestito i protocolli sperimentali permanenti dell'ISSEL afferenti al progetto.

Risultati e trasferimento

Nel corso del quinquennio di durata del progetto sono stati organizzati tre incontri tecnici in bosco (nel 2003 e 2005) nel territorio della CM Colline Metallifere, CM Amiata Val D'Orcia e CM del Casentino che hanno riguardato le problematiche collegate alla matricinatura dei cedui di cerro, il trattamento a turno lungo dei cedui di castagno e quello delle fustaie transitorie di cerro. Sono stati presentati alcuni risultati delle diverse azioni di ricerca attivate, contestualmente alla visita delle aree sperimentali. Agli incontri hanno partecipato numerosi operatori pubblici e privati del settore forestale che hanno mostrato notevole interesse per questa forma di trasferimento dei risultati della ricerca; in questi workshop in foresta è infatti favorita l'interazione con i ricercatori ed è possibile discutere su casi concreti di trattamento disponendo dei dati e delle osservazioni sperimentali.

Questo volume speciale degli Annali completa il processo di trasferimento e presenta, nei diciassette contributi raccolti, buona parte dei risultati dell'attività di ricerca svolta nei cinque anni di durata del progetto. Tutti i partner scientifici sono presenti con uno o più lavori che riferiscono su indagini complementari e multidisciplinari che consentono di trarre indicazioni concrete per una gestione multifunzionale e sostenibile dei boschi di origine cedua.

Un primo gruppo di contributi affronta le problematiche della matricinatura nei cedui di cerro e roverella. CANTIANI, AMORINI e PIOVOSI riportano i primi risultati del-

le osservazioni condotte su cedui di cerro con diversa intensità e modalità di matricinatura che confermano l'effetto negativo dell'eccessivo numero di rilasci sulla mortalità delle ceppaie e sull'accrescimento dei polloni; i dati evidenziano inoltre l'impatto critico della fauna ungulata (capriolo) sugli stessi parametri. CUTINI, analizzando i dati di LAI e di trasmittanza, conferma che l'aumento eccessivo del numero di matricine non è giustificato da un miglioramento della funzionalità del sistema. L'utilizzazione del ceduo è comunque un disturbo drastico e solo dopo otto anni dal taglio si osserva un recupero significativo dell'apparato fogliare della componente arborea e della copertura forestale. Risultati confermati dalle osservazioni di BARAGATTI, FRATI e CHIARUCCI che rilevano i cambiamenti attesi nella diversità della vegetazione a seguito della ceduzione; modificazioni che tendono a riassorbirsi nell'arco del turno. La matricinatura per gruppi attenua maggiormente il fenomeno perché favorisce la permanenza delle specie sensibili nei microhabitat dei gruppi.

La valutazione del lavoro per la raccolta della legna da ardere dai cedui di cerro svolta da PIEGAI e FABIANO indica la necessità dell'allungamento del turno per aumentare l'economicità del trattamento e l'opportunità di migliorare la viabilità forestale e di ottimizzare la distanza di esbosco che condizionano fortemente il risultato economico dell'intervento. La valutazione della sostenibilità economica delle utilizzazioni dei boschi cedui di querce caducifoglie viene completata da FAGARAZZI, FABBRI, FRATINI e RICCIOLI che allargano l'analisi alle caratteristiche del mercato della legna da ardere in Toscana.

Gli aspetti particolari del trattamento dei cedui composti di roverella e leccio vengono esaminati da BECAGLI, CANTIANI e FABBIO che soffermano l'attenzione sulla rinnovazione gamica e agamica dopo l'utilizzazione e sulla facoltà pollonifera di matricine molto invecchiate cadute al taglio.

Un secondo gruppo di contributi si riferisce a studi selvicolturali, osservazioni sperimentali dal monitoraggio di lungo periodo di protocolli permanenti, indagini su parametri strutturali ed ecologici e sulla diversità specifica, condotti su cedui a prevalenza di cerro in evoluzione naturale o avviati ad altofusto in diverse situazioni stagionali. FABBIO e AMORINI sintetizzano trentacinque anni di osservazioni in cedui

di cerro di 55 anni di età. I parametri dendrometrici ed auxometrici riassuntivi del popolamento mostrano un trend positivo nei soprassuoli in evoluzione naturale e sottolineano l'effetto degli interventi di diradamento per l'avviamento ad altofusto. MANETTI e GUGLIOTTA approfondiscono l'analisi dei cambiamenti strutturali e della composizione specifica degli stessi popolamenti e sottolineano che il trattamento di avviamento ad altofusto ha anticipato le dinamiche naturali e mantenuto nel tempo una soddisfacente complessità strutturale e conservato la biodiversità specifica. L'analisi di lungo periodo delle dinamiche naturali e indotte dal trattamento di avviamento ad altofusto in un altro protocollo sperimentale (AMORINI, FABBIO e CANTIANI) conferma l'evoluzione positiva dei soprassuoli cedui anche ad età avanzate e consente di individuare i caratteri dei diradamenti e l'intervallo di ripetizione degli interventi del trattamento di avviamento ad altofusto. CUTINI e HAJNY verificano gli effetti dei diradamenti applicati sulle caratteristiche delle chiome e sulla copertura; la produzione annuale di lettiera, i valori di Leaf Area Index e di trasmittanza mostrano che il disturbo arrecato dagli interventi si riassorbe rapidamente dopo pochi anni, confermando la sostenibilità del trattamento applicato sia per l'intensità del prelievo che per l'intervallo di ripetizione. DUCCI, PROIETTI e CANTIANI verificano la sostenibilità del trattamento di avviamento ad altofusto nei cedui di cerro valutandone l'impatto sulla struttura genetica del popolamento; il mantenimento di una parte della popolazione dominata permetterebbe di disporre di una maggiore informazione genetica. FAGARAZZI, FRATINI e RICCIOLI affrontano il problema della valutazione della funzione paesaggistica delle diverse opzioni colturali per i cedui di cerro delle Colline Metallifere attraverso

interviste e questionari proposti a residenti e turisti; la fustaia transitoria risulta maggiormente gradita e l'indagine fornisce un altro interessante risultato che registra la disponibilità a supportare economicamente gli imprenditori agro-forestali per il servizio di presidio e manutenzione del territorio. MAIROTA, TELLINI FLORENZANO e PIUSSI hanno condotto una analisi eco-paesistica di un ampio territorio boscato caratterizzato dalla presenza dominante di formazioni cedue di querce simulando il diverso impatto delle scelte colturali sul mantenimento della biodiversità.

Il trattamento dei cedui di castagno per la produzione di assortimenti di elevato valore economico viene esaminato da BECAGLI, AMORINI e MANETTI che concentrano l'attenzione sul problema della cipollatura che rappresenta uno dei maggiori ostacoli per la valorizzazione del legno di castagno; lo studio delle relazioni tra presenza del difetto e accrescimento ha messo in evidenza che le piante cipollate sono caratterizzate da un ritmo di accrescimento irregolare e ha fornito indicazioni certe sulle modalità e sull'età di esecuzione degli interventi di diradamento. Infine CUTINI e GIULIETTI riportano i risultati di uno studio sulle caratteristiche ecologiche e dendro-strutturali dei popolamenti cedui a prevalenza di cerro con una consistente presenza della rovere, specie fortemente penalizzata dal governo a ceduo e da salvaguardare e valorizzare nell'ambito del trattamento di avviamento ad altofusto di queste formazioni.

Arezzo, ottobre 2006

Il coordinatore del progetto
Emilio Amorini

Effetti dell'intensità della matricinatura sulla ricostituzione della copertura e sull'accrescimento dei polloni in cedui a prevalenza di cerro[§]

Paolo Cantiani^{1*}, Emilio Amorini¹, Maurizio Piovosi¹

Accettato il 28 agosto 2006

Riassunto – Si riportano i primi risultati di una sperimentazione sul trattamento di un ceduo misto a prevalenza di cerro nelle “Colline Metallifere” (Grosseto). Le tesi di trattamento hanno previsto: (i) taglio raso senza rilascio di matricine; (ii) ceduzione con rilascio di 50 matricine per ettaro; (iii) ceduzione con rilascio di 140 matricine per ettaro; (iv) ceduzione con rilascio di matricine a gruppi. Sono stati analizzati la struttura dendrometrica del popolamento prima dell'intervento e le risposte al trattamento in termini di accrescimento della rinnovazione agamica e di affermazione di quella gamica nei primi cinque anni dopo l'utilizzazione. È stata anche valutata l'entità del danno da brucatura del capriolo ai ricacci delle ceppaie di cerro. Si conferma l'effetto negativo dell'eccessivo numero delle matricine sulla mortalità delle ceppaie e dell'influenza di questo sull'accrescimento dei polloni del nuovo ciclo agamico. La rinnovazione da seme delle specie quercine appare direttamente correlata al numero di matricine portaseme presenti nel primo quinquennio dopo la ceduzione. Sulla mortalità delle ceppaie ha influito in maniera diretta e importante il danno da morso della fauna selvatica che è risultata particolarmente determinante per il cerro.

Parole chiave: *ceduo, cerro, matricine, mortalità delle ceppaie, matricinatura per gruppi, danni da fauna selvatica.*

Abstract – Effect of standard density release on canopy cover recovery and shoot growth in Turkey oak coppice forests. First results of an experimental trial on the silviculture of a Turkey oak-dominated coppice forest in the area of the “Colline metallifere” (Tuscany), are reported in the paper. The following theses were compared: (i) clearcutting (no standard release); (ii) coppicing and release of 50 standards per hectare; (iii) coppicing and release of 140 standards per hectare; (iv) coppicing and release of grouped standards. The stand structure before coppicing, the stools resprouting following harvesting and the establishment of the regeneration from seed were analyzed over a five-year period. The damage from roe deer browsing on shoot regrowth was also checked. The negative result due to the release of a number of standards both on shoots mortality and on stools resprouting is pointed out. Oak regeneration from seed over the monitored period is related to the number of seed-trees released. Browsing affected heavily the stools mortality and especially Turkey oak stools.

Key words: *coppice forest, Turkey oak, standard release, stool mortality, grouped standards release, wild fauna, browsing.*

F.D.C.: 222: 222.23: 176.1 Quercus cerris: (450.52)

Premessa

La funzione principale della matricinatura nei cedui a prevalenza di specie caducifoglie è stata comunemente ritenuta quella di presidio di una dotazione di piante, quando possibile di origine gamica, atte alla “fruttificazione e disseminazione necessaria per la sostituzione delle ceppaie deperienti o in forte declino produttivo” (CIANCIO e NOCENTINI 2004). Tuttavia ZANZI SULLI e DI PASQUALE (1993) osservano come in cedui di querce caducifoglie, anche in presenza di abbondante disseminazione da parte delle matricine, la densità di semenzali è scarsa e in alcuni casi nulla.

Sull'intensità ottimale e la modalità della matricinatura molti selvicoltori hanno discusso già dalla prima metà del secolo scorso. Una dettagliata analisi è fornita da MERENDI (1942) che consiglia di evitare nel

ceduo matricinato un numero elevato di rilasci. Anche riguardo alla scelta delle piante con fenotipo adatto alla funzione di disseminazione, il MERENDI raccomanda di privilegiare soggetti di buona vigoria ma il meno possibile ramosi e a chioma espansa, in modo da non deprimere, con l'aduggiamento che ne deriverebbe, la vigoria dei polloni del nuovo ciclo.

A partire dagli anni '70 si è assistito ad un aumento progressivo dei rilasci nei cedui quercini che si è andato consolidando in prassi operativa. La consuetudine di rilasciare un numero di matricine superiore a quanto consentito ha rappresentato nei fatti la risposta alla volontà -mai resa esplicita- di creare da un lato condizioni più favorevoli per la conversione del ceduo a fustaia e, dall'altro, di mitigare l'impatto dell'asportazione quasi totale della biomassa arborea ad ogni utilizzazione di fine turno. Con ciò sono state

[§]Lavoro svolto nell'ambito del progetto “Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e culturale di differenti modalità di matricinatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno” promosso e finanziato dall'ARSA-REGIONE TOSCANA.

* Autore corrispondente paolo.cantiani@entecra.it. Il lavoro è stato svolto dagli autori in parti uguali.

¹ C.R.A. - Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo.

attribuite alle matricine, seppure in maniera empirica e non suffragata da risultati sperimentali, ulteriori funzioni oltre quella specifica di produzione di seme, quali la protezione del suolo e il mantenimento, seppur a livelli minimi, di una copertura forestale continua nel tempo. Per HIPPOLITI (2001) la funzione delle matricine è soprattutto quella "di ottenere, al loro taglio, nuove ceppaie per sostituire quelle che si esauriscono"¹.

L'aumento del numero di matricine è stato generalizzato ma ha raggiunto in alcune zone intensità tali (200 ad ettaro ed oltre) da rendere problematica la gestione a ceduo e determinare una generale diminuzione della qualità dei rilasci.

Il problema dei rapporti tra intensità della matricinatura, rinnovazione da seme, ricaccio dei polloni e produttività è stato affrontato nell'ultimo ventennio con ricerche soprattutto su cedui a prevalenza di cerro (MAETZKE e TORRINI 1996; AMORINI *et al.* 1996; CORONA *et al.* 1986; LA MARCA *et al.* 1987; BECHETTI e GIOVANNINI 1998; LA MARCA *et al.* 1996; AMORINI *et al.* 2002; CANTIANI *et al.* 2002). Gli studi concordano sulla relazione diretta tra aumento di copertura delle chiome delle matricine e minore vigoria delle ceppaie. BERNETTI (1995) osserva che una intensità di rilascio superiore a 170-200 matricine per ettaro si avvicina ad un avviamento ad altofusto rado cui corrisponde un grave pericolo di deperimento delle ceppaie. L'eccessiva dotazione di rilasci, contestualmente all'allungamento dei turni, determinerebbe anche una modificazione della composizione specifica a favore di piante tolleranti l'ombra (MAETZKE e TORRINI *op. cit.*; BERNETTI 1999), agendo anche sull'aumento di mortalità delle ceppaie delle specie quercine (BECHETTI e GIOVANNINI *op. cit.*).

Obiettivi

La ricerca intende fornire indicazioni sulla modalità e sull'intensità ottimale della matricinatura in cedui a prevalenza di cerro. A tal fine il protocollo sperimentale prevede tesi differenziate di trattamento del ceduo per monitorare nel tempo le risposte della rinnovazione agamica e gamica. Le tesi di trattamento hanno previsto: (i) ceduo semplice (senza rilascio di matricine); (ii) ceduo matricinato con 50 matricine per ettaro; (iii) ceduo matricinato con rilascio di

140 matricine per ettaro; (iv) ceduo matricinato con rilascio di matricine per gruppi. È stata condotta un'indagine parallela tesa a quantificare il danno da morso del capriolo ai giovani ricacci dopo l'utilizzazione del ceduo.

Materiali e metodi

Il popolamento oggetto della ricerca è un ceduo matricinato a prevalenza di cerro misto a roverella con sporadici orniello, sorbo domestico, perastro, acero campestre, ciliegio, carpino bianco, acero opalo e ciavardello, di 34 anni di età media, situato in località Fontalcinaldo (Massa Marittima, Grosseto) di proprietà del demanio regionale in gestione alla Comunità Montana Colline Metallifere.

L'area rientra nella sezione "Boschi ricadenti nel Complesso Forestale Bandite di Follonica (GR) - sezione Pavone" (superficie totale 23.840 ettari), nella particella forestale B7 del piano di assestamento in vigore (DREAM 1994). La particella ha una quota media di 610 m. s.l.m., esposizione prevalente NO e pendenza media del 20%. Per i dati termopluviometrici ci si riferisce alla stazione di Massa Marittima (quota 300 m s.l.m.). La media delle temperature annue è pari a 14,5°C (6,1°C media del mese più freddo; 23,5°C media del mese più caldo). La piovosità media è pari a 942 mm (AMORINI *et al.* 1996). Il substrato geologico deriva dalle formazioni marine appartenenti al complesso delle argille scagliose ofiolitifere con calcari silicei (Palombini). Tali litotipi, per la loro elevata erodibilità, provocano, alle maggiori pendenze, fenomeni di erosione areale e ruscellamento diffuso (STAMMATI *et al.* 2004).

L'analisi dei parametri dendrometrici e strutturali del popolamento prima dell'intervento è stata realizzata per campionamento sistematico nell'inverno 2001. Sono state preliminarmente materializzate sul terreno 17 sezioni di forma quadrata, con superficie pari a 2.500 m². Al centro di ciascuna sezione sono state rese permanenti 17 aree di saggio permanenti circolari con raggio fisso di 12 metri.

In ciascuna area di saggio sono state rilevate le caratteristiche stazionali (pendenza ed esposizione, percentuale di rocciosità e pietrosità), le percentuali di copertura relative alla componente arborea e a quella

¹Una disamina esauriente delle varie "funzioni" attribuite nel corso del tempo alle matricine è desumibile da CIANCIO e NOCENTINI (2004), HIPPOLITI (2001), MAETZKE e TORRINI (1996), PIUSSI (1994), ZANZI SULLI e DI PASQUALE (1993), LA MARCA (1991).

arbustiva ed è stato realizzato un inventario delle specie presenti. È stato effettuato il cavallettamento totale (soglia di 9 cm di circonferenza) tenendo distinti i polloni portati da ciascuna ceppaia e le matricine secondo le diverse componenti specifiche. È stata valutata la classe sociale di ciascun pollone secondo le seguenti categorie:

- dominante
- codominante
- subdominate
- dominato.

Per le matricine è stata stimata la classe cronologica presunta.

Per la definizione della relazione ipsodiametrica è stata effettuata la misura di 235 coppie di diametri e altezze dendrometriche di polloni e matricine.

L'età media del popolamento è stata rilevata tramite carotaggio alla base di polloni modello e conta anulare su rotelle basali del fusto.

I dati diametrici raccolti sono stati trattati singolarmente rispetto all'origine (polloni e matricine), alla specie, alla classe sociale e, per le matricine, rispetto alla classe cronologica. La stima della massa in piedi del cerro e della roverella è stata effettuata tramite la tavola a doppia entrata per la Toscana (AMORINI *et al.* 1998); per il volume delle altre specie sono stati espressamente definiti distinti coefficienti di forma (F) dei polloni per le singole classi sociali, ottenuti tramite cubatura di 18 alberi modello del volume.

Il protocollo ha previsto la definizione e la realizzazione di quattro distinte tesi di trattamento del ceduo:

- ceduo semplice con rilascio delle sole specie sporadiche²(CS) su una superficie di 2.500 m² (50x50 m);
- ceduo semplice matricinato con rilascio, oltre che delle specie sporadiche, di 50 matricine ha⁻¹ (CM 50) su una superficie di 5.000 m² (50x100 m);
- ceduo semplice matricinato con rilascio, oltre che delle specie sporadiche, di 140 matricine ha⁻¹ (CM 140) su una superficie di 5.000 m² (50x100 m);
- ceduo semplice matricinato con rilascio, oltre che delle specie sporadiche, di matricinatura

per gruppi (CM gruppi) su una superficie di 5.000 m² (50x100 m).

Per le tesi CM 50 e CM 140 la scelta dei rilasci (che si è differenziata solo per il numero) ha seguito la logica della matricinatura tradizionale, ovvero sostanziale equidistanza tra i soggetti rilasciati, compatibilmente con la scelta di buoni fenotipi (per forma e dimensione della chioma e stabilità meccanica complessiva). I rilasci hanno riguardato in percentuale maggiore i soggetti di un turno; in subordine sono stati scelti soggetti di due turni. Secondo le consuetudini in vigore nel territorio è stata data libertà ai tecnici della Comunità Montana di rilasciare tutti i soggetti di specie sporadiche (che non sono state considerate ai fini della definizione delle tesi di trattamento). La tesi CM 50 è costituita da 46 matricine di cerro e 4 di roverella (area basimetrica 1,0 m² ha⁻¹; percentuale di copertura del suolo 4,7%); la tesi CM 140 è costituita da 116 matricine di cerro, 14 di roverella, 6 di ornio e 4 di sorbo domestico (area basimetrica 2,9 m² ha⁻¹; percentuale di copertura del suolo 15,6%).

Il trattamento della tesi CM gruppi si differenzia dalle tradizionali tecniche di ceduzione. È in corso da parte del C.R.A. Istituto Sperimentale per la Selvicoltura una sperimentazione su tale tecnica in diversi cedui a prevalenza di querce caducifoglie nell'Appennino centrale. Questa modalità di matricinatura, recepita in molte normative forestali regionali, è stata proposta da diversi autori per il miglioramento dei cedui, soprattutto di faggio (CIANCIO *et al.* 1983). BERNETTI (1999) per i cedui di cerro della Toscana la propone come un possibile miglioramento nelle stazioni a scarsa fertilità; si tratta infatti di una modalità di rilascio strettamente correlata ad un appropriato studio della stazione e del popolamento. Per "gruppo" si intende una porzione di bosco, di estensione e forma non rigidamente codificate, rilasciata intatta al momento del taglio (CANTIANI *et al. op. cit.*; AMORINI *et al.* 2002.; GROMHANN *et al.* 2002). L'insieme dei soggetti non sottoposti a ceduzione rappresenta la dotazione di matricine del ceduo. Talora, oltre ai gruppi, sono stati rilasciati anche soggetti singoli reputati adatti ad assolvere positivamente le funzioni di matricina (es. piante di rovere o di sorbo di qualità morfologiche e sviluppo soddisfacenti, piante di ciliegio con corteggio

²A partire dall'approvazione del Regolamento Forestale della Regione Toscana (18 maggio 2003), al momento dell'utilizzazione è imposto il rilascio di una serie di specie "sporadiche" con particolari caratteristiche strutturali (REGIONE TOSCANA 2003).

di polloni per educazione del fusto). In linea generale per la scelta dei rilasci sono state privilegiate porzioni di soprassuolo in situazioni microstazionali particolari (ad esempio dossi a scarsa fertilità stazionale). Il gruppo di rilasci (di dimensioni variabili) deve prevedere la presenza di alcune piante che possano garantire la sua stabilità. Un ulteriore parametro del gruppo può essere la presenza locale di specie particolari (sporadiche o di pregio). All'interno del gruppo non viene generalmente previsto alcun intervento. Tra i possibili vantaggi offerti da questa modalità di trattamento rispetto alla matricinatura tradizionale, elencati da GROHMANN *et al.* (*op. cit.*), si menzionano la protezione idrogeologica di microstazioni sfavorite, la maggiore complessità strutturale con ripercussioni sul mantenimento di particolari microhabitat, un maggior pregio paesaggistico, la maggiore facilità di concentrazione delle vie di esbosco, la possibilità di allevamento di matricine di pregio a fini produttivi, il mantenimento di un elevato valore di diversità specifica per le specie arboree e per le specie degli strati arbustivo ed erbaceo.

Relativamente alle tesi di ceduzione è stato effettuato un rilievo mirato alla definizione della struttura delle matricine dopo l'utilizzazione.

Per le tesi *CM 50* e *CM 140* ogni singola matricina è stata numerata e ne sono stati rilevati:

- posizione topografica
- circonferenza a 1,30 m
- altezza dendrometrica
- altezza di inserzione della chioma
- altezza relativa al punto di massima espansione della chioma
- 4 raggi ortogonali (8 nel caso di chiome irregolari) della proiezione della chioma al suolo.

Relativamente alla tesi *CM gruppi* i rilievi hanno previsto:

- definizione (con lettera maiuscola) di ogni gruppo di matricine rilasciato
- numerazione (con numero progressivo) di ogni ceppaia all'interno di ciascun gruppo
- circonferenza a 1,30 m di ogni soggetto all'interno dei gruppi
- misura dell'altezza massima dei gruppi
- misura di 4 raggi ortogonali (8 nel caso di chiome irregolari) della proiezione della chioma al suolo rispetto a un punto fisso certo all'interno di ciascun gruppo
- numerazione progressiva dei rilasci singoli
- definizione degli stessi parametri dendrometrici

considerati nelle tesi *CM 50* e *CM 140* per le matricine singole.

Durante il periodo estivo di astensione dal taglio, la martellata è stata estesa su tutta l'area oggetto di utilizzazione, mantenendo separate le diverse tesi di trattamento. Le superfici utilizzate sono state estese rispettivamente: per la tesi *CM 50* su una area pari a 1 ettaro, per la tesi *CM 140* e la tesi *CM gruppi* su superfici di 2 ettari ciascuna. L'utilizzazione di queste aree è avvenuta al riprendere della stagione di taglio (ottobre 2001). L'omogeneità delle modalità di intervento su tali superfici garantirà un migliore impatto visivo dell'effetto del trattamento, fornendo quindi un valore aggiunto da un punto di vista esplicativo dell'area di sperimentazione.

Per la determinazione della capacità di ricaccio delle ceppaie e dell'evoluzione del nuovo ciclo agamico, sono stati rilevati la vitalità e l'accrescimento dei polloni nelle 5 stagioni vegetative successive all'utilizzazione. A tale scopo, successivamente al taglio del ceduo e relativamente alle tre tesi a matricinatura regolare è stato realizzato un *transect* di 300 m² per tesi di trattamento. Sono state individuate topograficamente e numerate con cartellino di ferro tutte le ceppaie all'interno del *transect*. Per ogni ceppaia è stata identificata la specie e sono state effettuate le misure relative al suo diametro (con doppia misurazione a croce, rispetto a direzioni prefissate).

Complessivamente sono state censite 201 ceppaie.

Dopo ogni stagione vegetativa su ciascuna ceppaia sono state effettuati i seguenti rilievi:

- conta dei polloni vivi
- altezza dei polloni dominanti (i cinque polloni più alti della ceppaia)
- diametro al colletto dei polloni dominanti
- area di insidenza dei ricacci.

Per la valutazione del danno da morso del capriolo ai ricacci è stato adottato il seguente protocollo di valutazione del danno (Tabella 1)

Tabella 1 - Scala dei danni da morso alle ceppaie (da GIOVANNINI, CHINES e GANDOLFO 2003).
Class and type of damage from stools browsing.

Classe	Tipo di danno	Proporzione di polloni brucati
0	Assenza di danno	Nessuna traccia di brucatura
I	Brucatura lieve	N < 1/3 del numero totale dei polloni della ceppaia
II	Brucatura media	N > 1/3 < 2/3 del numero totale di polloni della ceppaia
III	Brucatura forte	N > 2/3 del numero totale di polloni della ceppaia

Tabella 2 - Principali parametri dendro-strutturali del ceduo al momento dell'intervento. Dati riferiti ad ettaro.
Main mensurational parameters of the coppice forest before the occurrence of silvicultural practices.

	dominanti	codominanti	subdominate	dominate	tot polloni	matricine	poll+matr
n h ⁻¹	319	267	407	2226	3218	230	3448
G (m ² h ⁻¹)	4.9	3.7	4.1	8.5	21.1	8.5	29.3
Dgm (cm)	13.9	13.2	11.4	7.0	9.2	21.2	10.4
Hm (m)	13.0	12.7	11.6	8.1	10.1	14.4	12.3
V (m ³ h ⁻¹)							181.3

Il protocollo di rilievo della rinnovazione gamica nelle tesi a matricinatura regolare ha previsto un campionamento sistematico sul *transect* (36 aree quadrate di 0,5 metri di lato per tesi di trattamento) per il rilievo della specie, del numero e dell'altezza di ciascun semenzale. In tal modo è stato possibile attribuire alle tre tesi *CS*, *CM 50*, *CM 140* l'indice di rinnovazione IR, da MAGINI (1967).

Dopo la quinta stagione vegetativa è stato effettuato un inventario del popolamento per ciascuna tesi di trattamento in aree di saggio circolari (10 metri di raggio) poste al centro delle aree sperimentali. Sono state misurate le circonferenze di tutti i polloni di altezza superiore a 1,30 metri e l'altezza del pollone più alto di ciascuna ceppaia.

Risultati e discussione

Parametri dendrometrici e strutturali del popolamento prima dell'intervento

Nella Tabella 2 si riportano i parametri dendrometrici e strutturali di sintesi del popolamento prima dell'utilizzazione.

Si tratta di un ceduo a prevalenza di cerro (*Quercus cerris*) per il 66% in numero e il 76% in area basimetrica, misto con roverella (*Quercus pubescens*), soprattutto nel piano dominato e altre specie (nell'ordine rispetto all'area basimetrica): ornio (*Fraxinus ornus*), sorbo domestico (*Sorbus domestica*), perastro (*Pyrus pyraeaster*), acero campestre (*Acer campestre*), ciliegio (*Prunus avium*), con presenza sporadica di carpino bianco (*Carpinus betulus*), acero opalo (*Acer opalus*) e ciavardello (*Sorbus torminalis*). La dotazione complessiva è di 2110 ceppaie per ettaro. Lo strato arbustivo è caratterizzato dal ginepro (*Juniperus communis*) e dall'erica (*Erica* spp.), soprattutto nei tratti a minore fertilità, con sporadici fusaggine (*Euonymus europaeus*) e prugnolo (*Prunus spinosa*). Secondo la tipologia forestale della Toscana il popolamento è da ascrivere al tipo *Cerreta mesofila collinare*, variante con arbusti spinosi del pruneto e

con perastro (BERNETTI e MONDINO, 1998).

Il ceduo è fortemente matricinato (230 matricine ad ettaro per un'area basimetrica pari al 29% di quella complessiva). La tendenza al rilascio di un elevato numero di matricine è prassi nei cedui delle Colline Metallifere che producevano in passato sia legna da ardere sia assortimenti per le miniere. I rilasci, per circa l'80% di cerro, sono per il 66% di un turno del ceduo. Il popolamento, appartenente alla III classe di fertilità (GALLIANO 1992), è in avanzata fase di strutturazione sociale, con una marcata differenziazione dei polloni; il piano delle matricine è ormai quasi raggiunto dai polloni dominanti e si è instaurata una forte competizione nelle e tra le ceppaie (il numero medio dei polloni portati è pari a 1,5).

Parametri delle matricine nelle tesi di trattamento

I rilasci nelle tesi *CM 50* e *CM 140*, tutti di cerro di un turno salvo rare eccezioni, presentano caratteristiche molto simili fra tesi, per diametro e area di insidenza delle chiome. I valori medi di altezza totale e di inserzione della chioma sono relativamente superiori nella tesi *CM 140* (Tabella 3).

La tesi *CM gruppi* è costituita da 22 gruppi ha-1 di dimensioni molto variabili (in media 62 m² con un range da 7 ad oltre 200 m²) e da 14 matricine singole per un'area basimetrica complessiva di 3,4 m² ha⁻¹ e una copertura del suolo pari al 19,6%. La composizione specifica rispetto all'area basimetrica è così articolata: 60% cerro, 23% roverella, 4% ciliegio, 13% altre specie.

Nella Tabella 4 si riportano il grado di copertura delle chiome delle matricine e dei gruppi per le di-

Tabella 3 - Parametri delle matricine rilasciate nelle tesi a matricinatura regolare (*CM 50* e *CM 140*).
Descriptive parameters of standards in the theses of 50 and 140 release.

	CM 50	CM 140
diámetro medio	cm 15.6	15.7
area basimetrica totale	m ² 1.03	2.93
alt. media di inserzione della chioma	m 6.0	7.1

Tabella 4 - Parametri delle matricine per tesi di trattamento. Area di insidenza delle chiome al 2000 e 2004 e incrementi di diametro e altezza medi nel periodo (lp).
Descriptive parameters of standards in each thesis. Crown area projection at 2000 and 2004; mean dbh and tree height increment over the monitoring period are reported.

	% copertura delle chiome		diametro (cm)			altezza (m)		
	2000	2004	2000	2004	lp	2000	2004	lp
CM 50	4.7	6.1	15.6	18.5	3.0	13.3	13.5	0.2
CM 140	15.6	16.4	15.7	18.5	2.8	14.2	14.9	0.7
CM gruppi	19.6	23.2	13.1	15.2	2.1	17.3	17.6	0.3

verse tesi di trattamento al 2000 e al 2004. Per una corretta valutazione della copertura del suolo delle chiome delle matricine nella tesi *CM gruppi* si deve considerare che solo una quota della copertura delle chiome insiste direttamente sulle ceppaie, in quanto, come detto, all'interno del gruppo tutte le ceppaie sono state integralmente rilasciate.

La tesi *CM 50* evidenzia un maggior incremento del diametro medio. La copertura delle chiome nella tesi *CM gruppi* aumenta in misura maggiore rispetto alle tesi a matricinatura regolare; le matricine della tesi *CM 140* crescono maggiormente in altezza nel periodo considerato.

Parametri della rinnovazione agamica e gamica per tesi di trattamento

Si analizza la dinamica della mortalità delle ceppaie nel corso del quinquennio considerato, per le tesi *CS*, *CM 50* e *CM 140*. Nella Figura 1 si riportano la percentuale delle ceppaie di cerro che non hanno ricacciato dopo l'intervento e quella delle ceppaie morte nel corso delle cinque stagioni vegetative seguenti l'utilizzazione.

L'assenza di ricaccio nel cerro subito dopo l'utilizzazione e la mortalità complessiva delle ceppaie nei 5 anni successivi al taglio aumentano considerevolmente all'aumentare della copertura del terreno da parte delle chiome delle matricine. L'andamento registrato è in accordo con quanto riscontrato da BECHETTI e GIOVANNINI (*op. cit.*) per i cedui di cerro in Umbria. Anche CORONA *et al.* (*op. cit.*) hanno trovato correlazioni positive tra copertura delle chiome e mortalità dei polloni in cedui di cerro. Nelle tesi con matricine la mortalità delle ceppaie è risultata assai elevata, soprattutto per la tesi *CM 140* con 733 ceppaie ad ettaro, pari a più della metà delle ceppaie censite. Nella tesi *CM 50* il 27 % delle ceppaie morte erano situate sotto la copertura diretta delle matricine rilasciate; la percentuale sale al 48,8% nella tesi *CM 140*.

Le ceppaie hanno subito un grave danneggiamento dovuto al morso del capriolo soprattutto al ricaccio

dopo l'utilizzazione. La Figura 2 evidenzia la ripartizione percentuale del danneggiamento da brucatura delle ceppaie dopo la prima stagione vegetativa.

Tra le specie quercine, il cerro è quello con maggiore percentuale di danno da morso dei caprioli. Tra le altre specie l'orniello e il sorbo domestico sono integralmente esenti dal danno.

La brucatura dei polloni sembra avere influito direttamente sulla sopravvivenza e sullo sviluppo delle ceppaie negli anni successivi. L'86% delle ceppaie di cerro che avevano subito danni da brucatura nella prima stagione non sono sopravvissute alle successive due stagioni vegetative. All'alta incidenza del danno può aver concorso l'esiguità della superficie della tagliata (2,5 ettari al primo anno del ceduo) che, come dimostrano GIOVANNINI *et al.* (*op. cit.*) appare inversamente proporzionale all'intensità della brucatura. Altro fattore concorrente può essere stato l'ubicazione della tagliata, riparata da porzioni di ceduo maturo e relativamente distante da strade e aree antropizzate.

L'andamento dei parametri dendrometrici delle ceppaie di cerro (numero di polloni portati per ceppaia, diametro e altezza medi dei polloni dominanti) è riassunto nelle Figure 3, 4 e 5.

Il numero dei polloni portati per ceppaia non sem-

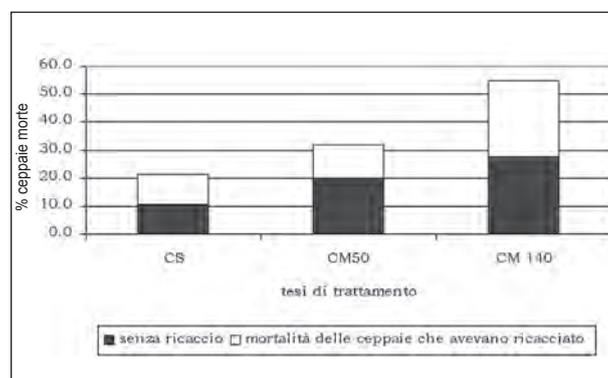


Figura 1 - Percentuale delle ceppaie di cerro che non hanno ricacciato e di quelle morte dal secondo al quinto anno del ciclo del ceduo.

Percentage of Turkey oak stools showing no resprouting or dead from the 2nd up to the 5th year following coppicing.

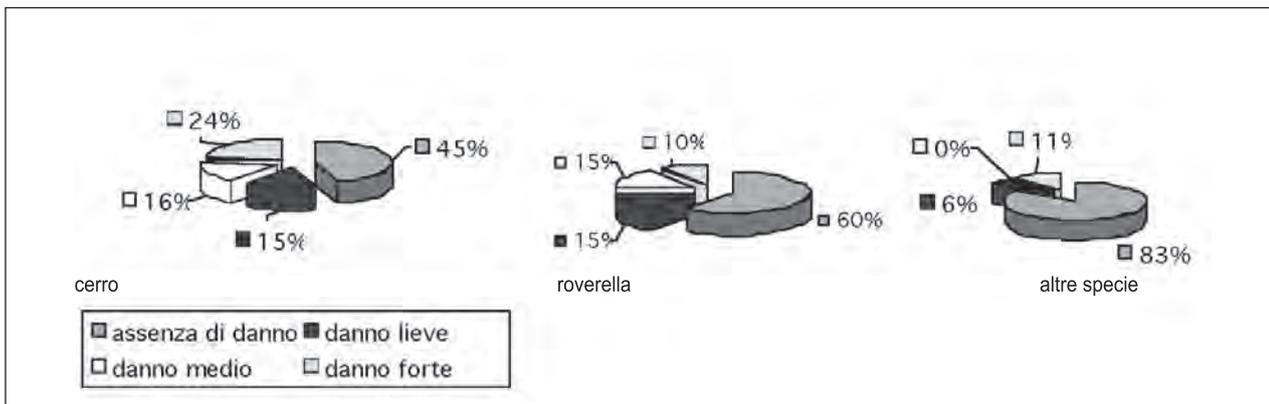


Figura 2 - Ceppaie di cerro, roverella e altre specie. Ripartizione percentuale delle classi di danno al termine della prima stagione vegetativa dopo l'utilizzazione.
Turkey oak, pubescent oak and other species stools. Percentage distribution of damage classes at the end of the first growing season following coppicing

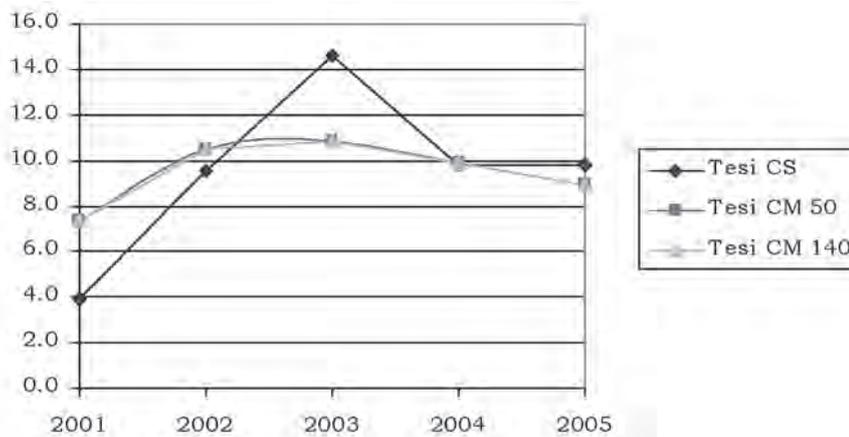


Figura 3 - Cerro. Andamento del numero medio dei polloni per ceppaia nelle tesi CS, CM 50 e CM 140, nel quinquennio 2001-2005.
Turkey oak. Trend of the average number of shoots per stool in all the tested theses over the five years monitoring period.

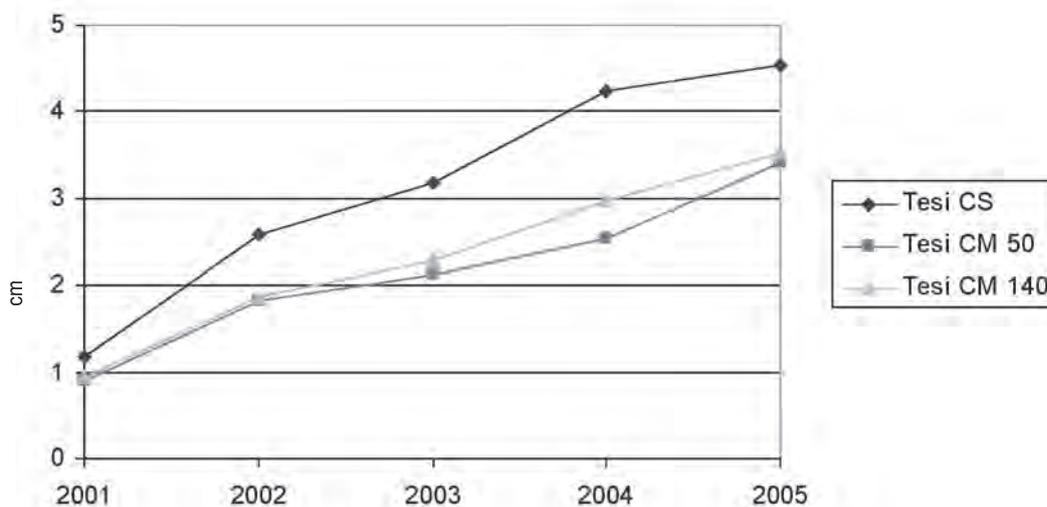


Figura 4 - Cerro. Andamento del diametro medio dei polloni dominanti nelle tesi CS, CM 50 e CM 140 nel quinquennio 2001-2005.
Turkey oak. Trend of the average dbh of dominant shoots in all the tested theses over the five years monitoring period.

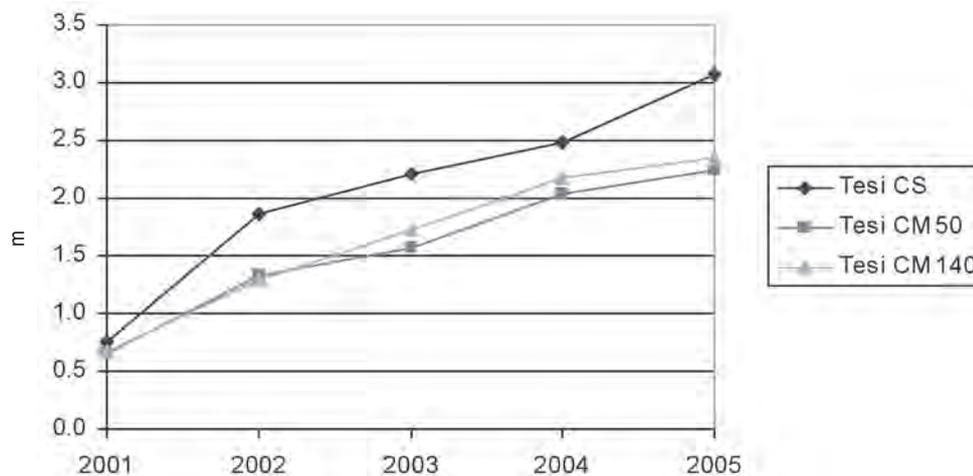


Figura 5 - Cerro. Andamento dell'altezza media dei polloni dominanti nelle tesi CS, CM 50 e CM 140, nel quinquennio 2001-2005. Turkey oak. Trend of the average tree height of dominant shoots in all the tested theses over the five years monitoring period.

bra essere condizionato dalla copertura delle chiome delle matricine nei primi 5 anni del ciclo agamico, come riportano anche BECHETTI e GIOVANNINI (*op. cit.*) in cedui a prevalenza di specie quercine. Come già osservato da LA MARCA *et al.* (1987), il cerro dimostra una tendenza all'emissione di nuovi polloni anche nei primi anni successivi a quella dell'utilizzazione, con un bilancio tra natalità e mortalità positivo (Figura 3). Questo fenomeno è stato inizialmente più marcato nella tesi CS, mentre le due tesi con matricine hanno avuto un andamento sostanzialmente simile tra loro.

L'andamento dei parametri diametro medio e altezza media dei polloni dominanti nei 5 anni di osservazione mostra differenze tra la tesi CS e le due tesi con matricine (Figure 4 e 5). L'analisi della varianza relativa al diametro medio dei polloni dominanti tra la tesi CS e le due tesi con matricine considerate cumulativamente mostra differenze significative nei 5 rilievi annuali. La stessa analisi per l'altezza media ha evidenziato differenze significative solo per i rilievi 2002 e 2005 (Tabella 5).

L'analisi della varianza per le tre tesi di trattamento considerate singolarmente non è significativa per l'altezza media dei polloni dominanti, mentre lo è per il diametro medio, relativamente agli anni 2002, 2003 e 2004 (Tabella 6).

L'inventario dendrometrico effettuato dopo il 5° anno mostra sensibili differenze nello sviluppo dei polloni tra tesi di trattamento (tabella 7).

La tesi priva di matricine (CS) presenta il maggior numero di polloni di altezza superiore alla soglia di cavallettamento (1,30 m); in questa tesi si riscontra anche la maggior diversità specifica. La tesi a gruppi

(CM gruppi) ha il valore di area basimetrica totale più elevato; il contributo a livello specifico è quasi interamente dovuto al cerro. In questa tesi i polloni di cerro inoltre hanno mostrato il maggior sviluppo rispetto alle altre tesi, come evidenziano valori di diametro e altezza medi. Tra le due tesi a matricinatura regolare (CM 50 e CM 140) non si notano sensibili differenze a livello di densità e di area basimetrica. I parametri di sviluppo dei polloni (diametro e altezza medi) diminuiscono però all'aumentare della copertura delle chiome delle matricine.

Riguardo alla rinnovazione da seme, nella Tabella 8 si riporta, per le tesi CS, CM 50 e CM 140, il valore dell'indice di rinnovazione delle querce a partire dalla terza stagione vegetativa dopo l'utilizzazione.

Il rilievo effettuato subito dopo il taglio di utilizzazione ha messo in evidenza l'assenza di rinnovazione

Tabella 5 - Diametro e altezza dominanti medi. Anova tra tesi CS e tesi con matricine. Mean values of dominant dbh and tree height. Anova between the theses without and with standards release.

confronto tra tesi senza matricine e tesi matricinate (valori di F). p<0.05					
anno	2001	2002	2003	2004	2005
diametro	4.798	6.617	6.766	7.625	6.618
altezza	NS	6.128	NS	NS	4,621

Tabella 6 - Diametro e altezza medi dei polloni dominanti. Anova tra tesi di trattamento. Mean values of dominant dbh and tree height. Anova between the theses tested.

confronto tra tesi (valori di F). p<0.05					
anno	2001	2002	2003	2004	2005
diametro	NS	3.302	3.465	4.239	NS
altezza	NS	NS	NS	NS	NS

Tabella 7 - Parametri dendrometrici del popolamento al 5° anno per tesi di trattamento (soglia di cavallettamento = 3 cm di circonferenza).
Mensurational parameters of tree population at the age of 5 per thesis (minimum threshold measured: girth = 3 cm).

	Tesi CS				Tesi CM 50			
	n ha ⁻¹	g ha ⁻¹ cm ²	dgm cm	alt media m	n ha ⁻¹	g ha ⁻¹ cm ²	dgm cm	alt media m
cerro	4074	2.36	2.72	3.26	3119	1.63	2.58	3.32
roverella	2737	0.90	2.47	2.34	509	0.15	1.97	1.94
altre	3724	1.01	1.86	2.54	700	0.22	2.02	2.45
totale	10535	4.27	2.27	2.76	4328	2.00	2.43	2.71

	Tesi CM 140				Tesi CM gruppi			
	n ha ⁻¹	g ha ⁻¹ cm ²	dgm cm	alt media m	n ha ⁻¹	g ha ⁻¹ cm ²	dgm cm	alt media m
cerro	2865	1.04	2.15	2.76	5475	4.38	3.19	3.93
roverella	1019	0.12	1.21	1.85	64	0.03	2.55	2.7
altre	2833	0.99	2.1	2.64	223	0.09	2.3	4.1
totale	6717	2.15	2.01	2.56	5762	4.50	3.16	3.89

da seme delle due specie quercine nel ceduo maturo. Nella tesi *CM 140* l'IR dal terzo al quinto anno del nuovo ciclo del ceduo mostra valori più elevati rispetto alle altre tesi e ha un *trend* positivo nel triennio (raddoppia il suo valore nel corso del periodo). I valori inferiori sono stati registrati nella tesi *CM 50* che evidenzia un andamento oscillante nei tre anni di osservazione. È interessante l'andamento dell'indice di rinnovazione nella tesi senza matricinatura (*CS*), che al terzo anno presenta il valore più elevato tra le tesi; l'indice ha il suo picco dopo la 4° stagione vegetativa per poi tornare l'anno successivo ai valori registrati al termine del terzo anno. In questa tesi di trattamento le due querce hanno dimostrato capacità di rinnovazione nonostante che le piante portaseme fossero presenti solo ad un margine della tagliata. La germinazione a distanza potrebbe avere avuto come vettore determinante la piccola fauna selvatica, quali i topi ed altri roditori (LA MARCA *et al.* 1987). Analoghe osservazioni su fenomeni di rinnovazione da seme in zone prive di matricine sono state effettuate da PISCINA (1995) in cedui misti di faggio e cerro dell'Appennino parmensese. L'analisi dovrà proseguire per i successivi stadi di sviluppo del ceduo per la valutazione della capacità effettiva di sopravvivenza dei semenzali, considerando che l'altezza media dei semenzali di querce al quinto anno è pari a circa 25 centimetri mentre l'altezza media dei polloni è di poco inferiore a 3 metri.

Conclusioni

La sperimentazione conferma l'importanza di applicare una corretta modalità del trattamento del ceduo al fine di ottimizzarne la produttività, compa-

Tabella 8 - Indice di rinnovazione delle specie quercine dopo la 3°, 4° e 5° stagione vegetativa dall'utilizzazione.
Regeneration Index of oak species at the 3rd, 4th and 5th growing season following harvesting.

tesi	3° stagione IR	4° stagione IR	5° stagione IR
CS	31.4	35.2	31.4
CM 50	7.8	15.8	12.8
CM 140	30.5	43.7	66

tibilmente con una corretta funzionalità complessiva del sistema che si esprime nella conservazione di una elevata diversità specifica e complessità strutturale e di una adeguata densità delle ceppaie. In questo senso il trattamento può agire sulla modalità della matricinatura e sul turno del ceduo; altri importanti accorgimenti gestionali riguardano la superficie e la disposizione delle tagliate.

I risultati della ricerca hanno confermato quanto già noto sugli effetti deprimenti dell'eccesso di matricinatura sullo sviluppo della rinnovazione agamica. È risultata particolarmente evidente la forte influenza dell'eccesso di copertura delle chiome delle matricine sulla capacità di ricaccio delle ceppaie e sulla sopravvivenza giovanile dei polloni. Anche lo sviluppo in diametro e in altezza dei polloni nei primi anni del ciclo appare inversamente correlato alla copertura delle chiome delle matricine.

La ricerca ha evidenziato inoltre una correlazione positiva tra numero di matricine e rinnovazione da seme. Al contempo si è osservata una tendenza alla rinnovazione da seme anche nella tesi priva di matricine. Circa l'effettiva capacità della rinnovazione gamica a costituire nuove ceppaie in sostituzione di

quelle esaurite, sarà necessario seguire la dinamica della nuova generazione, analizzandola soprattutto in relazione alla competizione con i polloni.

Circa la scelta delle matricine da rilasciare è importante ribadire l'opportunità di preservare un numero limitato di rilasci, soprattutto di un turno, di buon fenotipo. Considerazioni analoghe possono essere effettuate circa il rilascio di matricine di due o più cicli del ceduo; il loro numero dovrebbe essere contenuto e la scelta dovrebbe cadere solamente su soggetti che dimostrino buona vitalità e struttura equilibrata della chioma. Le matricine di più cicli tendono infatti a formare chiome eccessivamente espanse e le loro ceppaie al taglio potrebbero avere una minore vitalità. Per le medesime considerazioni il rilascio di matricine particolarmente annose, a funzione di microhabitat e per finalità estetico-paesaggistiche, dovrebbe limitarsi al massimo a qualche unità per ettaro.

Il rilascio di matricine di specie sporadiche deve essere effettuato non in modo indiscriminato, ma preservando solo quegli individui in grado di accrescersi in modo competitivo nei confronti dei polloni e svolgere realmente la funzione di produttori di seme per un incremento duraturo della biodiversità specifica.

La sperimentazione della modalità di matricinatura per gruppi ha dato risultati incoraggianti in termini di accrescimento del piano dei polloni. La ricerca dovrà quindi in futuro mirare alla valutazione dell'effettivo miglioramento delle funzioni che tale forma di matricinatura si prefigge (paesaggistiche, incremento di biodiversità specifica e strutturale, creazione di microhabitat per la fauna, protezione di particolari stazioni vulnerabili, etc.). Allo stato attuale i risultati indicano che questa modalità di matricinatura può essere adottata nella prassi operativa purchè la scelta dei gruppi sia affidata ad un tecnico esperto e sia conseguenza di un'accurata analisi stazionale e del popolamento.

I gravi danni riscontrati sui ricacci delle ceppaie per la brucatura ad opera del capriolo inducono a riflettere sulla necessità di una gestione corretta e sinergica di tutte le componenti del territorio forestale. Soprattutto nei boschi in fase di rinnovazione è necessario un equilibrio tra offerta alimentare e carico animale. Per contenere ulteriormente l'effetto della brucatura della fauna selvatica in zone vocate principalmente al governo a ceduo, CUTINI *et al.* (2005) propongono la creazione di aree aperte adibite a coltivazioni a perdere con la funzione di "distogliere l'attenzione" dei selvatici dalle aree in rinnovazione. La pianificazione

forestale deve quindi essere necessariamente integrata con quella faunistica e strettamente collegata alla pianificazione territoriale al fine di operare strategie e scelte gestionali funzionali all'effettiva sostenibilità dell'attività selvicolturale.

Ringraziamenti

Si ringraziano i dirigenti e le maestranze della Comunità Montana "Colline Metallifere" che hanno permesso l'attuazione ed il mantenimento di un complesso disegno sperimentale.

Nei cinque anni della ricerca hanno partecipato ai rilievi in campo: Claudia BECAGLI, Elisa CASTELLUCI, Laura CECCHERINI, Raffaella MICELI, Fabio BENCI, Alessandro BITINI, Alberto COZZI, Umberto CEROFOLINI, Andrea CIOFINI, Alessandro FOIS, Luigi MENCACCI. A tutti loro va il nostro ringraziamento.

Bibliografia citata

- AMORINI E., BRUSCHINI S., CUTINI A., DI LORENZO M.G., FABBIO G., 1998 - *Treatment of Turkey oak (Quercus cerris L.) coppices. Structure, biomass and silvicultural options*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, (1996) (27): 121-130.
- AMORINI E., CANTIANI P., FABBIO G., 2002 - *Principali valutazioni sulla risposta degli indicatori dendrometrici e strutturali in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento selvicolturale*. In: Ferretti M, Frattegiani M, Grohmann F, Savini P. (a cura di). Il Progetto TraSFoRM. Regione dell'Umbria.
- AMORINI E., BRANDINI P., FABBIO G., TABACCHI G., 2000 - *Modelli previsionali delle masse legnose e delle biomasse per i cedui della Toscana centro-meridionale*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, (1998) (29): 30-40.
- BECHETTI M., GIOVANNINI G., 1998 - *La matricinatura nei cedui di cerro: indagine in provincia di Perugia*. Sherwood. Foreste e alberi oggi. (34): 21-27.
- BERNETTI G., 1995 - *Selvicoltura speciale*. UTET. Torino, 415 p.
- BERNETTI G., 1999 - *Conseguenze della matricinatura nei cedui di querce (Quercus cerris L. e Quercus pubescens Willd.) di buona fertilità con turno superiore a 15 anni*. Monti e Boschi (2): 30-31.
- BERNETTI G., MONDINO G.P., 1998 - *I tipi forestali*. Boschi e macchie di Toscana. Regione Toscana, 358 p.
- CANTIANI P., FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMANN F., SAVINI P., 2002, - *Il disegno sperimentale del progetto TraSFoRM*. In: Ferretti M, Frattegiani M, Grohmann F, Savini P. (a cura di). Il Progetto TraSFoRM. Regione dell'Umbria.
- CIANCIO O., MERCURIO R., NOCENTINI S., ECCHER A., 1983 - *Tecniche di miglioramento e metodi di conversione e trasformazione*. L'Italia Agricola. 120 (4): 77-86.

- CIANCIO O., NOCENTINI S., 2004 - *Il bosco ceduo. Selvicoltura, Assestamento, Gestione*. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Firenze, 721 p.
- CORONA P., LA MARCA O., SCHIRONE B., 1986 - *Ricerche sull'ottimizzazione della intensità della matricinatura nei cedui di cerro. I - Il ceduo composto a maturità*. Ann. Acc. It. Sc. For.. Vol. (35): 123-158.
- CUTINI A., AMORINI E., CASTELLUCCI E., 2005 - *Rapporto bosco-fauna selvatica: impatto sulla rinnovazione in boschi di latifoglie*. S.I.S.E.F. Atti 4: 193-199.
- D.R.E.A.M., 1994 - *Piano di Gestione Forestale 1994-2003. Complesso forestale "Bandite di Follonica"*. Regione Toscana. Comunità Montana "Colline Metallifere".
- GALIANO C., 1992 - *La determinazione della classe di fertilità nei boschi di querce*. Università di Firenze. Istituto di Selvicoltura. Tesi di laurea n° 779.
- GROHMANN F., SAVINI P., FRATTEGANI M., 2002 - *La matricinatura per gruppi. L'esperienza del progetto SUMMACOP*. Sherwood. Foreste e alberi oggi. (80): 25-32.
- GIOVANNINI G., CHINES A., GANDOLFO G., 2003 - *Danni da ungulati selvatici in boschi cedui. Effetti delle modalità di utilizzazione forestale*. Sherwood. Foreste e alberi oggi. (85): 9-20.
- HIPPOLITI G., 2001 - *Sul governo a ceduo in Italia (XIX-XX sec.)*. In: Storia e risorse forestali. A cura di M. Agnoletti. AISF: 353-374.
- LA MARCA O., MATTIOLI M., IORIO G., 1987 - *Ricerche sull'ottimizzazione della matricinatura nei cedui di cerro. Il contributo: il soprassuolo arboreo nei primi due anni del ciclo produttivo*. Ann. Acc. It. Sc.For. (36): 3-33.
- LA MARCA O., 1991 - *Studi e ricerche sull'ottimizzazione della matricinatura nei boschi cedui*. LIIt. For. e Mont. (2): 118-132.
- LA MARCA O., MARZILIANO A., SCOTTI R., 1996 - *Effects of standard density on coppice structure development: evaluation 14 year after coppicing in a Turkey oak experimental trial*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo. (27): 161-166.
- MAETZKE F., TORRINI L., 1996 - *Osservazioni sperimentali sull'effetto di diverse intensità di matricinatura nei cedui di cerro della provincia di Viterbo*. LIIt. For. e Mont. (6): 411-421.
- MAGINI E., 1967 - *Ricerche sui fattori della rinnovazione dell'abete bianco sull'Appennino*. It. For. Mont., (3): 126-147.
- MERENDI A., 1942 - *Boschi cedui e matricinatura*. La Rivista Forestale Italiana (1-3): 33-36.
- PISCINA N., 1995-96 - *Effetti dei diversi sistemi di esbosco sull'evoluzione dei cedui. Risultati di una prova sperimentale al Passo del Brattello (PR)*. Tesi di Laurea. Facoltà di Agraria. Università degli Studi di Firenze. In: Ciancio O., Nocentini S., 2004 Il bosco ceduo. Selvicoltura, Assestamento, Gestione. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.
- PIUSSI P., 1994 - *Selvicoltura generale*. UTET, Torino 421 p.
- REGIONE TOSCANA, 2003 - *Regolamento Forestale della Toscana*. DPGR n° 48/R.
- STAMMATI M.C., PIOLI F., TONELLI M.E., 2004 - *Comune di Montieri. Piano strutturale. Relazione illustrativa*. www.webgis.info.montieri
- ZANZI SULLI A., DI PASQUALE G., 1993 - *Funzioni delle matricine dei cedui nella teoria selvicolturale del XVII e XIX secolo*. Rivista di Storia dell'Agricoltura, (1): 109-121.

Taglio di avviamento, ceduzione e matricinatura: effetti sulle caratteristiche della copertura forestale in cedui a prevalenza di cerro[§]

Andrea Cutini¹

Accettato il 6 luglio 2006

Riassunto – Il lavoro analizza gli effetti del taglio di avviamento ad altofusto e della ceduzione con diverse modalità e intensità di matricinatura sull'indice di area fogliare (LAI) e sulla trasmittanza in cedui a prevalenza di cerro (*Quercus cerris* L.). Lo studio è stato condotto nelle aree di ricerca Poggio Pievano (43°09' N, 10°54' E) e Fontalcinaldo (43°06' N, 10°58' E). Nella prima, realizzata nel 1994, sono state poste a confronto le seguenti tesi: a) ceduzione con rilascio di 50 matricine a ettaro (CM 50), b) conversione ad altofusto con taglio di avviamento e eliminazione di circa il 50% dell'area basimetrica (AF), c) evoluzione naturale, nessun trattamento (controllo). Nell'area di Fontalcinaldo, realizzata nel 2000, sono state poste a confronto le seguenti tesi: ceduo semplice (CS), ceduo semplice matricinato con rilascio di 50 (CM 50) e di 140 (CM 140) matricine ha⁻¹ e ceduo semplice con matricinatura per gruppi (CM gruppi). Dai risultati emerge che tagli di avviamento piuttosto energici non pregiudicano la capacità di recupero della copertura forestale: cinque anni dopo il taglio i valori di LAI e di trasmittanza misurati nella tesi AF sono paragonabili a quelli del controllo. Più drastiche e durature sono le conseguenze della ceduzione. Occorrono circa 8 anni perché si osservi un recupero significativo dell'apparato fogliare e della copertura forestale. Infine non emergono elementi a sostegno di un aumento della matricinatura nei cedui. Infatti, analizzando i dati di LAI e di trasmittanza emergono effetti significativi solo per la tesi CS. Sulla base dei risultati ottenuti vengono svolte alcune considerazioni critiche su consuetudini, quali tagli di avviamento di modesta entità e aumento indiscriminato della matricinatura, che negli ultimi decenni hanno condizionato la gestione dei boschi cedui di querce caducifoglie.

Parole chiave: LAI, luce, trasmittanza, ceduo, selvicoltura, *Quercus cerris*.

Abstract – Coppice conversion cuts, coppicing and standards density: effects on canopy properties of Turkey oak coppice stands. The effects of coppice conversion to high forest, coppicing and different standard release densities on leaf area index (LAI) and transmittance in Turkey oak (*Quercus cerris* L.) coppice stands were analysed. The study was realised in two research areas in Tuscany, Italy: Poggio Pievano (43°09' N, 10°54' E) and Fontalcinaldo (43°06' N, 10°58' E). In the first one, established in 1994, coppicing with a release of 50 standards per hectare (CM 50), coppice conversion cuts with the removal of 50% of basal area (AF) and natural evolution (control) were compared. In the Fontalcinaldo research area, established in 2000, simple coppice (CS), coppicing with the release of 50 (CM 50) and 140 (CM 140) standards per hectare respectively and coppicing with the release of grouped standards (CM gruppi) were compared. Despite the high amount of basal area removed (50%) with the conversion cut, results showed a rapid recovery of canopy characteristics: five years after cutting LAI and transmittance values were roughly the same as those of the control plot. More drastic and long-lasting differences in canopy characteristics were induced by coppicing. A significant recover in terms of canopy characteristics was observed eight years after cutting. No evidence of positive effects due to a high number of standards release was found. Only simple coppicing affected LAI and transmittance values, while no significant differences were observed among CM 50, CM 140 and CM "gruppi". Critical considerations about trends, which recently involved the management of oak coppice stands in Italy, such as moderate thinnings to convert coppice to high forest and the release of high number of standards after coppicing were carried out starting from the long-term obtained results.

Key words: LAI, light, transmittance, coppice, silviculture, *Quercus cerris*.

F.D.C. 181. 21: 533: 222: 176. 1 Quercus cerris (450.52)

Introduzione

Con "caratteristiche della copertura" (*canopy properties*) si intendono tutta una serie di variabili quali-quantitative quali ad esempio l'indice di area fogliare (LAI, *leaf area index*), la distribuzione verticale del fogliame, l'angolo medio di inclinazione delle foglie, il coefficiente di estinzione della radiazione solare, la quantità di radiazione solare assorbita dalle chiome e altre ancora (JARVIS e LEVERENZ 1983, NORMAN e CAMPBELL 1989). Variabili che, seppur con approcci

differenti, vengono utilizzate per caratterizzare il piano delle chiome e analizzare quei processi che sono alla base del funzionamento di un ecosistema forestale quali fotosintesi, respirazione, traspirazione, scambi di energia tra suolo e atmosfera e che condizionano il funzionamento sotto il profilo bio-ecologico di un popolamento forestale.

Il LAI e la trasmittanza (radiazione solare non intercettata dalle chiome e trasmessa al suolo espressa in percentuale di quella incidente sopra il piano delle chiome) sono tra le variabili più comunemente

[§]Lavoro svolto nell'ambito del progetto "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e culturale di differenti modalità di matricinatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno" promosso e finanziato dall'ARSA- REGIONE TOSCANA.

¹ C.R.A. - Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo andrea.cutini@entecra.it

studiate, sia per lo stretto legame con la produttività e la dinamica di un ecosistema forestale, sia per la loro sensibilità, intesa come capacità di risposta a cambiamenti spazio-temporali, qualità che le rende buoni indicatori della plasticità e resilienza dei popolamenti forestali a disturbi di varia natura, compreso il trattamento selvicolturale.

È quindi evidente l'interesse per un'analisi comparata delle modificazioni indotte da diverse forme di gestione e di trattamento selvicolturale su questi due parametri, soprattutto laddove si guardi al bosco non solo da un punto di vista meramente produttivistico.

In linea con questo tipo di approccio si ritiene significativo analizzare gli effetti di alcune opzioni colturali che nella seconda metà del secolo scorso hanno interessato i boschi cedui, in particolare quelli a prevalenza di querce caducifoglie dell'area appenninica. Opzioni colturali che schematicamente possono essere individuate nell'abbandono delle utilizzazioni, nell'avviamento ad altofusto e, per quanto riguarda l'area del ceduo a regime, nell'allungamento del turno e nell'aumento della matricinatura. A proposito di quest'ultimo punto va sottolineato come l'aumento del numero di matricine sia stata negli ultimi decenni una delle scelte colturali più diffuse, al punto da renderla talvolta una scelta "di tendenza".

Negli ultimi anni, anche in conseguenza dei problemi di natura gestionale e normativa scaturiti da un eccessivo rilascio di matricine, si è riaperto un vivace dibattito sull'argomento. A lavori che mettevano in evidenza i riflessi negativi di un'eccessiva matricinatura (BIANCHI e LA MARCA 1984, CORONA *et al.* 1986, LA MARCA *et al.* 1987, MAETZKE e TORRINI 1996) si sono aggiunti altri contributi che hanno riproposto modalità di matricinatura alternative a quella tradizionale (AMORINI *et al.* 2002, CANTIANI *et al.* 2002). Tuttavia i risultati ad oggi disponibili non sono sufficienti per trarre conclusioni definitive, data anche la scarsità di conoscenze sui riflessi bio-ecologici delle varie soluzioni proposte.

Ciò premesso, il presente contributo analizza le modificazioni della copertura forestale indotte da differenti scelte selvicolturali quali l'evoluzione naturale, l'avviamento ad altofusto e la ceduzione, nonché, tenuto conto del dibattito attualmente in corso, da diverse modalità e intensità di matricinatura in popolamenti a prevalenza di cerro (*Quercus cerris* L.). In particolare, data la stretta relazione con i principali processi ecologici e produttivi, il lavoro analizza gli effetti del trattamento sulla trasmittanza e sul LAI per

meglio comprendere i riflessi delle diverse opzioni colturali sulle funzioni produttive e protettive di un popolamento forestale e, conseguentemente, orientare le scelte gestionali.

Materiali e metodo

Le ricerche sono state condotte nei campi sperimentali di Poggio Pievano e di Fontalcinaldo, realizzati dal C.R.A. - Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo nel quadro di ricerche sul trattamento selvicolturale e la gestione sostenibile dei boschi di cerro di origine agamica. Entrambe le aree ricadono nel demanio della Regione Toscana affidato in gestione alla Comunità Montana delle Colline Metallifere.

L'area di studio Poggio Pievano

Il campo sperimentale di Poggio Pievano (43°09' N, 10°54' E), comune di Monterotondo Marittimo (GR), è stato realizzato nell'inverno 1994-1995 nell'ambito del progetto di ricerca della UE "*Improvement of coppice forests in Mediterranean Ecosystem*" MEDCOP per analizzare la sostenibilità di diverse opzioni colturali per i boschi di cerro di origine agamica. In un bosco ceduo a prevalenza di cerro di 35 anni di età, situato a 570 m s.l.m., esposizione E-NE e pendenza del 20%, sono state poste a confronto le seguenti tesi: a) ceduzione con rilascio di 50 matricine a ettaro (CM 50), b) conversione ad altofusto con taglio di avviamento e eliminazione di circa il 50% dell'area basimetrica (AF), c) evoluzione naturale, nessun trattamento (controllo). Le caratteristiche della stazione, del protocollo sperimentale e del soprassuolo prima e dopo gli interventi sono riportate in dettaglio in AMORINI *et al.* (1998 a) e AMORINI *et al.* (1998 b). La valutazione della sostenibilità delle varie opzioni colturali prevedeva anche una analisi degli effetti su alcuni processi ecologici e sulla copertura forestale. Alcuni risultati preliminari sono stati già illustrati in un precedente contributo (CUTINI e BENVENUTI 1998); in questa sede si riportano i risultati di undici anni di osservazioni unitamente ad una analisi più esaustiva dell'argomento.

L'area di studio Fontalcinaldo

Il campo sperimentale di Fontalcinaldo (43°06' N, 10°58' E), comune di Massa Marittima (GR), è stato realizzato nell'ambito del progetto di ricerca ARSIA "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e colturale di differenti modalità di matrici-

natura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno”. Tra gli obiettivi del progetto figura l’analisi degli effetti di diverse modalità e intensità di matricinatura sulle caratteristiche della copertura forestale. Il popolamento oggetto di studio si trova a 610 m s.l.m., esposizione NO e pendenza media del 20%. In origine si trattava di un ceduo di 34 anni a prevalenza di cerro. Maggiori dettagli sulle caratteristiche della stazione, del popolamento e del protocollo sperimentale sono riportate in un contributo che analizza gli effetti della matricinatura sull’accrescimento e lo sviluppo della componente agamica (CANTIANI *et al.*, *questo volume*).

Nell’inverno 2000-2001, sono state realizzate quattro aree sperimentali permanenti di superficie compresa tra 2500 e 20.000 m² nelle quali sono state poste a confronto le seguenti tesi di matricinatura:

- ceduo semplice con rilascio di matricine delle sole specie protette (CS)
- ceduo semplice matricinato con rilascio, oltre che delle specie protette, di 50 matricine ha⁻¹ di specie quercine (CM 50)
- ceduo semplice matricinato con rilascio, oltre che delle specie protette, di 140 matricine ha⁻¹ di specie quercine (CM 140)
- ceduo semplice matricinato con rilascio, oltre che delle specie protette, di matricinatura per gruppi di specie quercine (CM gruppi).

Una porzione del popolamento non sottoposta ad alcun trattamento è stata utilizzata per effettuare misure di controllo.

Metodo

In entrambi i campi sperimentali sono stati effettuati con regolarità rilievi di LAI e di trasmittanza nella banda della PAR (radiazione fotosinteticamente attiva). All’interno di ciascuna tesi sono stati individuati con criterio geometrico-sistematico punti fissi di rilievo, in numero variabile da 7 a 12 in funzione dell’ampiezza dell’area. I dati sono stati raccolti annualmente ad intervalli di 15-20 gg tra la fine primavera e l’estate per i seguenti periodi di osservazione: 1995-2005 per Poggio Pievano e 2001-2005 per Fontalcinaldo.

Ai valori di trasmittanza si è risaliti attraverso misure istantanee di radiazione effettuate con ceptometri (Sunfleck Ceptometer SF 80 e Accupar, Decagon devices Inc., Pullman, WA, USA), radiometri lineari dotati di 80 punti di misura. Per ogni punto di misura sono state fatte quattro acquisizioni, secondo le di-

rezioni cardinali, per un totale di 320 punti di misura istantanei; successivamente per ciascun punto è stato calcolato il valore medio. I rilievi sono stati effettuati in giornate serene, nell’arco di tempo compreso tra le ore 11.00 e 14.00 solari, in modo da operare in condizioni di radiazione incidente costante (CUTINI 1994 a).

Per le stime di LAI sono stati utilizzati dei LAI 2000 Plant Canopy Analyzer (PCA, Li-Cor, Lincoln, NE, USA), strumenti in grado di fornire in maniera sufficientemente accurata le variazioni spazio-temporali delle caratteristiche delle chiome di singoli alberi e della copertura forestale (CUTINI *et al.* 1998, CUTINI *et al.* 2004).

Per risalire alla radiazione incidente sopra il piano delle chiome - variabile indispensabile per calcolare sia il LAI che la trasmittanza - sono state effettuate, immediatamente prima o immediatamente dopo i rilievi sottocopertura, misure di riferimento in un’area priva di copertura forestale nelle vicinanze dei campi sperimentali.

Al termine di ciascun anno di osservazione i dati raccolti sono stati elaborati calcolando le principali statistiche per ogni tesi. I dati di trasmittanza, previa opportuna trasformazione, e di LAI sono stati sottoposti ad analisi della varianza a una via con il software STATISTICA (StatSoft, Inc. Tulsa, OK, USA). In presenza di valori di F significativi si è proceduto a evidenziare le differenze tra le tesi con il test HSD di Tukey di comparazione multipla.

Risultati

I drastici cambiamenti causati dal taglio di avviamento ad altofusto e soprattutto dalla ceduzione sono ben evidenziati dai valori medi di trasmittanza misurati nelle aree di Poggio Pievano (figura 1). Differenze significative tra il controllo, il ceduo con il rilascio di 50 matricine e il popolamento sottoposto a taglio di avviamento si osservano dal 1995, anno immediatamente successivo agli interventi, fino al 1998. Segue un secondo periodo (1999-2002) in cui non si registrano più differenze significative tra il controllo e l’avviamento ad altofusto ma solo tra il ceduo e le altre due tesi. Negli anni successivi non si osservano più differenze significative tra le tesi; fa eccezione il 2005, anno in cui il ceduo mostra valori di trasmittanza significativamente più bassi delle altre due tesi.

Esaminando i valori di LAI nello stesso periodo si può notare come le tesi trattate tendano ad un pro-

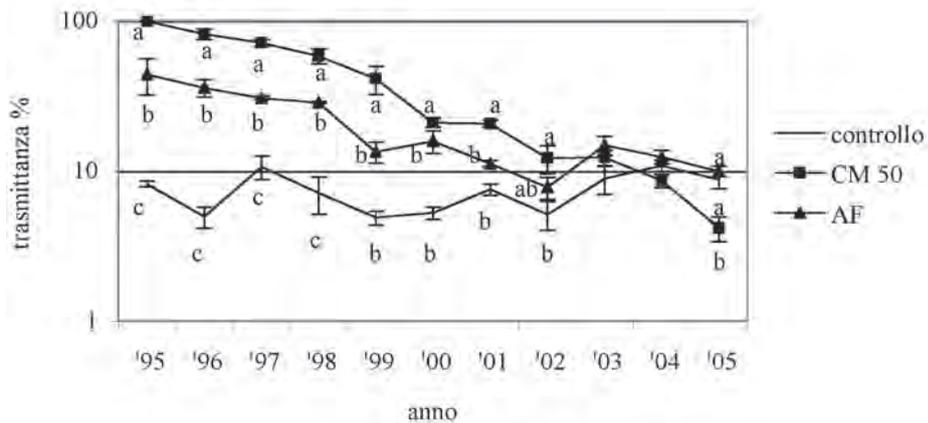


Figura 1 - Poggio Pevano (GR). Valori medi (\pm es) di trasmittanza (radiazione misurata sottocopertura in per cento di quella incidente sopra il piano delle chiome) in popolamenti di cerro sottoposti a diverso trattamento: nessun intervento (controllo), ceduzione con rilascio di 50 matricine ha⁻¹ (CM 50) e taglio di avviamento ad altofusto (AF). Le lettere indicano differenze statisticamente significative.
Poggio Pevano (GR). Transmittance (radiation below the canopy in percentage of incoming radiation above the canopy) mean (\pm se) values in Turkey oak stands under different silvicultural treatment: no silvicultural intervention (control), coppicing with the release of 50 standards per hectare (CM 50) and coppice conversion cutting to high forest (AF). Means with different letters indicate differences statistically significant.

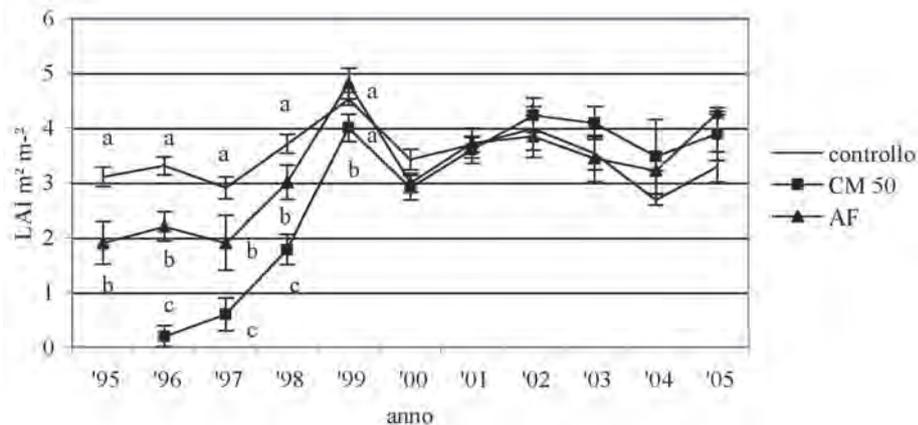


Figura 2 - Poggio Pevano (GR). Valori medi (\pm es) di LAI misurato con PCA LAI-2000 in popolamenti di cerro sottoposti a diverso trattamento: nessun intervento (controllo), ceduzione con rilascio di 50 matricine ha⁻¹ (CM 50) e taglio di avviamento ad altofusto (AF). Le lettere indicano differenze statisticamente significative.
Poggio Pevano (GR). LAI (measured with PCA LAI-2000) mean (\pm se) values in Turkey oak stands under different silvicultural treatment: no silvicultural intervention (control), coppicing with the release of 50 standards per hectare (CM 50) and coppice conversion cutting to high forest (AF). Means with different letters indicate differences statistically significant.

gressivo e rapido recupero (figura 2). In particolare si possono distinguere due periodi: il primo che va dal taglio fino al 1999, caratterizzato da differenze significative tra le varie tesi, e il periodo successivo, dove i valori di LAI non si discostano in maniera sostanziale tra di loro.

Il ruolo e gli effetti di diverse modalità e intensità di matricinatura sulle caratteristiche della copertura forestale sono messi bene in evidenza dai risultati ottenuti nel campo sperimentale di Fontalcinaldo. La

ceduzione, con la conseguente asportazione pressoché totale della massa in piedi, fa sì che la trasmittanza nel primo anno dopo il taglio (2001) vari tra l'85 e il 98%, contro il 7% misurato nella tesi di controllo (figura 3). Assumendo come trascurabile la frazione di radiazione riflessa, ciò di fatto significa che la quantità di radiazione assorbita dalle chiome delle matricine sul totale disponibile varia tra il 2% del ceduo semplice (CS) e il 15% del ceduo con il rilascio di 140 matricine ha⁻¹ (CM 140). I valori osservati sono in linea con le

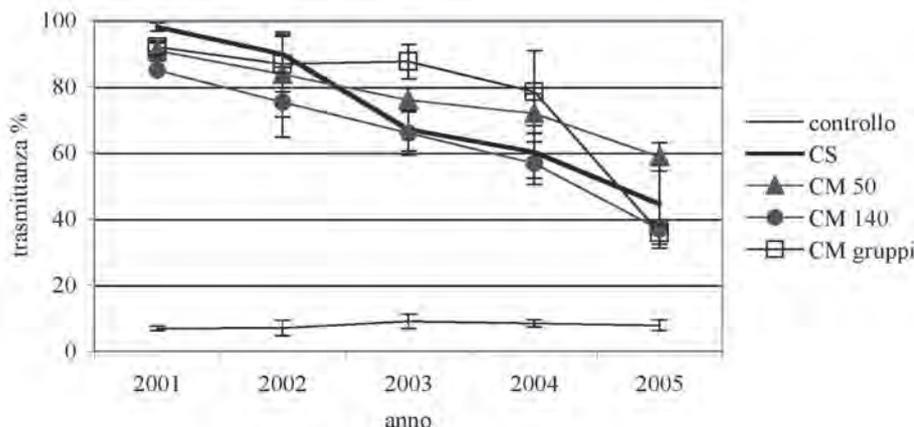


Figura 3 - Fontalcinaldo (GR). Valori medi (\pm es) di trasmittanza (radiazione misurata sottocopertura in percentuale di quella incidente sopra il piano delle chiome) in popolamenti di cerro sottoposti a diverso trattamento: nessun intervento (controllo), ceduo semplice (CS), ceduo con rilascio di 50 (CM 50) e 140 (CM 140) matricine ha⁻¹ e ceduo con matricinatura a gruppi (CM gruppi).

Fontalcinaldo (GR). Transmittance (radiation below the canopy in percentage of incoming radiation above the canopy) mean (\pm se) values in Turkey oak stands under different silvicultural treatment: no silvicultural intervention (control), simple coppicing (CS), coppicing with the release of 50 (CM 50) and 140 (CM 140) standards per hectare and coppicing with grouped standards (CM gruppi).

percentuali di copertura delle chiome delle matricine riscontrate da CANTIANI *et al.*, *questo volume*. Negli anni successivi, la quantità di radiazione intercettata tende rapidamente ad aumentare per la progressiva ricostituzione della copertura a seguito dello sviluppo della componente agamica. Cinque anni dopo il taglio i valori di trasmittanza nelle aree sottoposte a ceduzione restano tuttavia notevolmente al di sopra (35-60%) di quelli osservati nell'area di controllo.

Per meglio discriminare gli effetti delle diverse intensità e modalità di matricinatura sul clima radiativo all'interno del popolamento sono stati posti a confronto i valori di trasmittanza misurati subito dopo il taglio (2001), ossia senza l'influenza della componente agamica. L'analisi della varianza ha fatto emergere effetti significativi della matricinatura sui valori di trasmittanza ($F = 11.069$; g.d.l. 3, 8; $p = 0.003$), con differenze al test HSD di Tukey di comparazione multipla tra la tesi ceduo semplice e le altre (figura 4). Con il rapido e progressivo sviluppo della componente agamica si registra una riduzione graduale della trasmittanza all'interno del popolamento, tant'è che cinque anni dopo gli interventi (2005) non emergono differenze significative tra le varie tesi.

Gli effetti della ceduzione sulla copertura e le successive modificazioni indotte dallo sviluppo della componente agamica sono desumibili anche dai valori

di LAI misurati nelle varie tesi a partire dal secondo anno dopo gli interventi. Come atteso, i valori di LAI nelle tesi sottoposte a ceduzione sono drasticamente inferiori a quelli del controllo per tutto il periodo di osservazione (figura 5). È tuttavia evidente un progressivo e rapido recupero dei valori di LAI, fatto salvo il leggero decremento che si registra nel 2003, anno caratterizzato, come è noto, da una notevole siccità estiva. Nel 2002, il LAI nelle tesi sottoposte a ceduzione è pari a circa il 25% del controllo, mentre nel 2005 tale valore sale a circa il 50%. Le diverse modalità e intensità di matricinatura non influenzano in maniera significativa i valori di LAI delle varie tesi, tanto che le spezzate dei valori non presentano marcate differenze tra loro. Tuttavia è da notare come l'incremento dei valori di LAI tra l'inizio e la fine del periodo di osservazione sia massimo nel ceduo semplice e tenda a decrescere passando alle tesi 50 e 140 matricine e matricinatura a gruppi (figura 6).

Discussione e conclusioni

In questa sede non si intende affrontare la questione dei pro e dei contro del governo a ceduo rispetto alla fustaia o delle diverse modalità di avviamento ad altofusto né proporre un esaustivo esame di quanto presente in letteratura. Recentemente, peraltro, tali

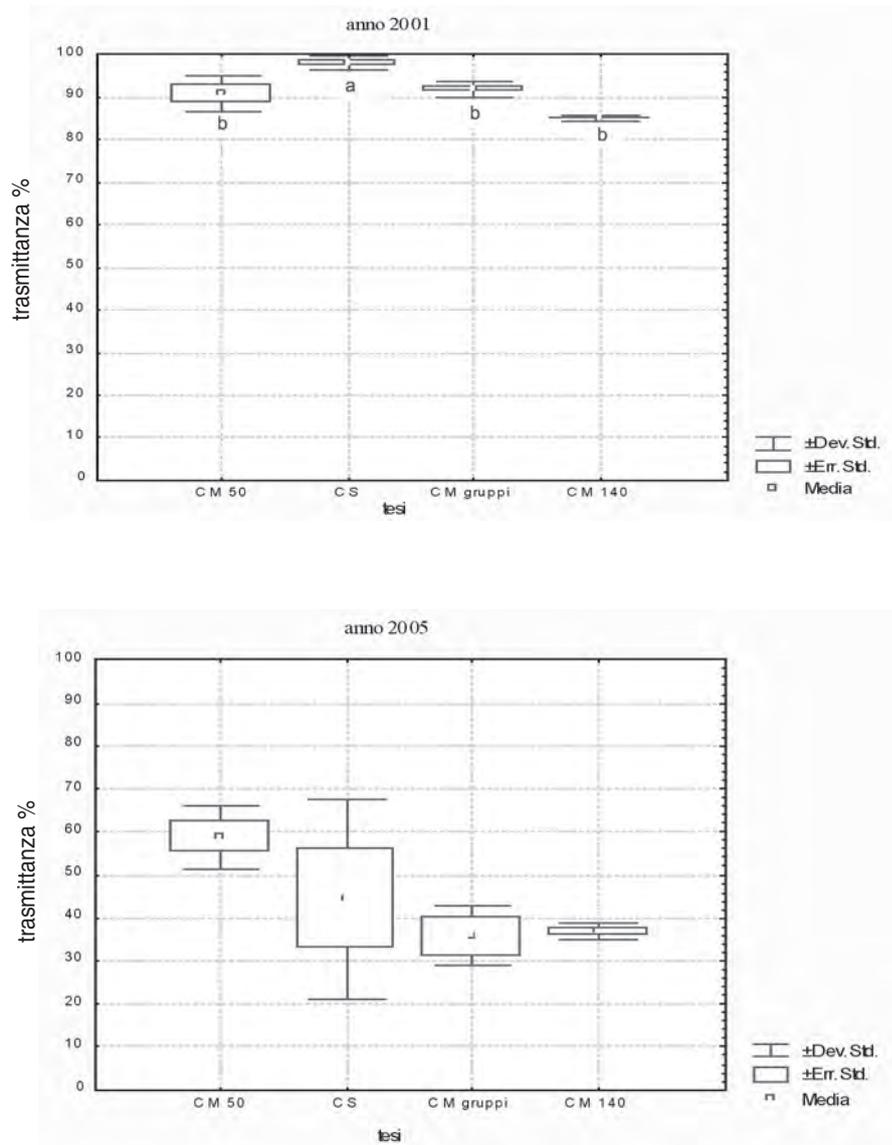


Figura 4 - Fontalcinaldo (GR). Box and whisker plots della trasmittanza (radiazione sottocopertura in percentuale di quella incidente sopra il piano delle chiome) misurata nell'anno successivo al taglio (2001) e dopo cinque stagioni vegetative (2005) in cedui di cerro sottoposti a diversa matricinatura: ceduo semplice (CS), ceduo con rilascio di 50 (CM 50) e 140 (CM 140) matricine ha⁻¹ e ceduo con matricinatura a gruppi (CM gruppi). Le lettere indicano differenze statisticamente significative.

Fontalcinaldo (GR). Box and whisker plots of transmittance (radiation below the canopy in percentage of incoming radiation above the canopy) measured in 2001 and 2005 in Turkey oak coppice stands with different standard releases: simple coppicing (CS), coppicing with the release of 50 (CM 50) and 140 (CM 140) standards per hectare and coppicing with grouped standards (CM gruppi). Different letters indicate differences statistically significant.

argomenti sono stati oggetto di una esauriente disamina da parte di CIANCIO e NOCENTINI (2004). Piuttosto i risultati di questo studio consentono di analizzare, su un'ampia base di dati e in forma comparata, gli effetti di diverse opzioni quali evoluzione naturale, avviamento ad altofusto, ceduzazione con varie intensità e modalità di matricinatura sulle caratteristiche della

copertura forestale e le funzioni ad essa associate.

Per quanto riguarda la questione dell'avviamento ad altofusto, pur avendo asportato nel caso oggetto di studio il 79% degli individui e il 51% della massa in piedi (AMORINI *et al.* 1998 a), si è osservato un recupero rapido e progressivo della copertura forestale, sia in termini di capacità di intercettazione della radiazione

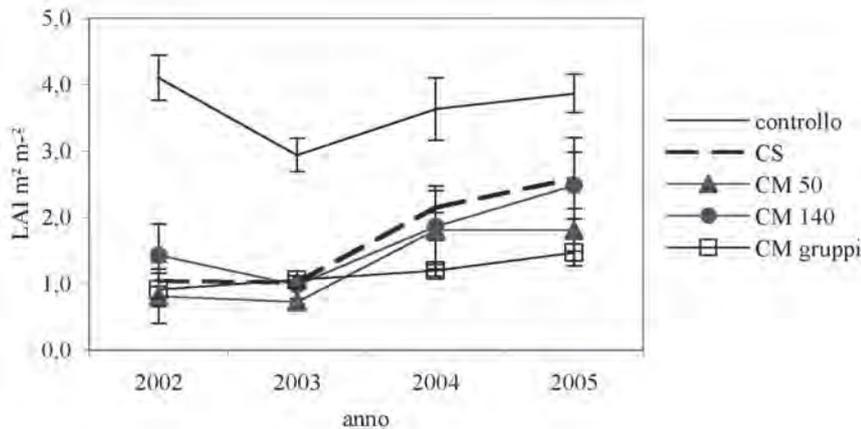


Figura 5 - Fontalcinaldo (GR). Valori medi (\pm es) di LAI in popolamenti di cerro sottoposti a diverso trattamento: nessun intervento (controllo), ceduo semplice (CS), ceduo con rilascio di 50 (CM 50) e 140 (CM 140) matricine ha⁻¹ e ceduo con matricinatura a gruppi (CM gruppi).
 Fontalcinaldo (GR). LAI (measured with PCA LAI-2000) mean (\pm se) values in Turkey oak coppice stands with different standard releases: simple coppicing (CS), coppicing with the release of 50 (CM 50) and 140 (CM 140) standards per hectare and coppicing with grouped standards (CM gruppi).

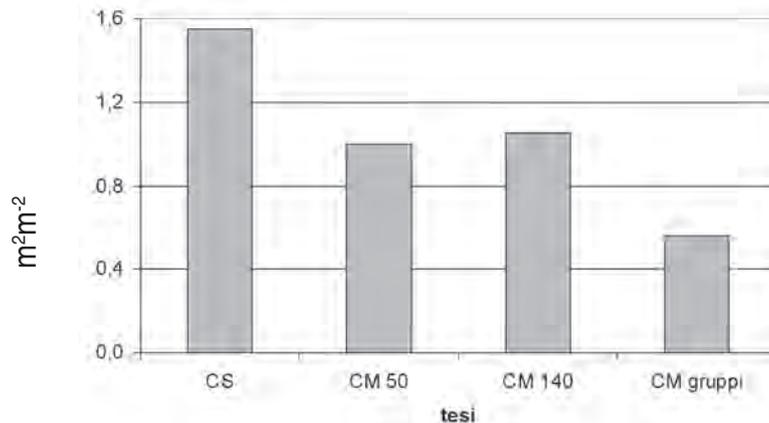


Figura 6 - Fontalcinaldo (GR). Incremento di LAI registrato nel periodo 2002-2005 in cedui di cerro sottoposti a diversa matricinatura: ceduo semplice (CS), ceduo con rilascio di 50 (CM 50) e 140 (CM 140) matricine ha⁻¹ e ceduo con matricinatura a gruppi (CM gruppi).
 Fontalcinaldo (GR). LAI increase in 2002-2005 period in Turkey oak coppice stands with different standard releases: simple coppicing (CS), coppicing with the release of 50 (CM 50) and 140 (CM 140) standards per hectare and coppicing with grouped standards (CM gruppi).

solare che nei valori di LAI. Dopo cinque anni i valori misurati nel popolamento avviato ad altofusto sono paragonabili a quelli del popolamento in evoluzione naturale. Ciò è in linea con quanto osservato nei primi anni dopo il trattamento (CUTINI e BENVENUTI 1998) e conferma quanto emerso in precedenti studi (CUTINI 1994 b). Si può quindi affermare che tagli di avviamento piuttosto energici non pregiudicano le capacità di recupero della copertura forestale e, quindi, le funzioni ad essa associate. Pronto recupero a livello di copertura che è da mettere in relazione con la buona produttività del popolamento e con il fatto che il taglio di avviamento, seppur di forte entità, è intervenuto in una fase estremamente dinamica - né poco dopo

il superamento del turno, né in una fase avanzata - quale quella di un ceduo di cerro di 35 anni di età. Va inoltre sottolineato che il taglio di avviamento, oltre a consentire il recupero di una parte di biomassa che altrimenti sarebbe destinata a deperire per mortalità naturale, determina una maggiore efficienza ecologica del popolamento con riflessi positivi a medio-lungo termine sulla produttività (CUTINI 1994 b, 1997, CUTINI e HAJNY, *questo volume*).

Più drastiche e durature sono le conseguenze della ceduzazione. Nonostante il rapido sviluppo della componente agamica, frequente nei cedui di cerro di buona fertilità, occorrono circa 8 anni perché l'apparato fogliare raggiunga la massima consistenza e possa

così esplicitare al massimo le sue capacità produttive e protettive. Non è forse un caso che in passato i turni, ancorati come erano ad un approccio strettamente produttivistico, superassero di poco tale soglia.

Da tutto ciò emerge che, in popolamenti con caratteristiche analoghe a quelle ora descritte, si possono operare tagli di avviamento di grado forte senza che si verifichino riduzioni significative della funzionalità della copertura forestale. Tale opzione consente di perseguire l'obiettivo della conversione a fustaia, attraverso un utilizzo parziale ma significativo della massa legnosa, nel caso specifico di circa $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, senza tuttavia causare drastici mutamenti a livello bioecologico come quelli indotti dalla ceduzione.

Riguardo a quest'ultimo punto i risultati di questo studio confermano i riflessi positivi dell'allungamento del turno. Nel caso dei cedui di cerro, se in passato i turni superavano di poco il tempo occorrente per ricostituire la piena funzionalità dell'apparato fogliare e della copertura forestale, quelli fissati attualmente dalle varie normative regionali consentono ai soprassuoli di esplicitare su un arco di tempo assai più consistente le massime potenzialità produttive e protettive.

Per quanto riguarda la matricinatura, quanto emerso induce a criticare la tendenza, piuttosto diffusa negli ultimi decenni, all'aumento consistente dei rilasci. Intensità e modalità di matricinatura diverse tra loro - rispettivamente 50 e 140 ha^{-1} e matricinatura a gruppi - non determinano infatti mutamenti significativi in termini di LAI e di quantità di radiazione solare disponibile per la componente agamica nei primi anni dopo il taglio. Differenze significative si registrano solo nel caso del ceduo semplice, ovvero senza il rilascio di matricine salvo qualche individuo appartenente a specie protette o sporadiche. Solo nel ceduo semplice la quantità di radiazione che affluisce al suolo è significativamente superiore a quella delle altre tesi, con riflessi positivi sulla consistenza dell'apparato fogliare della componente agamica, come dimostrato dai valori e dall'incremento di LAI nel periodo 2002-2005. Maggiore consistenza dell'apparato fogliare della componente agamica che trova riscontro nei valori di accrescimento dei polloni e nella minore mortalità delle ceppaie osservati da CANTIANI *et al.*, *questo volume* nel ceduo semplice rispetto alle altre tesi.

Tutto ciò consente di analizzare la questione delle funzioni attribuite alla matricinatura in maniera ancora più chiara e netta. In altre parole la vera questione non è tanto quale intensità o modalità di ma-

tricinatura applicare, ma piuttosto "matricinatura sì, matricinatura no". A tale proposito la scuola forestale italiana, sostenendo la scelta della matricinatura, si è tradizionalmente distinta dalle altre scuole forestali europee, sostanzialmente propense a riconoscere come forme canoniche solo il ceduo semplice e il ceduo composto. Tuttavia ciò è avvenuto definendo in maniera puntuale solo il numero minimo consentito di rilasci, pari in genere a poche decine di individui per ettaro, e attribuendo chiaramente alle matricine la funzione di produrre quella minima quantità di seme necessaria a rimpiazzare quelle ceppaie che nel tempo avevano esaurito la loro capacità pollonifera (PAVARI 1941-1942, MERENDI 1942, BENASSI 1955, ZANZI SULLI e DI PASQUALE 1993). È solo a partire dagli anni '70 che, pur in assenza di risultati sperimentali o di specifiche normative, si è andata affermando la tendenza ad un aumento dell'intensità della matricinatura per lo più a scopi protettivi.

Il fatto che in questo studio non siano emerse differenze significative a livello di caratteristiche della copertura forestale tra le varie tesi evidenzia la debolezza di questa scelta. Parimenti non si ravvisano svantaggi nella matricinatura a gruppi i cui effetti, sulla componente agamica, sono analoghi a quelli della matricinatura tradizionale.

Se perciò non c'è ragione di mettere in discussione la funzione specifica attribuita alle matricine, ossia assicurare il normale *turnover* delle ceppaie, e - aggiungiamo noi - una fonte di approvvigionamento comunque significativa per la fauna selvatica, appare del tutto discutibile quella di tipo protettivo che si è voluto attribuire loro negli ultimi decenni. Probabilmente questa tendenza ha rappresentato nei fatti la risposta alla volontà - mai resa esplicita - di creare da un lato condizioni più favorevoli per la conversione del ceduo a fustaia e, dall'altro, di mitigare l'impatto dell'asportazione quasi totale della biomassa arborea ad ogni utilizzazione di fine turno. Con ciò attribuendo alle matricine, seppure in maniera implicita e non suffragata da riscontri oggettivi, una funzione di protezione del suolo e di mantenimento, seppur a livelli minimi, di una significativa copertura forestale nel tempo. Funzione che, alla luce dei risultati ottenuti, risulta non propria, per lo meno nel caso di matricinatura regolare. Va infine considerato che l'aumento della matricinatura, come messo in evidenza da vari Autori (BIANCHI e LA MARCA 1984, LA MARCA *et al.* 1996, MAETZKE e TORRINI 1996, AMORINI *et al.* 1998b, CANTIANI

et al., questo volume), si ripercuote sulla ripartizione della biomassa epigea, andando in particolare a ridurre il peso della componente agamica.

Tenuto conto di ciò e che, per converso, non emergono da questo studio effetti positivi sulle caratteristiche della copertura forestale e le funzioni ad essa connesse, si ritiene auspicabile una inversione di tendenza sulla questione della matricinatura e più in generale sulla gestione del bosco ceduo. Inversione di tendenza che da un lato miri al rilascio di un numero ridotto di matricine ma di buone caratteristiche e, ove opportuno, incoraggi modalità di matricinatura alternative a quelle tradizionali quali la matricinatura a gruppi, che, come è intuitivo, può giocare un ruolo positivo nella protezione idrogeologica di microstazioni sfavorite; dall'altro, persegua la scelta strategica dell'avviamento ad altofusto non in maniera surrettizia ma con metodi e tecniche comprovate.

Più in generale i risultati di questo studio sembrano confermare che alcune scelte, operate nella seconda metà del secolo scorso a carico dei boschi cedui a prevalenza di querce caducifoglie, quali ad esempio avviamenti ad altofusto realizzati con tagli di modesta entità, più vicini alle cosiddette "sepulture di morti" che non ad interventi orientati ad accelerare e orientare l'evoluzione verso la fustaia, e aumenti indiscriminati della matricinatura, siano avvenute più sull'onda di mutamenti culturali e economico-sociali repentini che non su solide basi conoscitive.

Ringraziamenti

Si ringrazia la Comunità Montana "Colline Metallifere" per l'assistenza e la collaborazione assicurata nella messa a punto del protocollo sperimentale.

Un sentito ringraziamento al personale del C.R.A. Istituto Sperimentale per la Selvicoltura impegnato nel progetto e a tutti coloro che, a vario titolo, hanno collaborato alla raccolta dei dati. In particolare il ringraziamento va a: Fabio Benci, Alessandro Bitini, Mario Ceccarelli, Umberto Cerofolini, Alessandro Fois, Tessa Giannini e Luigi Mencacci per aver collaborato alla raccolta dei dati; a Maurizio Piovosi e ad Andrea Ciofini per il contributo dato nella fase di realizzazione del protocollo sperimentale e in quella di raccolta dei dati.

Grazie infine a un anonimo revisore per i preziosi suggerimenti forniti.

Bibliografia citata

- AMORINI E., BRUSCHINI S., CUTINI A., DI LORENZO M.G., FABBIO G., 1998 a - *Treatment of Turkey oak (Quercus cerris L.) coppices. Structure, biomass and silvicultural options*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, vol. 27 (1996): 121-130.
- AMORINI E., CANTIANI P., FABBIO G., 2002, - *Principali valutazioni sulla risposta degli indicatori dendrometrici e strutturali in querceti decidui dell'Umbria sottoposti a diverso trattamento selvicolturale*. In: Ferretti M, Frattegiani M, Grohmann F, Savini P. (a cura di). Il Progetto TraSFoRM. Regione dell'Umbria.
- AMORINI E., DI LORENZO M.G., FABBIO G., 1998 b - *Intensity of standard release and shoots dynamics in a Turkey oak (Quercus cerris L.) coppice. First contribution*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, vol. 27 (1996): 105-111.
- BENASSI L., 1955 - *I boschi cedui mediterranei*. In: "Atti del Congresso Nazionale di Selvicoltura per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani". Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, 14-18 marzo 1954: 99-114.
- BIANCHI M., LA MARCA O., 1984 - *I cedui di cerro nella provincia di Viterbo. Ricerche dendrometriche ed allometriche in relazione ad una ipotesi di matricinatura intensiva*. Ricerche Sperimentali di Dendrometria e di Auxometria, fasc. 10: 41-70.
- CANTIANI P., AMORINI E., PIOVOSI M., 2006 - *Effetti dell'intensità della matricinatura sulla ricostituzione della copertura e sull'accrescimento dei polloni in cedui a prevalenza di cerro*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, vol. 33 (2002-2004): 9-20.
- CANTIANI P., FERRETTI M., FRATTEGANI M., GROHMAN F., SAVINI P., 2002, - *Il disegno sperimentale del progetto TraSFoRM*. In: Ferretti M, Frattegiani M, Grohmann F, Savini P. (a cura di). Il Progetto TraSFoRM. Regione dell'Umbria.
- CIANCIO O., NOCENTINI S., 2004 - *Il bosco ceduo. Selvicoltura, Assestamento, Gestione*. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Firenze. 721 pp.
- CORONA P., LA MARCA O., SCHIRONE B., 1986 - *Ricerche sull'ottimizzazione della intensità della matricinatura nei cedui di cerro: I - Il ceduo composto a maturità*. Ann. Acc. It. Sc. For. Vol. (35): 123-158.
- CUTINI A., 1994 a - *La stima del LAI con il metodo delle misure di trasmittanza in popolamenti diradati non diradati di cerro*. Ann. Ist. Sper. Selv., Arezzo, vol. XXIII: 167-181.
- CUTINI A., 1994 b - *Indice di area fogliare, produzione di lettiera ed efficienza di un ceduo di cerro in conversione*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, vol. XXIII: 147-166.
- 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, vol. 27 (1996): 65-70.
- CUTINI A., GIULIETTI V., VARALLO A., 2004 - *La stima dell'indice di area fogliare di popolamenti forestali e di singoli alberi con il Plant Canopy Analyzer LAI-2000*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, vol. 31 (2000): 95-107.

- 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, vol. 33 (2002-2004): 133-142.
- CUTINI A., MATTEUCCI G., SCARASCIA MUGNOZZA G., 1998 - *Estimation of leaf area index with the Li-Cor LAI 2000 in deciduous forests*. Forest Ecology and Management 105: 55-65.
- JARVIS P.G., LEVERENZ J.W., 1983. - *Productivity of temperate, deciduous and evergreen forests*. In O.L. Lange et al. (Eds.) "Physiological plant ecology" IV. Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, 12D: 233-280.
- LA MARCA O., MATTIOLI M., IORIO G., 1987 - *Ricerche sull'ottimizzazione della matricinatura nei cedui di cerro. II contributo: il soprassuolo arboreo nei primi due anni del ciclo produttivo*. Ann. Acc. It. Sc.For. (36): 3-33
- MAETZKE F., TORRINI L., 1996 - *Osservazioni sperimentali sull'effetto di diverse intensità di matricinatura nei cedui di cerro della provincia di Viterbo*. L'It. For. e Mon. (6): 411-421.
- MERENDI A., 1942 - *Boschi cedui e matricinatura*. La Rivista Forestale Italiana (1-3): 33-36.
- NORMAN J.M., CAMPBELL G.S., 1989 - *Canopy structure*. In Pearcy R.W. et al. (eds): Plant physiological ecology: field methods and instrumentations. Chapman and Hall, London and New York: 301-325
- PAVARI A., 1941-42 - *Lezioni di selvicoltura*. Università di Firenze.
- ZANZI SULLI A., DI PASQUALE G., 1993 - *Funzioni delle matricine dei cedui nella teoria selvicolturale del XVII e XIX secolo*. Rivista di Storia dell'Agricoltura, (1): 109-121.

Trattamento sperimentale in un ceduo composto di roverella e leccio del Chianti senese. Primi risultati §

Claudia Becagli¹, Paolo Cantiani^{1*}, Gianfranco Fabbio¹

Accettato il 21 agosto 2006

Riassunto – Si riportano i primi risultati di una sperimentazione sul trattamento di un ceduo composto del Chianti già destinato ed utilizzato per il pascolamento. Il popolamento, misto di roverella e leccio, presenta una struttura sbilanciata verso la componente a fustaia. Si analizza, a tre anni dal taglio del ceduo, la reazione della rinnovazione agamica e gamica in funzione del diverso grado di copertura delle matricine rilasciate. Si riportano inoltre osservazioni sulla facoltà pollonifera di ceppaie di matricine di roverella notevolmente invecchiate.

Parole chiave: *ceduo composto, roverella, leccio, matricine, diradamento, rinnovazione.*

Abstract – Experimental trial in a pubescent oak and holm oak coppice with standards in the Chianti region (Siena). First results. An experimental trial concerning coppice harvesting and thinning of the upper standards layer in a forest crop used in the past for livestock grazing, are presented here. The upper layer, made up of aged pubescent oak standards, was largely prevailing in the aged stand structure. Three years after coppicing and thinning the main crop layer according to different theses of standard release, both re-growth and natural regeneration occurrence are analysed. The resprouting ability of old pubescent oak stumps, is also reported and discussed.

Key words: *coppice with standards, pubescent oak, holm oak, thinning, resprouting, regeneration.*

F.D.C.:221.1: 222.23: 176.1 Quercus pubescens: Quercus ilex (450.52)

Premessa

I cedui composti a prevalenza di roverella rappresentano una tessera molto importante nel paesaggio del Chianti in quanto testimonianza dell'economia agro-forestale e pastorale toscana del recente passato. La superficie di queste formazioni, nella seconda metà del secolo scorso era in Toscana di 25.889 ettari, di cui 10.545 nella sola provincia di Siena (BELLUCCI 1953). La dimensione media delle singole superfici di queste tipologie è generalmente limitata, dipendente com'è dalla scala poderale della quale era parte integrante. Il querceto governato a "ceduo composto" nell'azienda agricola toscana era il risultato dei molti servizi richiesti in passato al bosco, principalmente la produzione di legna da ardere per le esigenze aziendali, la produzione di ghianda per il pascolo degli animali e la funzione di riparo per il bestiame. I prodotti del bosco nell'economia dell'azienda agraria erano molteplici. L'uso del prodotto legno dal bosco quercino era totale, per opera, falegnameria e combustibile. Le pezzature più piccole e la ramaglia venivano raccolte in fascine

e utilizzate per le cucine a legna o per i forni del pane. Il fogliame era utilizzato per fornire lettiera alle stalle e quello fresco era un supporto all'alimentazione del bestiame (PARDI 2000). La funzione di pascolo, soprattutto suino, del ceduo composto di roverella sfruttava soprattutto la produzione della ghianda. Le ghiande venivano pascolate in bosco o conservate e somministrate agli animali in stalla direttamente o sotto forma di farina. Gli animali pascolavano anche lo strato arbustivo ed erbaceo. L'utilizzazione pascoliva rappresentava quindi "insieme alla produzione legnosa ... un prodotto fondamentale del bosco" (PONTECORVO 1932). Il pascolo era generalmente economicamente accessorio rispetto alla produzione legnosa, se non in particolari condizioni di ambiente (BELLUCCI *op. cit.*) In passato questa pratica culturale caratterizzava le aziende a regime mezzadrile; dalla seconda metà del secolo scorso la coltura promiscua si limita soprattutto alle piccole aziende contadine (GAJO e MARINELLI 1979).

La struttura di questi boschi si allontana dal ceduo composto classicamente inteso, d'altronde pratica-

§Lavoro svolto nell'ambito del progetto "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e culturale di differenti modalità di matricinatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno" promosso e finanziato dall'ARSA-REGIONE TOSCANA. Il lavoro è stato svolto dagli autori in parti uguali.

* Autore corrispondente paolo.cantiani@entecra.it

¹ C.R.A. - Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo.

mente inesistente nella storia selvicolturale italiana. I querceti “da pascolo e da ghianda” prevedevano una “fustaia” costituita dalle matricine, disetanea per classi cronologiche, a densità variabile tra 80 e 150 unità di cui circa la metà allievi per ettaro. Sotto lo strato delle matricine era il piano dei polloni per la produzione di legna ad uso del podere (BERNETTI 1987; HIPPOLITI 2001; FABBIO e BENVENUTI 2004). La finalità di questo tipo di formazione forestale era quella di concentrare nell’unità di spazio il massimo di prodotti e servizi dal bosco. Matricine grandi a chioma molto espansa garantivano una buona produzione di ghianda; pertanto, al momento della ceduzione, veniva privilegiato il rilascio di matricine di più turni in numero anche di molto superiore a quello previsto dalla forma classica del trattamento. La struttura era quindi sbilanciata verso la componente della fustaia più vecchia.

L’abbandono della funzione pascoliva del ceduo dalla metà del secolo scorso è stata accompagnata da una serie di altre modificazioni strutturali di questa forma particolare di “ceduo composto”. I fattori principali sono stati l’allungamento del turno, l’abbandono delle pratiche accessorie di sfruttamento del ceduo quali il diradamento, le ripuliture e, soprattutto, la modalità di matricinatura. Generalmente nelle ultime ceduzioni si è teso alla preservazione integrale delle matricine di roverella più vecchie e, nei tipi misti a roverella e specie più tolleranti dell’ombra (carpino nero, leccio), al reclutamento di allievi di queste specie. Ciò ha fatto sì che si siano modellati dei tipi strutturali che, per la forte copertura delle chiome delle matricine, hanno determinato una sempre maggiore competizione per il fattore luce a svantaggio della componente agamica del sistema.

Obiettivi

I querceti governati a ceduo composto da pascolo, soprattutto nel Chianti fiorentino, senese e aretino, sono assai diffusi e le loro caratteristiche fisionomie hanno un elevato valore paesaggistico e storico-culturale. Oggi, a seguito della cessazione della loro funzione multipla, è necessario sperimentare forme specifiche di trattamento capaci di armonizzare la struttura, la composizione specifica e garantire la rinnovazione per mantenere la funzionalità del sistema.

Obiettivi specifici della sperimentazione sono:

- nel medio-lungo periodo la valutazione comparata della dinamica dei popolamenti trattati con quelli

in abbandono culturale;

- nel breve periodo, materia specifica del presente contributo, la valutazione della risposta del popolamento sottoposto a due tesi di ceduzione differenziate per modalità di matricinatura rispetto a: (i) sviluppo della componente agamica; (ii) rinnovazione gamica delle specie principali (roverella e leccio).

Uno studio complementare ha previsto l’osservazione della facoltà pollonifera di ceppaie di matricine di roverella di quattro o più classi cronologiche.

Materiali e metodi

Il popolamento oggetto della ricerca è un ceduo composto strutturato in:

- piano superiore di matricine di roverella e di leccio di quattro e più turni;
- piano del ceduo misto di roverella e leccio di 30 anni di età.

Il sito è ubicato in località San Felice, Castelnuovo Berardenga (Siena) e proprietà dell’ Azienda Agricola S. Felice s.p.a.

L’area di studio ha una quota di circa 350 metri s.l.m. ed è situata in piano. I dati termo-pluviometrici si riferiscono alla stazione di Siena, la più vicina al protocollo sperimentale (Figura 1). La temperatura media annua è di 13,7 °C; la piovosità annua è pari a 739 mm. I suoli, di origine sedimentaria, sono sostanzialmente argillosi e calcarei provenienti dal residuo della disgregazione del calcare Alberese. Tale substrato è particolarmente adatto al bosco quercino, in particolar modo al leccio (MONDINO e BERNETTI 1998).

Il protocollo ha previsto la realizzazione nel 2001 di tre aree permanenti di superficie variabile da 1600 m² a 2500 m², nelle quali sono state rilevate le caratte-

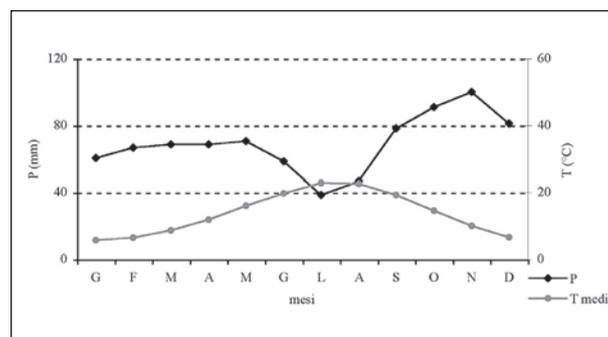


Figura 1 - Diagramma termopluviometrico di Siena per il periodo 1951-1994. (Dati Lamma).
Climate parameters (Siena station) 1951-1994.

ristiche dendrometriche e strutturali del popolamento. Sono stati effettuati i seguenti rilievi: cavallettamento totale del soprassuolo prima dell'utilizzazione tenendo distinte le componenti polloni e matricine; rilievo delle altezze dendrometriche per costruzione della relazione ipsodiametrica; verifica dell'età delle diverse classi di matricine con lettura di un campione di sezioni radiali per la stima dell'età delle matricine in piedi e utilizzate, tramite uno specifico protocollo:

- individuazione di 16 matricine di roverella (8 per ciascuna tesi di rilascio) stimate in fase di rilievo appartenenti a classi di età diverse;
- prelievo da ciascun soggetto di rotelle di base (0,0 m) e a 1,30 m;
- lettura in laboratorio dell'età individuali e degli incrementi di diametro;
- analisi delle correlazioni tra circonferenza a 0,0 m ed a 1,30 m ed età delle matricine utilizzate.

Entrambe le correlazioni lineari tra età e diametro delle sezioni a 0,0 m e a 1,30 m per la roverella sono risultate soddisfacenti (sezione di base $R^2 = 0,62$; sezione 1,30 m $R^2 = 0,77$). In tal modo è stato possibile stimare le classi cronologiche delle matricine censite in fase di rilievo dendrometrico del popolamento pre-trattamento, di quelle rilasciate nelle due tesi di trattamento e delle vecchie ceppaie di roverella (dopo l'utilizzazione).

Il popolamento prima dell'intervento

La componente agamica del popolamento è costituita da roverella associata a leccio, con una scarsa

dotazione di altre specie (sporadiche ceppaie di corbezzolo, ciliegio, orniello e sorbo degli uccellatori) (Tabella 1). La densità delle ceppaie è pari a 1.790 unità per ettaro. La roverella presenta una leggera prevalenza a livello di area basimetrica, associata ad un minore numero di polloni portati per singola ceppaia rispetto al leccio.

La peculiarità del soprassuolo è data dalla componente "fustaia". La distribuzione in classi cronologiche delle matricine appare anomala rispetto ai modelli teorici di riferimento del ceduo composto (CAPPELLI 1978, PIUSSI 1994, CIANCIO e NOCENTINI 2004, HIPPOLITI *op. cit.*), in quanto presenta un eccesso numerico di matricine di quarta classe e oltre (Tabella 2). Anche il numero totale dei soggetti appartenenti al piano della fustaia (241 matricine per ettaro) è molto superiore a quello teorico. La tendenza della roverella ad allargare notevolmente nel corso degli anni la chioma, a formare quindi quelli che HIPPOLITI definisce "ombrelloni", rende notevolmente squilibrata la coesistenza tra la componente a ceduo e quella a fustaia, minando di fatto la funzionalità complessiva del sistema, sia per l'eccessivo invecchiamento di parte delle matricine (alta percentuale di vecchi soggetti di roverella in evidente stato di deperimento, con disseccamenti della chioma e frequenti schianti), sia per l'eccessivo aduggiamento della componente agamica, soprattutto della roverella, che è specie eliofila.

La distribuzione cronologica delle matricine appare molto sbilanciata verso le classi più vecchie. In

Tabella 1 - Parametri dendrometrici del popolamento prima dell'intervento.
Mensurational parameters before thinning operations.

	Cepp. ha ⁻¹	n ha ⁻¹	P/cepp.	polloni			matricine				totale			
				m ² ha ⁻¹	dgm (cm)	hm (m)	n ha ⁻¹	m ² ha ⁻¹	dgm (cm)	hm (m)	n ha ⁻¹	m ² ha ⁻¹	dgm (cm)	hm (m)
roverella	524	698	1.3	5.9	10.4	9.1	138	11.2	32	14.5	836	17.6	16.4	11.3
leccio	1248	2086	1.7	6.4	6.2	6.6	103	3.4	17.7	11.7	2189	9.3	7.4	7.4
altre	26	28	1.1	0.1	4.9	5.5					28			
totale	1798	2812	1.6	12.3	7.5	7.5	241	14.6	27.7	13.8	3053	26.9	10.6	9.2

Tabella 2 - Principali parametri dendrometrici delle matricine per classi cronologiche stimate prima dell'intervento.
Main mensurational parameters of standards according to the age classes estimated before thinning operations.

	matricine 1 classe			matricine 2 classi			matricine 3 classi			matricine 4 o più classi			totale		
	n ha ⁻¹	dgm cm	hm m	n ha ⁻¹	dgm cm	hm m	n ha ⁻¹	dgm cm	hm m	n ha ⁻¹	dgm cm	hm m	n ha ⁻¹	dgm cm	hm m
roverella	50	17.2	11.5	32	25.5	13.4	14	32.9	14.6	42	46.5	16.3	138	32	14.5
leccio	56	14.8	10.8	30	22.6	12.8	17	30.4	14.3	6	31.2	14.4	109	23.2	13
totale	106	16.0	11.2	62	24.1	13.2	31	31.6	14.4	48	46.5	16.3	247	27.7	13.8
%	43			25			13			19			100		

particolare la roverella è presente con 42 matricine ad ettaro di oltre 4 classi. Ciò comporta l'eccessiva copertura delle chiome della fustaia con conseguente depressione del piano del ceduo soprattutto a carico della roverella.

Il trattamento sperimentale

Nella stagione 2002-2003 è stato definito il trattamento che ha previsto due tesi di ceduzione e una tesi di controllo.

In sintesi le tesi di trattamento sono state:

- tesi M120 (2.500 m²): utilizzazione del ceduo con rilascio di 120 matricine per ettaro (di cui 60 allievi) per la realizzazione immediata di una struttura assimilabile al ceduo composto¹;
- tesi M180 (2.500 m²): utilizzazione del ceduo con rilascio di 180 matricine per ettaro (di cui 80 allievi) per la realizzazione di una struttura a ceduo composto da raggiungere in due cicli successivi;
- controllo (1.600 m²): rilascio integrale del soprassuolo per l'analisi della dinamica del popolamento in abbandono colturale².

La scelta di testare due modalità di matricinatura alternative è stata dettata principalmente dalla estrema difficoltà nel reperimento di allievi di roverella. I rari soggetti di presumibile origine gamica erano infatti in cattive condizioni vegetative per l'aduggiamento da parte delle matricine e per la competizione perdente con i polloni soprattutto di leccio. La scelta dei migliori allievi possibili ha dovuto quindi fare affidamento quindi su soggetti di roverella di origine agamica. Pur

con questi accorgimenti è risultato estremamente difficile reclutare future matricine di roverella di buona conformazione e struttura e si è reso quindi necessario anche il rilascio di alcuni allievi di leccio.

Nelle due tesi di trattamento sono stati effettuati sulle matricine e sugli allievi rilasciati i seguenti rilievi:

- cavallettamento totale;
- altezza totale e di inserzione della chioma;
- misura di quattro raggi ortogonali della proiezione della chioma a terra.

In Tabella 3 si riportano i parametri delle matricine rilasciate nelle due tesi di trattamento.

Le tesi si differenziano per il numero, la composizione specifica e la distribuzione delle matricine e degli allievi rilasciati con distribuzione comunque decrescente da una classe cronologica alla successiva.

La tesi M120 ha previsto un'utilizzazione più drastica delle matricine di quattro e più classi. Nella tesi M180 è stato rilasciato un numero superiore di matricine giovani, delle quali la maggior parte allievi di leccio.

La percentuale di copertura totale delle chiome è pari a circa il 27,5% nella tesi M120 e superiore al 32,5% nella la tesi M180 (Tabella 4). In Figura 2 si riporta l'andamento dei diametri della chioma delle matricine rilasciate in funzione del diametro ad 1,30 m.

Nonostante l'andamento decrescente del numero di matricine da una classe cronologica a quella successiva, il maggior contributo di copertura delle chiome

Tabella 3 - Parametri dendrometrici per tesi di trattamento.
Mensurational parameters per thesis.

TESI M 120	Leccio			Roverella			TOT n ha ⁻¹
	n ha ⁻¹	dgm cm	hm m	n ha ⁻¹	dgm cm	hm m	
Categoria di matricine							
allievi	28	14.3	9.8	32	13.6	9.8	60
matricine di 2 classi cronologiche	4	27.7	10.9	24	18.9	10.7	28
matricine di 3 classi cronologiche				12	27.8	12.5	12
matricine di 4 classi cronologiche				12	33.5	12.5	12
matricine con più di 4 classi				8	51.9	14.9	8
TOTALE	32	21.1	10.4	88	29.2	12.1	120
TESI M 180							
allievi	56	12.6	9.6	24	11.7	9.6	80
matricine di 2 classi cronologiche	12	29.3	12.9	36	15	10.9	48
matricine di 3 classi cronologiche	4	40.6	13.6	16	22	11.2	20
matricine di 4 classi cronologiche				20	30.4	13.9	20
matricine con più di 4 classi				12	49.6	14.6	12
TOTALE	72	27.5	12.0	108	25.7	12.0	180

¹La tesi M120 ai sensi del Regolamento Forestale della Regione Toscana (n° 48/R, DPGR 8 agosto 2003), successivo alla definizione delle tesi sperimentali, non sarebbe potuta a rigore definirsi a "ceduo composto o intensamente matricinato".

²La tesi "controllo" viene qui definita per completezza di esposizione del protocollo sperimentale ma, dato il limitato periodo di indagine, non è parte integrante di questo lavoro.

Tabella 4 - Grado di copertura delle chiome delle matricine nelle tesi di trattamento.
Canopy cover degree of standards in each thesis.

Classi cronologiche delle matricine	TESI M 120 Copertura %		TESI M 180 Copertura %	
	leccio	Roverella	leccio	Roverella
allievi	2.5	2	2.6	1.8
matricine di 2 classi cronologiche	0.4	2.3	2.6	2.8
matricine di 3 classi cronologiche	3.4	4.2	1.5	
matricine di 4 classi cronologiche		4.3		6.7
matricine con più di 4 classi cronologiche		12.4		8.4

è dato, per le due tesi, dalle roverelle delle classi cronologiche più vecchie. Sebbene le matricine di più di quattro classi rilasciate nella tesi M120 siano inferiori di un terzo rispetto alla tesi M180, esse concorrono ad una maggiore copertura del terreno per la loro chioma particolarmente sviluppata.

Il protocollo ha previsto, per ciascuna tesi trattata, la realizzazione di transetti di 100 m² (nel settore mediano delle parcelle) per l'analisi della rinnovazione da seme:

- conta dei semenzali per specie;
- attribuzione dell'età di ciascun semenzale;
- rilievo dell'altezza dei semenzali.

Per il rilievo della rinnovazione agamica sono state identificate, tra le più prossime alla linea centrale del transect, 52 ceppaie di polloni (26 di leccio e 26 di roverella) delle quali è stata rilevata la misura dei due diametri ortogonali.

Al termine di ogni stagione vegetativa il protocollo ha previsto le seguenti analisi per ceppaia:

- conta di tutti i polloni vivi;
- misura di quattro raggi ortogonali della proiezione della chioma dei polloni a terra;
- individuazione e marcatura dei 5 polloni dominanti per ceppaia (i 5 polloni più alti della ceppaia);
- misura del diametro al colletto e dell'altezza di ciascun pollone dominante.

Risultati e discussione

Rinnovazione agamica

In Tabella 5 sono riportati i principali parametri riassuntivi relativi ai polloni delle due specie preva-

lenti nei due transetti nel triennio di osservazione.

La roverella ha mostrato una maggiore capacità di ricaccio (numero medio di polloni emessi per ceppaia) nella tesi M120. In ambedue le tesi le ceppaie di leccio hanno ricacciato con un numero medio di polloni superiore rispetto a quello della roverella e non sono state condizionate dalla diversa copertura delle matricine.

L'andamento dello sviluppo del diametro medio al colletto dei polloni di roverella è più sostenuto nella tesi con minore copertura di matricine. Il diametro medio dominante al terzo anno ha un valore maggiore nella tesi meno matricinata anche se le differenze tra le tesi per questo parametro non sono significative all'analisi della varianza.

Il parametro altezza media dei polloni dominanti nelle due specie analizzate ha un andamento discordante rispetto al diametro medio dominante. I valori sono più elevati, per le due specie, nella tesi più matricinata nei tre anni di osservazione. All'analisi della varianza la differenza tra le tesi risulta significativa solo per la specie leccio al primo anno ($p_{qi}=0,0002$; $F_{qi}=14,81$).

Complessivamente le ceppaie risultanti dal taglio delle matricine di roverella di quattro e più classi cronologiche hanno ricacciato per una quota superiore al 60% (Tabella 6), pur con una percentuale elevata di

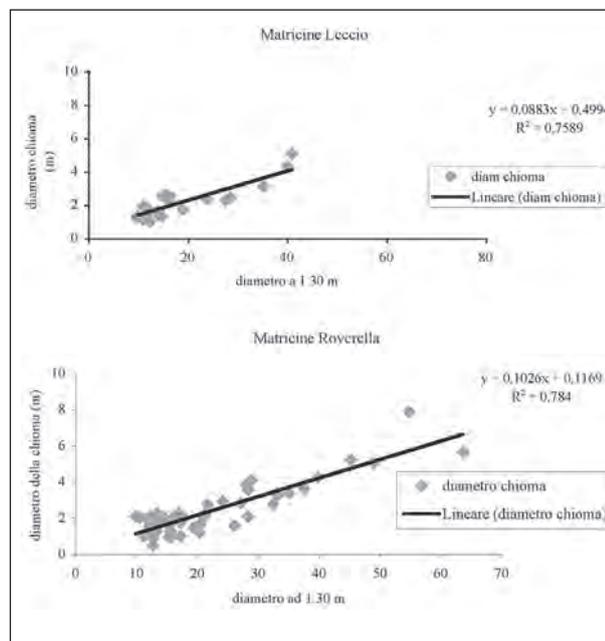


Figura 2 - Andamento dei diametri della chioma delle matricine rilasciate in funzione del diametro a 1,30.
Variation of crown diameters of standards as a function of dbh.

Tabella 5 - Parametri della rinnovazione agamica.
Mensurational parameters of shoot regeneration.

Tesi	specie	n medio poll. per ceppaia			area insidenza media			diametro medio al colletto			altezza dominante media		
		2003	2004	2005	2003 m ²	2004 m ²	2005 m ²	2003 mm	2004 mm	2005 mm	2003 cm	2004 cm	2005 cm
M 120	roverella	11	10	9	1.1	5.3	8.3	4.1	16.1	20.4	53.1	98.4	125.7
	leccio	20	18	13	0.5	1.8	2.5	3.6	9.7	13.4	31.6	71.2	98.8
M 180	roverella	7	7	6	2.1	4.4	6.4	6.4	14.5	18.3	57.7	101.5	134.4
	leccio	18	17	17	1.2	2.6	4.0	4.7	10.6	12.7	46.5	81.4	102.9

polloni avventizi. Le ceppaie di matricine di età superiore a quattro classi presentano un numero medio di polloni superiore a quelle di quarta classe ed un' altezza media leggermente inferiore. L'altezza dei ricacci delle vecchie ceppaie di roverella è notevolmente superiore a quella media registrata per i polloni per l'intero popolamento.

Le osservazioni sulla reazione delle vecchie ceppaie di roverella dopo il taglio confermano "la spiccata e praticamente illimitata facoltà pollonifera della roverella" come riportato da DE PHILLIPPIS (1985)³.

Rinnovazione da seme

La Tabella 7 sintetizza i parametri della rinnovazione da seme delle due specie quercine nel triennio esaminato.

Nelle tesi in esame non sono stati riscontrati semenzali preesistenti l'utilizzazione, eccetto un esiguo numero di soggetti di leccio che è stato escluso dal campione sperimentale. I semenzali di leccio alla fine del triennio di osservazione sono numericamente superiori nella tesi M120, nella quale presentano anche l'altezza media più elevata. La sopravvivenza dei semenzali di leccio tra la prima e la terza stagione vegetativa è pari a circa il 23% per la tesi M120 e al 14,5% per la tesi M180. La sopravvivenza al terzo anno dei semenzali germinati nella seconda stagione è pari all'84% nella tesi M120 e al 59% per la tesi M180.

La rinnovazione di roverella nelle due tesi di trattamento è più abbondante rispetto a quella del leccio nell'arco dei tre anni nella tesi M180, soprattutto nella componente di semenzali di un anno pur con un andamento non costante nel periodo (Figura 3). La sopravvivenza dei semenzali di roverella tra la prima e la terza stagione vegetativa è pari al 18% nella tesi M120 e a meno del 4% nella tesi M180. Nonostante la grande differenza di germinazione della roverella al primo

Tabella 6 - Facoltà pollonifera delle matricine di roverella di 4 o più classi cronologiche.
Regeneration ability of pubescent oak standards aged 4 classes and more.

	n° osservazioni	perc. di ricaccio %	n° medio di polloni	H media polloni cm
matricine di 4 ^a classe cronologica	17	76.5	8.90	4.50
matricine con più di 4 classi	60	46.7	14.80	3.59
TOTALE	77	61.0	13.10	3.88

anno tra le tesi di trattamento (4500 ha⁻¹ tesi M180; 733 ha⁻¹ Tesi M120), a causa dell' elevata mortalità nella tesi più matricinata, la densità di semenzali di roverella sopravvissuti al terzo anno è scarsa e con valori simili tra la tesi. Al terzo anno nella tesi M120 sopravvivono il 27% e nella tesi M180 il 16% dei semenzali nati dopo la seconda stagione.

Analogamente a quanto osservato per il leccio, l'altezza media dei semenzali di roverella è superiore, nell'arco del periodo considerato, nella tesi meno matricinata.

Il grado di copertura delle chiome delle matricine influisce sulla dinamica della rinnovazione gamica e agamica in maniera molto più incisiva per la roverella. Il numero inferiore di matricine assicura una maggior vigoria ai ricacci di roverella ed appare invece meno determinante sulla dinamica di sviluppo dei polloni di leccio. Ad un più alto grado di copertura delle matricine corrisponde anche una maggiore densità di semenzali di roverella, ma la minore luminosità al suolo influisce sul tasso di mortalità nel corso del triennio. La copertura non condiziona sensibilmente la vigoria dei polloni, lo sviluppo e la sopravvivenza della rinnovazione da seme nel leccio.

³Dopo la prima stagione vegetativa dal taglio sono stati osservati ricacci rigogliosi per numero di polloni emessi e loro dimensioni in diametro e altezza su alcune ceppaie di roverella la cui età accertata superava i 220 anni di età.

Tabella 7 - Parametri descrittivi della rinnovazione da seme.
Regeneration from seed. Descriptive parameters.

TESI M 120	1° stagione		2° stagione					3° stagione								
	n ha ⁻¹	H media cm	sem di 1 anno		sem di 2 anno			sem di 1 anno		sem di 2 anno		sem di 3 anno		n tot ha ⁻¹		
			n ha ⁻¹	H media cm	n ha ⁻¹	H media cm	n tot ha ⁻¹	n ha ⁻¹	H media cm	n ha ⁻¹	H media cm	n ha ⁻¹	H media cm	n ha ⁻¹	H media cm	n tot ha ⁻¹
leccio	3467	11.08	1667	21.0	267	35.0	1955	600	13.08	1400	19.4	1067	29.4	3067		
roverella	733	7.08	2400	15.5	800	31.5	3216	267	10.05	333	16.0	133	23.5	733		
totale	4200	11.01	4067	18.0	1067	32.0	5134	867	12.08	1733	19.1	1200	28.7	3800		

TESI M 180	1° stagione		2° stagione					3° stagione						
	n ha ⁻¹	H media cm	sem di 1 anno		sem di 2 anno			sem di 1 anno		sem di 2 anno		sem di 3 anno		n tot ha ⁻¹
			n ha ⁻¹	H media cm	n ha ⁻¹	H media cm	n tot ha ⁻¹	n ha ⁻¹	H media cm	n ha ⁻¹	H media cm	n ha ⁻¹	H media cm	n tot ha ⁻¹
leccio	4222	13.09	1222	13.8	444	34.6	1666	611	8.07	722	13.5	778	30.8	2111
roverella	4500	6.08	8056	12.7	611	27.4	8667	2833	7.03	1333	12.8	222	16.3	4388
totale	8722	10.03	9278	12.8	1056	30.4	10334	3444	7.06	2056	13.2	1000	27.6	6500

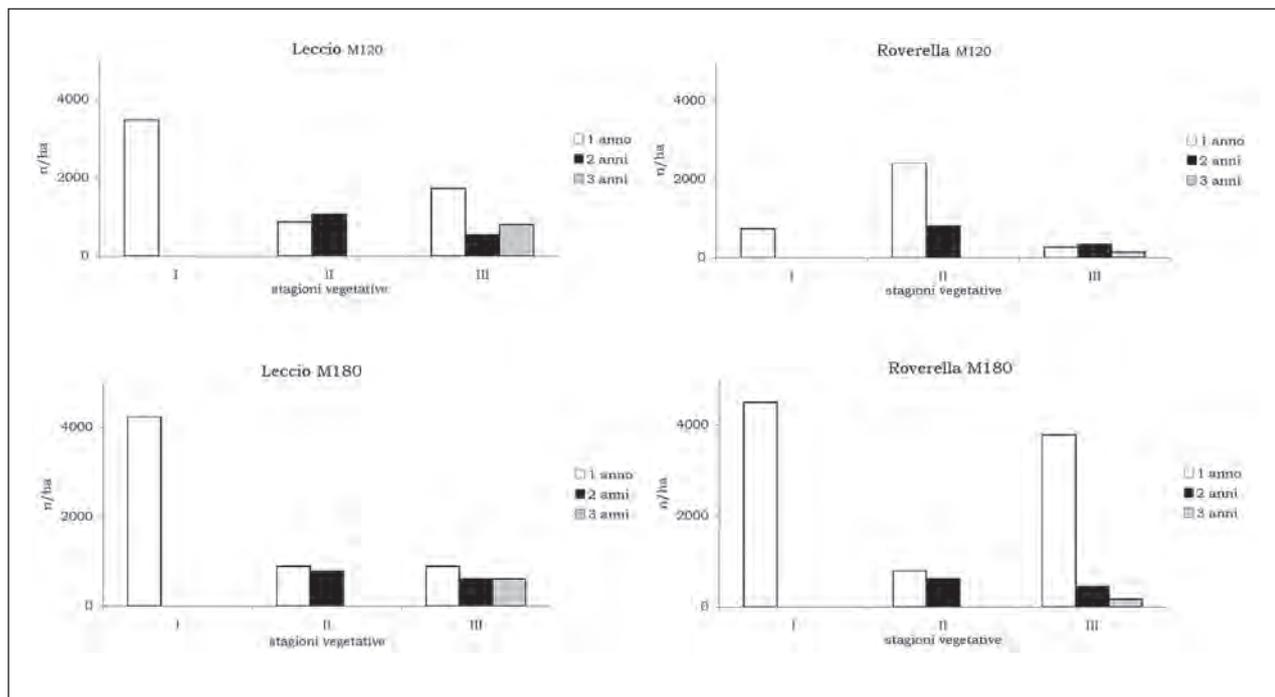


Figura 3 - Rinnovazione da seme di roverella e leccio nelle due tesi di trattamento.
Regeneration from seed of pubescent oak and holm oak in each thesis.

Conclusioni

L'area del ceduo è stata per decenni ai margini della ricerca e della tecnica colturale. La selvicoltura dei cedui è stata infatti tradizionalmente appannaggio degli utilizzatori più che dei tecnici forestali. Ciò ha concorso al degrado di molte formazioni governate a ceduo già dai primi anni del secolo scorso, soprattutto nell'area del querceto (MERENDI 1927; DE PHILIPPIS *op. cit.*); in altri casi è stata la cessazione d'uso a trasformare le strutture originarie create e mantenute per una determinata funzione. È questo il caso del ceduo composto da pascolo nell'area del Chianti oggi

rappresentato su superfici limitate e frammentate, che hanno assunto nell'ultimo periodo una sempre maggiore valenza estetico-paesaggistica e culturale in quanto testimoni relitti di una tipologia di bosco diffusa fino ad un passato recente. Queste funzioni, oggi prevalenti, portano a considerare prioritaria una loro gestione conservativa.

D'altra parte, la complessità e la fragilità di queste strutture all'attualità, rendono la loro gestione futura problematica soprattutto in ordine a tre fattori:

- la cessazione d'uso ha prodotto strutture particolarmente squilibrate;
- le strutture attuali si sono notevolmente modificate

rispetto al passato, in cui una gestione attenta e cure colturali continue ne consentivano il mantenimento;

- si è persa nel tempo la cultura e la capacità tecnica nell'adozione di questo trattamento.

Queste formazioni necessitano oggi di un trattamento specifico che preveda una buona sensibilità colturale soprattutto per la scelta degli allievi da rilasciare. A livello di composizione specifica, la scelta dovrebbe ricadere sulle specie più eliofile (la roverella) che, oltre ad esercitare una copertura più leggera sul ceduo, soffrirebbero meno la crisi da stress da isolamento (CIANCIO e NOCENTINI *op. cit.*). Nelle strutture attuali al contrario c'è carenza di buoni fenotipi come candidati e quindi è necessario reclutare un certo numero di allievi di leccio per completare la dotazione minima di matricine.

Il trattamento dovrà procedere verso un immediato o progressivo svecchiamento della componente fustaia, evitando però con attenzione la creazione di lacune eccessive nella tessitura del bosco. In casi di scarsa densità delle ceppaie, il trattamento dovrebbe prevedere opportuni rinfoltimenti.

A favore della rinnovazione da seme potrebbero essere effettuate ripuliture nei primi anni dopo la ceduzione per ridurre la competizione tra i semenzali e lo strato arbustivo (BERNETTI 1995) e sfolli e diradamenti delle matricine in tutte le classi cronologiche (CIANCIO e NOCENTINI *op. cit.*).

Ringraziamenti

Si desiderano ringraziare l'AZIENDA AGRICOLA S. FELICE S.P.A. nella cui proprietà è stato realizzato il sito sperimentale e, per la collaborazione, Fabio

BENCI, Claudia BENVENUTI, Elisa CASTELLUCCI, Umberto CEROFOLINI, Isabella DE MEO, Aron GHIRINGHELLI, Tessa GIANNINI, Luigi MENCACCI, Alessandro VARALLO.

Bibliografia citata

- BELLUCCI V., 1953 - *Leconomia forestale della Toscana*. Annali Acc. It. Sc. For., Firenze (I): 273-464.
- BERNETTI G., 1987 - *I boschi della Toscana*. Quaderni di Monti e Boschi. Edagricole, Bologna 177 p.
- BERNETTI G., 1995 - *Selvicoltura speciale*. UTET, Torino, 415 p.
- CAPPELLI M., 1978 - *Selvicoltura generale*. Edagricole, Bologna 298 p.
- CIANCIO O., NOCENTINI S., 2004 - *Il bosco ceduo*. Selvicoltura Assestamento Gestione. Acc. It.Sc. For., Firenze, 721 p.
- DE PHILIPPIS A., 1985 - *Lezioni di selvicoltura speciale*. CUSL. Firenze, 239 p.
- FABBIO G., BENVENUTI C., 2004 - *Utilizzazione e risorse del bosco*. In: La cinta senese. Gestione attuale di una razza antica. A cura di O Franci. ARSIA Firenze: 141-173.
- GAJO P., MARINELLI A., 1979 - *Contributo alla conoscenza economica dei cedui in Toscana*. In: Il miglioramento dei cedui, Bologna: 181-392.
- HIPPOLITI G., 2001 - *Sul governo a ceduo in Italia (XIX - XX secolo)*. In: Storia e risorse forestali. A cura di M. Agnoletti. Acc. It. Sc. For., Firenze: 353-374.
- MERENDI A., 1927 - *I querceti del Chianti*. L'Alpe, 14 (4): 108-113.
- MONDINO G.P., BERNETTI G., 1998 - *I tipi forestali*. In: Boschi e macchie della Toscana. Regione Toscana, 358 p.
- PARDI F., 2000 - *Il Chianti. Quadro geografico e paesaggio storico*. In: Il Chianti Fiorentino. Un progetto per la tutela del paesaggio. A cura di P Baldeschi, Laterza Ed.: 137:162.
- PIUSSI P., 1994 - *Selvicoltura generale*. Scienze Forestali e ambientali. UTET, Torino 421 p.
- PONTECORVO G., 1932 - *Pratomagno e Appennino Casentinese*. Tipografia Ricci, Firenze. www.lamma.rete.toscana.it/ita/clima/New/siena/siena.

Cambiamenti nella diversità della vegetazione in seguito a diversi tipi di matricinatura in boschi di cerro.[§]

Elisa Baragatti^{*}, Luisa Frati¹, Alessandro Chiarucci¹

Accettato il 6 luglio 2006

Riassunto – Lo scopo di questo studio è stato quello di indagare come diverse tipologie di ceduzione possano incidere sul numero di specie e sulla composizione floristica di un bosco. La ricerca è stata effettuata in un bosco a prevalenza di *Quercus cerris* nella zona di Fontalcinaldo (Comune di Massa Marittima, Toscana meridionale). L'area è stata sottoposta a quattro diversi tipi di trattamento selvicolturale: taglio raso, taglio con rilascio di 50 matricine/ha, taglio con rilascio di 140 matricine/ha e taglio con rilascio di matricine a gruppi. I rilevamenti floristici sono stati effettuati a due diverse scale spaziali: 300 m² e 0.25 m². I risultati mostrano che il taglio del bosco favorisce l'entrata di specie annuali e non forestali. Tali specie sono favorite in modo maggiore da quei trattamenti che tendono ad aprire di più la copertura delle chiome del bosco. Il recupero delle specie forestali è più rapido nelle aree dove viene meno alterato l'ecosistema umido e ombroso del bosco, ossia il trattamento 140 matricine/ha. La matricinatura a gruppi è resa particolare dal fatto che in essa possono trovare vantaggio sia le specie non forestali sia quelle forestali. In vista di una gestione del bosco il più possibile compatibile con la diversità vegetale è da escludere la gestione a raso, che incrementa il numero di specie, ma crea disequilibri nell'habitat forestale. Nel complesso l'eterogeneità floristica dei diversi trattamenti è bassa e col passare del tempo, i valori di β -diversità dei vari trattamenti tendono ad uniformarsi, facendo pensare ad un ritorno alla situazione precedente al taglio. Il rilascio di una matricinatura e un sistema forestale disetaneo possono favorire ambienti strutturali differenti e quindi la creazione di microhabitat che assicurano la persistenza di specie sensibili all'apertura delle chiome degli alberi e al disturbo.

Parole chiave: *trattamenti selvicolturali, α -diversità, β -diversità, specie forestali, specie non forestali.*

Abstract – *Changes in vegetation diversity under different silvicultural managements in a Quercus cerris forest.* The aim of this study was to understand how different coppicing treatments influence the number and species composition of a forest. The study was performed in a *Quercus cerris* stand in Fontalcinaldo (Massa Marittima municipality, South Tuscany). The area was managed in four different ways: clearcutting, coppicing with 50 standards/ha, coppicing with 140 standards/ha and coppicing with grouped standards. Samplings were made according to two different scales: 300 m² and 0.25 m² plots. Results show that annual and non forest species are advantaged by forest logging. Silvicultural management which opens canopy gaps supports these kind of species. Forest species benefit the shaded and wet environment as in the 140 standards/ha release. Grouped standard release favours both forest and non forest species. Clear-cutting increases the number of species, but has a heavier negative impact on the forest habitat, affecting more than the other treatments the species composition. Compositional heterogeneity was low and already five years later it was almost the same for each type of coppicing, it suggesting that the recovery of the situation before cutting was rather fast. Silvicultural alternatives to clear-cutting and even-aged management favour structurally diverse environments to create microhabitats that ensure the persistence of canopy-dependent and disturbance-sensitive plant species.

Key words: *silvicultural managements, α -diversity, β -diversity, forest species, non forest species.*

F.D.C. 221: 176.1 Quercus cerris (450.52)

Premessa

La recente presa di coscienza circa la perdita di diversità biologica ha determinato un incremento della domanda di conservazione e di gestione oculata degli ecosistemi, in modo da prevenire, o perlomeno ridurre, la scomparsa della loro ricchezza e composizione di specie originali. In campo forestale, la necessità di gestire le foreste con finalità anche conservazionistiche ha dato luogo a politiche gestionali che implicano

il monitoraggio degli ecosistemi forestali e le conseguenze su di loro dei cambiamenti ambientali (NIEMELÄ *et al.* 2005; ANONIMO 1994).

La selvicoltura tradizionale basa le proprie scelte decisionali prevalentemente finalizzandole alla produzione legnosa e alla sua utilizzazione. La selvicoltura moderna cerca di perseguire l'obiettivo produttivo anche mediante il mantenimento della complessità e dell'efficienza del sistema foresta, incluso la conservazione della sua biodiversità (CIANCIO 1999). Per

[§] Lavoro svolto nell'ambito del progetto "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e culturale di differenti modalità di matricinatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno" promosso e finanziato dall'ARSA-REGIONE TOSCANA e coordinato dall'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo. Il lavoro è stato svolto dagli autori in parti uguali.

^{*} Autore corrispondente baragatti3@unisi.it

¹ Dipartimento Scienze Ambientali "G. Sarfatti" – Via Mattioli, 4 – 53100 Siena (Italy) T. +39 0577235408, fax +39 0577232896.

questi motivi, è necessaria un'integrazione a scale notevolmente maggiori (CLAUSER 2002). Secondo questi criteri generali, quindi, la gestione del bosco si deve svolgere nel rispetto delle regole che condizionano il dinamismo e la stabilità degli ecosistemi forestali, non solo per quanto riguarda il mantenimento o il dinamismo verso modelli ritenuti colturalmente più vantaggiosi ma anche per il raggiungimento di obiettivi più generali di salvaguardia ambientale.

Il taglio del bosco, al pari di altri tipi di disturbo che rimuovono tutta la biomassa forestale quali l'incendio, crea modificazioni forti in un ecosistema forestale, con impatti sui processi idrologici e biogeochimici. Come risultato del taglio aumenta la radiazione solare, cambia la temperatura e la circolazione del vento, con conseguenza anche sulla decomposizione della lettiera e la disponibilità dei nutrienti (HANNERZ e HÄNELL 1997). Questi effetti sull'ecosistema forestale si ripercuotono anche sulla flora forestale, determinando cambiamenti importanti nella sua composizione e diversità (PIGNATTI e PIGNATTI 1968). Il mantenimento della copertura, ombreggiando il suolo, stabilizza la luce, la temperatura e l'ambiente idrogeologico, fattori che controllano il ciclo biogeochimico, favorendo la germinazione dei semi e incoraggiando la rigenerazione (COOPER - ELLIS *et al.* 1999).

I sistemi selvicolturali sviluppati negli ultimi decenni sono basati sul presupposto che la conservazione dei *pattern* di diversità e dei processi ecologici sia maggiore quando il disturbo provocato dalla gestione simula il più possibile il disturbo che avviene in condizioni naturali (GILLIS 1990). Esistono, tuttavia, pochi studi sperimentali che comparano come differenti modalità di ceduzione si ripercuotano sulla composizione e la diversità della flora forestale. In Italia ricordiamo il progetto TRANSFORM sui boschi cedui dell'Umbria, che ha monitorato l'impatto nel tempo di diversi trattamenti forestali sull'ecosistema forestale (FERRETTI *et al.* 2002) e lo studio sulla cronosequenza del processo di rigenerazione del ceduo di faggio nelle Marche (MEROLLI *et al.* 2005).

La sostenibilità di talune gestioni selvicolturali è stata anche indagata da DECOCQ *et al.* (2004), il quale ha cercato di capire quale di queste tipologie sia più vicina ad una situazione naturale per la conservazione della biodiversità.

Scopo del presente contributo è stato quello di analizzare le relazioni tra trattamento selvicolturale e cambiamenti della composizione floristica, cioè

valutare come diverse tipologie di ceduzione si ripercuotano sulla composizione in specie della flora presente entro cenosi forestali di cerro nei primi anni dal disturbo.

Materiali e Metodi

Area di studio

L'area di studio è situata in una foresta demaniale regionale in località Fontalcinaldo, comune di Massa Marittima (Toscana meridionale), ad un'altitudine di circa 625 m s.l.m. In quest'area sono presenti cenosi forestali a dominanza di *Quercus cerris* di varia età, struttura e composizione. Nel 2000 è stata selezionata un'area di studio, relativamente omogenea, situata in un versante esposto a NNE e debolmente inclinato. All'interno di quest'area, sono state delimitate 7 unità sperimentali, di 50 x 50 m ciascuna, nelle quali sono stati applicati 4 diversi tipi di ceduzione: taglio raso (d'ora in poi chiamato "raso"), taglio con rilascio di 50 matricine/ha ("50 ma/ha"), taglio con rilascio di 140 matricine/ha ("140 ma/ha") e taglio con rilascio di matricine a gruppi ("gruppi"). Ogni tipo di trattamento è stato applicato a 2 unità sperimentali, con l'eccezione del taglio raso che è stato applicato ad una sola unità.

Campionamento

All'interno di ciascuna unità sperimentale, il campionamento della vegetazione, iniziato un anno dopo la ceduzione, è stato effettuato in un'area centrale di 300 m² (30x10 m), denominata "plot vegetazionale" (Figura 1), per evitare ogni possibile effetto margine. Il lato lungo di ciascun plot vegetazionale (30 m) è stato orientato perpendicolarmente alla pendenza del versante. Ciascun plot vegetazionale è stato, a sua volta, suddiviso in 3 strisce parallele al lato lungo: una striscia centrale di 3 m di larghezza e 2 strisce laterali, situate immediatamente a monte e a valle di questa, di 3.5 m di larghezza ciascuna.

All'interno di ciascun plot vegetazionale, sono stati campionati 20 *subplot* di 0.25x1 m, localizzati secondo una procedura casuale ristretta. I *subplot* sono stati mantenuti per i 5 anni di campionamento. 6 *subplot* sono stati localizzati nella striscia centrale, mentre altri 7 in ciascuna delle 2 strisce laterali, proporzionalmente alla loro superficie. Quindi, durante ciascun anno di monitoraggio, (2001-2005) sono stati utilizzati 140 *subplot* in totale, nei quali sono stati registrati:

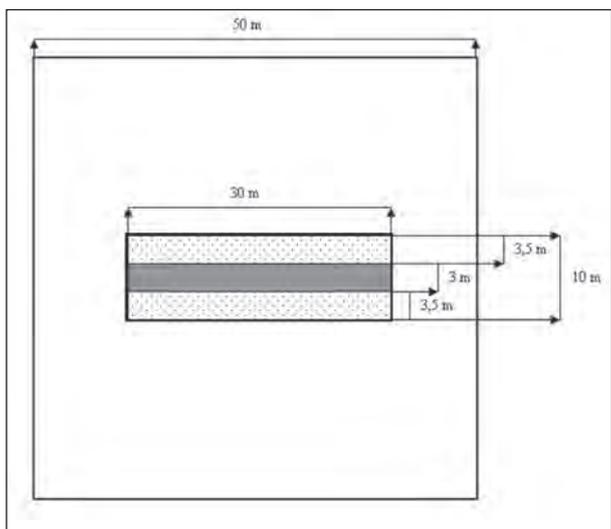


Figura 1 - Forma e organizzazione di ciascuna delle 7 unità sperimentali materializzate nel ceduo di cerro a Fontalcinaldo: l'intera unità sperimentale oggetto di trattamento (50x50 m), il *plot* vegetazionale (30x10 m). I 20 *subplot* all'interno del *plot* vegetazionale non sono stati rappresentati.
Shape and organisation of each of the 7 sampling units in the Turkey oak coppice of Fontalcinaldo: the whole sampling area subjected to silvicultural treatment (50x50 m) and the vegetation plot (30x10 m). The 20 subplots used for recording vegetation are not showed in the figure.

- la ricchezza in specie, elencando tutte le specie di piante vascolari presenti al momento del rilievo effettuato nel periodo di massimo vegetativo (fine giugno);
- la frequenza spaziale di ciascuna specie, calcolata mediante la divisione del subplot in 10 cellette di 10x25 cm;

Al fine di ottenere un'immagine più dettagliata della ricchezza floristica e delle sue modificazioni nel tempo, sono state censite anche tutte le altre specie presenti all'interno del *plot* vegetazionale e non riscontrate nei *subplot*. I campioni vegetali raccolti durante i 5 anni di rilevamento sono stati identificati in laboratorio, essiccati e conservati presso l'erbario

del Dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti" dell'Università di Siena. La nomenclatura dei *taxa* subgenerici (d'ora in avanti solo "specie" per semplicità) è in accordo con PIGNATTI (1982).

Analisi dei dati

I dati raccolti in campagna sono stati inseriti in una banca dati informatizzata. L' α -diversità, ossia la diversità specifica a scala locale, è stata quantificata mediante il numero di specie, sia a scala di *plot* vegetazionale che a scala di *subplot*. La β -diversità è stata calcolata utilizzando: a) valori medi dell'indice di dissimilarità di Sørensen (1-Sørensen), che fornisce una misura di eterogeneità nella composizione floristica tra siti (MAGURRAN 2003); in particolare, usando un indice di dissimilarità floristica, si ha una β -diversità bassa quando l'indice mostra valori bassi (prossimi a 0) e una β -diversità alta quando l'indice mostra valori alti (prossimi a 1). I dati di α -diversità (numero di specie o ricchezza specifica) e di β -diversità a scala di *plot* vegetazionale e di *subplot* sono stati trattati statisticamente mediante ANOVA ad 1-VIA e ANOVA a misure ripetute. Le medie delle due repliche dei trattamenti 50 ma/ha, 140 ma/ha e gruppi sono state confrontate con l'unico valore del raso. I dati relativi all' α -diversità delle specie non forestali, vista l'esigua quantità di dati, sono stati trattati utilizzando il test non parametrico di Kruskal-Wallis. I valori di α e β diversità a scala di *subplot*, tra i vari anni e trattamenti, sono stati confrontati mediante il test di Tukey per n diseguali.

Risultati

Analisi della lista floristica

Nei cinque anni di rilevamento nel totale delle 7 unità sperimentali sono state riscontrate in totale 196 specie di piante vascolari (Tabella 1).

Tabella 1 - Elenco alfabetico delle specie riscontrate nel sito di Fontalcinaldo nei cinque anni di studio: F = specie forestali, NF = specie non forestali.
List of species recorded in the Fontalcinaldo site: F = forest species, NF = non forest species.

<i>Acer campestre</i> L.	F	<i>Asphodelus albus</i> Miller	F
<i>Acinos arvensis</i> (Lam.) Dandy	F	<i>Brachypodium rupestre</i> (Host) R. et S.	F
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	F	<i>Brachypodium sylvaticum</i> (Hudson) Beauv.	F
<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	NF	<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	F
<i>Aira intermedia</i> Guss.	F	<i>Campanula rapunculcus</i> L.	F
<i>Ajuga reptans</i> L.	F	<i>Cardamine hirsuta</i> L.	F
<i>Anagallis arvensis</i> L.	F	<i>Carduus pycnocephalus</i> L.	F
<i>Andryala integrifolia</i> L.	F	<i>Carex flacca</i> Schreber	F
<i>Anemone nemorosa</i> L.	F	<i>Centauria bracteata</i> Scop.	F
<i>Anthemis tinctoria</i> L.	F	<i>Centaurium erythraea</i> Rafn	F
<i>Anthericum liliago</i> L.	F	<i>Cephalanthera longifolia</i> (Hudson) Fritsch	F
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	F	<i>Cerastium sylvaticum</i> W. et K.	F
<i>Arbutus unedo</i> L.	F	<i>Cichorium intybus</i> L.	F
<i>Aremonia agrimonoides</i> (L.) DC.	F	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	F

continua dalla pagina precedente
 continues from previous page

<i>Cistus incanus</i> L.	F	<i>Medicago lupulina</i> L.	NF
<i>Cistus salvifolius</i> L.	F	<i>Melica uniflora</i> Retz.	F
<i>Clematis vitalba</i> L.	F	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pallas	F
<i>Clinopodium vulgare</i> L.	F	<i>Melittis melissophyllum</i> L.	F
<i>Coryza albida</i> Willd.	NF	<i>Mespilus germanica</i> L.	F
<i>Cornus mas</i> L.	F	<i>Molinia arundinacea</i> Schrank	F
<i>Cornus sanguinea</i> L.	F	<i>Oenanthe pimpinelloides</i> L.	F
<i>Coronilla emerus</i> L.	F	<i>Onobrychis vicifolia</i> Scop.	NF
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	F	<i>Orchis maculata</i> L.	F
<i>Crepis leontodontoides</i> All.	F	<i>Ostrya carpinifolia</i> Scop.	F
<i>Crepis</i> sp.	F	<i>Osyris alba</i> L.	F
<i>Cruciata glabra</i> (L.) Ehrend.	F	<i>Petasites hybridus</i> (L.) Gaertn., Meyer et Sch.	F
<i>Cuscuta epithymum</i> (L.) L.	NF	<i>Pheum pratense</i> L.	NF
<i>Cyclamen repandum</i> S. et S.	F	<i>Physospermum cornubiense</i> (L.) DC.	F
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	F	<i>Picris echioides</i> L.	F
<i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link	F	<i>Picris hieracioides</i> L.	F
<i>Dactylis glomerata</i> L.	F	<i>Plantago lanceolata</i> L.	NF
<i>Dactylis hispanica</i> Roth	F	<i>Plantago major</i> L.	F
<i>Danthonia decumbens</i> (L.) DC.	F	<i>Plantago media</i> L.	F
<i>Daphne laureola</i> L.	F	<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rchb.	F
<i>Daucus carota</i> L.	F	<i>Poa sylvicola</i> Guss.	F
<i>Digitalis micrantha</i> Roth	F	<i>Poa violacea</i> Bellardi	F
<i>Dorycnium hirsutum</i> (L.) Ser.	F	<i>Polygala flavescens</i> DC.	F
<i>Dorycnium pentaphyllum</i> Scop.	F	<i>Polygala vulgaris</i> L.	F
<i>Echium italicum</i> L.	F	<i>Polypodium vulgare</i> L.	F
<i>Erica arborea</i> L.	F	<i>Populus nigra</i> L.	F
<i>Erica scoparia</i> L.	F	<i>Potentilla erecta</i> (L.) Rauschel	F
<i>Euonymus europaeus</i> L.	F	<i>Potentilla hirta</i> L.	F
<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	F	<i>Potentilla micrantha</i> Ramond	F
<i>Euphorbia cyparissias</i> L.	F	<i>Primula vulgaris</i> Hudson	F
<i>Euphorbia dulcis</i> L.	F	<i>Prunella laciniata</i> (L.) L.	F
<i>Festuca heterophylla</i> Lam.	F	<i>Prunella vulgaris</i> L.	F
<i>Filipendula vulgaris</i> Moench	F	<i>Prunus avium</i> L.	F
<i>Fragaria vesca</i> L.	F	<i>Prunus spinosa</i> L.	F
<i>Fraxinus ornus</i> L.	F	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	F
<i>Fumaria officinalis</i> L.	F	<i>Pulicaria dysenterica</i> (L.) Bernh.	F
<i>Galium album</i> Miller	F	<i>Pyrus pyraeaster</i> Burgsd.	F
<i>Gastidium ventricosum</i> (Gouan) Sch. et Th.	F	<i>Quercus cerris</i> L.	F
<i>Genista germanica</i> L.	F	<i>Quercus ilex</i> L.	F
<i>Genista pilosa</i> L.	F	<i>Quercus robur</i> L.	F
<i>Genista tinctoria</i> L.	F	<i>Ranunculus lanuginosus</i> L.	F
<i>Geranium pyrenaicum</i> Burm. f.	F	<i>Ranunculus nemorosus</i> DC.	F
<i>Geranium robertianum</i> L.	F	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	F
<i>Geum urbanum</i> L.	F	<i>Rosa canina</i> L. sensu Bouleng.	F
<i>Hedera helix</i> L.	F	<i>Rosa sempervirens</i> L.	F
<i>Helianthemum nummularium</i> (L.) Miller	F	<i>Rubia peregrina</i> L.	F
<i>Helleborus foetidus</i> L.	F	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	F
<i>Helleborus odorus</i> W. et K.	F	<i>Ruscus aculeatus</i> L.	F
<i>Hieracium piloselloides</i> Vill.	NF	<i>Senecio sylvaticus</i> L.	F
<i>Hieracium sylvaticum</i> (L.) L.	F	<i>Serratula tinctoria</i> L.	F
<i>Holcus lanatus</i> L.	F	<i>Smilax aspera</i> L.	F
<i>Hypericum perforatum</i> L.	F	<i>Solidago virgaurea</i> L.	F
<i>Hypochoeris achyrophorus</i> L.	NF	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	NF
<i>Hypochoeris radicata</i> L.	F	<i>Sorbus domestica</i> L.	F
<i>Ilex aquifolium</i> L.	F	<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz	F
<i>Inula conyza</i> DC.	NF	<i>Spartium junceum</i> L.	F
<i>Inula viscosa</i> (L.) Aiton	NF	<i>Stachys officinalis</i> (L.) Trevisan	F
<i>Juncus conglomeratus</i> L.	F	<i>Symphitum officinale</i> L.	F
<i>Juniperus communis</i> L.	F	<i>Symphitum tuberosum</i> L.	F
<i>Lactuca serriola</i> L.	NF	<i>Tanacetum corymbosum</i> (L.) Sch.-Bip.	F
<i>Lathyrus annuus</i> L.	F	<i>Taraxacum officinale</i> Weber (aggregato)	F
<i>Lathyrus hirsutus</i> L.	F	<i>Teucrium chamaedrys</i> L.	F
<i>Lathyrus niger</i> (L.) Bernh.	F	<i>Teucrium scorodonia</i> L.	F
<i>Lathyrus sphaericus</i> Retz.	NF	<i>Thymus vulgaris</i> L.	F
<i>Lathyrus sylvestris</i> L.	F	<i>Trifolium arvense</i> L.	F
<i>Lathyrus venetus</i> (Miller) Wohlf.	F	<i>Trifolium campestre</i> Schreber	F
<i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.	F	<i>Trifolium medium</i> L.	F
<i>Leontodon hispidus</i> L.	F	<i>Trifolium ochroleucum</i> Hudson	F
<i>Leontodon</i> sp.	F	<i>Trifolium pratense</i> L.	NF
<i>Leontodon villarsii</i> (Willd.) Loisel.	F	<i>Trifolium repens</i> L.	F
<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	F	<i>Trifolium spumosum</i> L.	F
<i>Ligustrum vulgare</i> L.	F	<i>Tussilago farfara</i> L.	F
<i>Lilium bulbiferum</i> L.	F	<i>Ulmus minor</i> Miller	F
<i>Listera ovata</i> (L.) R.Br.	F	<i>Veronica arvensis</i> L.	NF
<i>Lolium perenne</i> L.	F	<i>Veronica officinalis</i> L.	F
<i>Lonicera caprifolium</i> L.	F	<i>Vicia bithynica</i> (L.) L.	F
<i>Lonicera etrusca</i> Santi	F	<i>Vicia cracca</i> L.	F
<i>Lonicera implexa</i> Aiton	F	<i>Vicia hirsuta</i> (L.) S.F.Gray	F
<i>Lotus corniculatus</i> L.	NF	<i>Vicia peregrina</i> L.	F
<i>Luzula forsteri</i> (Sm.) DC.	F	<i>Vicia sativa</i> L.	F
<i>Luzula sylvatica</i> (Hudson) Gaudin	F	<i>Vicia sepium</i> L.	F
<i>Lysimachia punctata</i> L.	F	<i>Viola alba</i> Besser	F
<i>Malus sylvestris</i> Miller	F	<i>Viola reichenbachiana</i> Jordan ex Boreau	F
<i>Matricaria chamomilla</i> L.	NF	<i>Xeranthemum cylindraceum</i> S. et S.	F

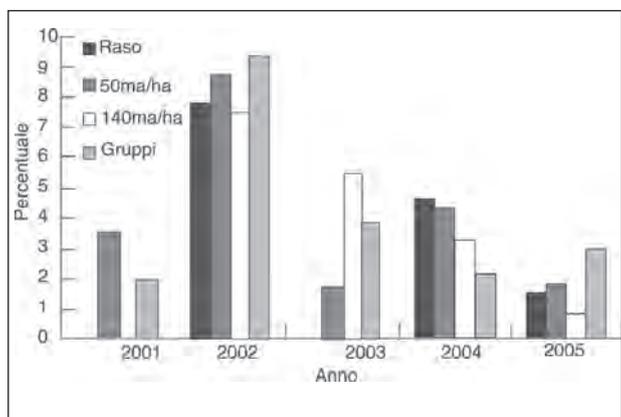


Figura 2 - Percentuale di specie annuali (terofite) riscontrate nei *plot* vegetazionali, nei vari tipi di trattamento selvicolturali, nel ceduo a cerro di Fontalcinaldo.
 Percentage of annual species recorded in the vegetation plots in the different types of treatment in the Turkey oak coppice of Fontalcinaldo.

Per la maggior parte (175 specie, pari all'89.8% del totale) si tratta di specie propriamente o prevalentemente forestali. 21 specie sono classificabili come non forestali e tra queste sono state riscontrate due specie esotiche: *Conyza albida* Willd., proveniente dall'America tropicale e *Inula conyza* DC., proveniente dall'Europa Medio-orientale e Asia Occidentale. Entrambe queste specie, comuni su terreni aridi e incolti, sono comparse nel 2002 e sono scomparse entro un anno (*I. conyza*) o due anni (*C. albida*) dal processo di ceduzazione. Inoltre, dall'anno 2002 è aumentata in misura importante (7.4 – 9.3% delle specie totali) la presenza delle specie annuali (Figura 2), a conferma dell'ingresso di specie propriamente non forestali. Dall'anno successivo la percentuale di specie annuali ha iniziato a diminuire in modo progressivo, per tutti i trattamenti.

Analisi dell' α -diversità

Nel primo anno dopo la ceduzazione (2001) sono state osservate solo 71 specie in totale, ma questo valore ha mostrato un deciso aumento negli anni successivi. Infatti, nel 2002 sono state registrate 122 specie e tale numero è aumentato nei due anni successivi, per iniziare a ridursi solo nel 2005 (Tabella 2).

Il numero di specie presenti a scala di intero *plot* vegetazionale, nei diversi tipi di trattamento, è mostrato in tabella 2. Nel primo anno dopo il trattamento selvicolturale (2001), il numero di specie ha mostrato una variazione tra un minimo di 24.5 specie nel trattamento a "gruppi" e un massimo di 36

specie nel trattamento "raso". La maggiore ricchezza specifica, del taglio raso è rimasta costante per tutti gli anni successivi. Nel 2002, si è verificato un deciso incremento del numero di specie, in tutti i tipi di trattamento e nel seguente ordine: raso > 50 ma/ha > gruppi > 140 ma/ha. Nel 2003 il numero di specie presenti nei *plot* vegetazionali è diminuito in tutti i trattamenti eccetto che per le aree 140 ma/ha. Nel 2004 i *plot* trattati a gruppi hanno mostrato una leggera diminuzione della ricchezza specifica mentre gli altri tre trattamenti hanno evidenziato un leggero aumento di questo parametro. Nell'anno successivo (2005) è stata osservata una tendenziale stabilità.

In generale (senza considerare il tipo di trattamento), a scala di *plot* vegetazionale, la percentuale di specie non propriamente forestali è aumentata il secondo anno dopo le operazioni di ceduzazione (2002), è rimasta abbastanza costante nel 2003 ed è diminuita nel 2004 e 2005, anche se tutti gli anni hanno mostrato grandi valori di variabilità (Figura 3). Le differenze osservate tra i diversi anni sono risultate statisticamente significative (ANOVA di Kruskal-Wallis, $p < 0.05$).

Subplot

La ricchezza specifica a scala di *subplot* ha mostrato un andamento simile a quello riscontrato a scala di *plot* vegetazionale, anche se la tendenza alla stabilizzazione osservata negli ultimi anni è risultata meno marcata e i *subplot* campionati nelle aree sottoposte a taglio raso sembrano mostrare un costante aumento (Tabella 3). L'anno 2004 ha rappresentato un punto di discordanza fra due gruppi di tipi di intervento: i trattamenti a taglio a raso e con rilascio di 50 ma/ha hanno fatto registrare un nuovo aumento del numero di specie, mentre nelle aree trattate con rilascio di 140 ma/ha e a gruppi è stata osservata una diminuzione. Tali differenze non sono risultate significative (Tabella

Tabella 2 - Numero di specie totale e per tipo di trattamento (di cui specie non forestali tra parentesi) riscontrate nell'intera area del *plot* vegetazionale nei cinque anni di rilevamento.
 Total number of species and species number by treatment (not forest species bracketed) recorded in the vegetation plot in each year of sampling.

Anno	Numero totale di specie	Raso	50 ma/ha	140 ma/ha	Gruppi
2001	71	36 (3)	28 (3)	25 (3)	24.5 (3)
2002	122	77 (6)	63 (10)	47 (8)	53.5 (7)
2003	128	63 (5)	56 (9)	55 (11)	51.5 (8)
2004	129	64 (7)	57.5 (10)	61 (6)	46.5 (3)
2005	120	66 (4)	53 (7)	58.5 (3)	50 (7)

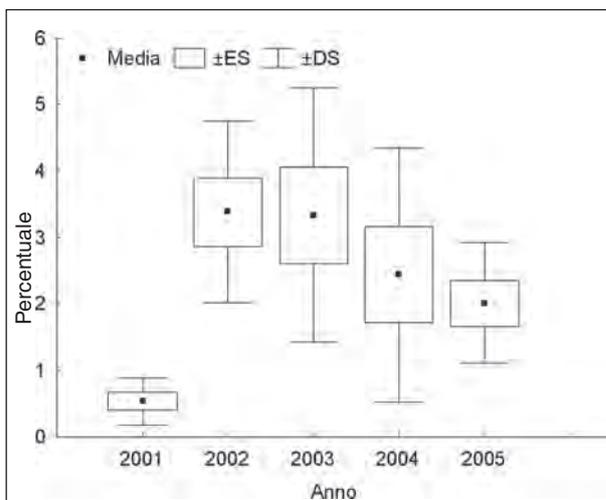


Figura 3 - *Plot di Box e Whisker della percentuale di specie non forestali riscontrate nei cinque anni di studio, a scala di plot vegetazionale nel ceduo di cerro a Fontalcinaldo.*
Box and Whisker plot of the percentage of non forest species during the five years of the study, at the vegetation plot scale, in the Turkey oak coppice of Fontalcinaldo.

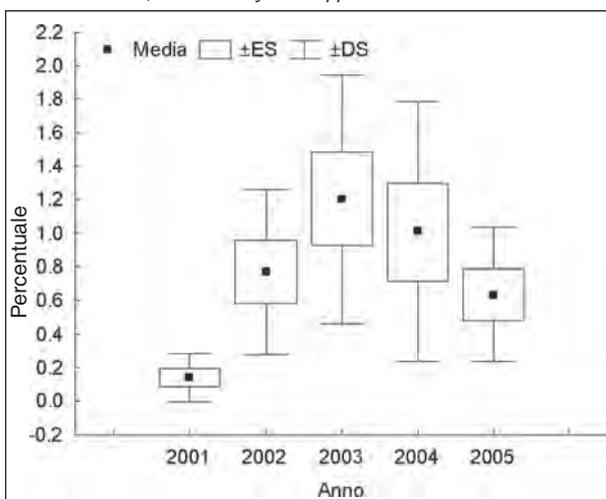


Figura 4 - *Plot di Box e Whisker della percentuale di specie non forestali rilevate nei cinque anni di studio, a scala di subplot nel ceduo di cerro a Fontalcinaldo.*
Box and Whisker plot of the percentage of non forest species during the five years of the study at the subplot scale in the Turkey oak coppice of Fontalcinaldo.

3). Nel 2005, tutte le aree hanno mostrato un arricchimento in numero di specie.

L'ANOVA a misure ripetute (Tabella 4) mostra che le differenze in numero di specie sono significative tra tipi di taglio e anche tra anni di trattamento. Anche l'interazione tra questi due fattori è significativa, a conferma della diversa risposta dei tipi di trattamento negli anni.

Per la percentuale di specie non forestali (Figura 4)

Tabella 3 - Numero medio (\pm deviazione standard) di specie nel ceduo di cerro a Fontalcinaldo a scala di subplot nei 5 anni di studio e per ciascun tipo di trattamento: i valori con la lettera diversa sono risultati significativamente diversi secondo il test di Tukey per n diseguali ($p < 0.05$).

Mean number species (\pm standard deviation) at the subplot scale in the Turkey oak coppice of Fontalcinaldo during the five years of the study and for the different types of forest management: values with different letters are statistically different (according to the Tukey test: for unequal n at $p < 0.05$).

Tipo di taglio	2001	2002	2003	2004	2005
Raso	3.0 \pm 2.3 ^{ab}	5.9 \pm 3.4 ^{cdefg}	5.1 \pm 5.2 ^{abcdef}	6.9 \pm 6.9 ^{cdefg}	7.7 \pm 7.7 ^{efg}
50 ma/ha	4.2 \pm 2.1 ^{abc}	6.3 \pm 2.8 ^{defg}	5.7 \pm 3.0 ^{cdef}	6.2 \pm 2.1 ^{def}	6.9 \pm 2.0 ^{efg}
140 ma/ha	4.8 \pm 1.8 ^{bcd}	8.2 \pm 2.7 ^g	6.9 \pm 2.5 ^{efg}	5.9 \pm 2.3 ^{cdef}	7.3 \pm 2.0 ^{fg}
Gruppi	2.6 \pm 1.6 ^a	5.2 \pm 2.5 ^{bcd}	5.3 \pm 2.6 ^{bcd}	4.9 \pm 2.2 ^{bcd}	5.7 \pm 2.5 ^{cdef}

Tabella 4 - Risultati dell'ANOVA a misure ripetute effettuata sul numero di specie a scala di subplot nel ceduo di cerro a Fontalcinaldo.

Results of the repeated measure ANOVA for the number of species at the subplot scale in the Turkey oak coppice of Fontalcinaldo

	SS	Gradi di libertà	MS	F	p
Intercetta	21289.00	1	21289.00	3511.587	0.000000
Tipo di Taglio	360.53	3	120.18	19.823	0.000000
Errore	824.50	136	6.06		
Anno	791.91	4	197.98	34.689	0.000000
Anno * Tipo di Taglio	149.43	12	12.45	2.182	0.011434
Errore	3104.70	544	5.71		

si nota a scala di subplot un andamento simile a quello osservato a scala di intero plot vegetazionale (Figura 3). Inoltre, anche in questo caso, le differenze osservate tra i diversi anni sono risultate statisticamente significative (ANOVA di Kruskal-Wallis, $p < 0.05$). Considerando i singoli anni di rilevamento, non è stata trovata alcuna differenza significativa nel numero di specie non forestali tra i diversi tipi di trattamento (ANOVA di Kruskal-Wallis, $p > 0.05$).

Analisi della β -diversità *Plot vegetazionale*

La β -diversità nell'intera area di Fontalcinaldo non è risultata molto elevata, come dimostrato dai bassi valori dell'indice di dissimilarità di Sørensen (β_{1-s}) (Figura 5), che indicano una composizione specifica molto simile tra i vari plot vegetazionali. La β -diversità dei plot vegetazionali è risultata significativamente

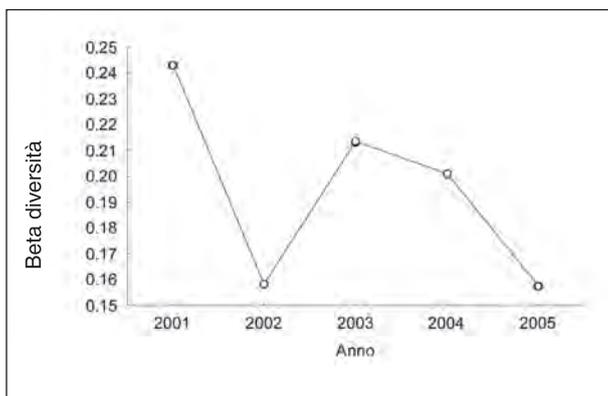


Figura 5 - Il grafico rappresenta l'andamento dell'eterogeneità fra i *plot* vegetazionali nei cinque anni nel ceduo di cerro a Fontalcinaldo: ○ β -diversità calcolata con 1-Sørensen (β_{1-S}).
Trend of vegetation heterogeneity at the vegetation plot scale in five years in the Turkey oak coppice of Fontalcinaldo: ○ β -diversity 1-Sørensen (β_{1-S}).

	SS	Gradi di libertà	MS	F	p
Intercetta	2251.667	1	2251.667	31986.51	0.00
Tipo di Taglio	55.210	3	18.403	261.43	0.00
Errore	162.118	2303	0.070		
Anno	31.469	4	7.867	129.50	0.00
Anno *Tipo di Taglio	57.167	12	4.764	78.42	0.00
Errore	559.642	9212	0.061		

Tabella 5 - Risultati dell'ANOVA a misure ripetute effettuata sui dati relativi alla β -diversità a scala di *subplot* nel ceduo di cerro a Fontalcinaldo.
Repeated Measures ANOVA results of β -diversity at the subplot scale in the Turkey oak coppice of Fontalcinaldo.

Tipo di taglio	2001	2002	2003	2004	2005
Raso	0.75 ± 0.31 ^a	0.68 ± 0.25 ^{bc}	0.69 ± 0.27 ^{ab}	0.69 ± 0.23 ^{ab}	0.55 ± 0.21 ^{ef}
50 ma/ha	0.39 ± 0.30 ⁱ	0.418 ± 0.20 ^{hi}	0.55 ± 0.28 ^{ef}	0.55 ± 0.27 ^{ef}	0.51 ± 0.21 ^{fg}
140 ma/ha	0.36 ± 0.31 ⁱ	0.30 ± 0.24 ^m	0.44 ± 0.26 ^{hi}	0.68 ± 0.26 ^{ab}	0.50 ± 0.20 ^{fg}
Gruppi	0.61 ± 0.33 ^{cd}	0.41 ± 0.19 ^{il}	0.61 ± 0.28 ^{ab}	0.56 ± 0.28 ^{ef}	0.49 ± 0.24 ^{gh}

Tabella 6 - Indice di dissimilarità di Sørensen (media ± deviazione standard) a scala di *subplot* nel ceduo di cerro a Fontalcinaldo nei 5 anni tra i diversi tipi di trattamento. I valori con la lettera diversa risultano significativamente diversi secondo il test di Tukey a n diseguali ($p < 0.05$).
Species dissimilarity index of Sørensen (mean ± standard deviation) at the subplot scale during the five years of sampling and among the different types of management. Values with different letters are statistically different (according to the Tukey test for unequal n at $p < 0.05$).

diversa nei cinque anni di studio (ANOVA ad 1-VIA, $p < 0.05$), mostrando la tendenza a diminuire nel tempo.

Subplot

A scala di *subplot*, sono state riscontrate delle differenze elevate nei valori di β -diversità tra i diversi trattamenti, soprattutto durante i primi anni dopo la ceduazione (Figura 6, Tabelle 5 e 6). Durante tutti gli anni di campionamento, l'area a raso ha presentato una β_{1-S} maggiore, mentre nei primi tre anni dopo l'intervento le aree 140 ma/ha hanno mostrato il valore più alto di similarità rispetto agli altri trattamenti. Nel 2002 le aree trattate a gruppi hanno evidenziato una marcata diminuzione dei valori dell'indice di dissimilarità di Sørensen, indicando che dopo il taglio i *subplot* localizzati all'interno di tali aree sono diventati più simili in composizione specifica.

A partire dall'anno 2003, tutte le aree hanno mostrato un grado di eterogeneità via via più simile tra di loro (Tabella 6) fino al 2005, anno in cui il valore di β_{1-S} è risultato compreso in un intervallo, tra 0.59 per il raso e 0.49 per il trattamento a gruppi, suggerendo una sostanziale somiglianza nell'eterogeneità floristica all'interno dei diversi trattamenti.

Inoltre, nell'anno 2004, le aree 140 ma/ha hanno presentato una diminuzione della similarità (Figura 6, Tabella 6). A tale aumento della β -diversità è collegata una diminuzione del numero di specie, come mostrato dal confronto fra la media del numero di specie a scala di *subplot* (Tabella 3) e il valore dell'indice di dissimilarità di Sørensen (Tabella 6).

Le figure 6, 7, mostrano che la β -diversità calcolata utilizzando tutte le specie e quella calcolata a partire da specie prettamente forestali (Tabelle 7 e 8) sono piuttosto simili. Nell'anno 2002 la β_{1-S} dell'area a raso calcolata sulla base delle specie forestali è risultata minore di quella calcolata utilizzando tutte le specie, mentre nel 2004, per il trattamento a gruppi, si è verificata una situazione opposta.

Sia considerando tutte le specie che solo quelle prettamente forestali, il taglio raso è risultato il trattamento che ha determinato la maggiore eterogeneità composizionale.

Discussione

Dai dati analizzati risulta evidente che l' α -diversità è aumentata a partire dalla seconda campagna di rilevamento (2002), durante la quale si registra un picco

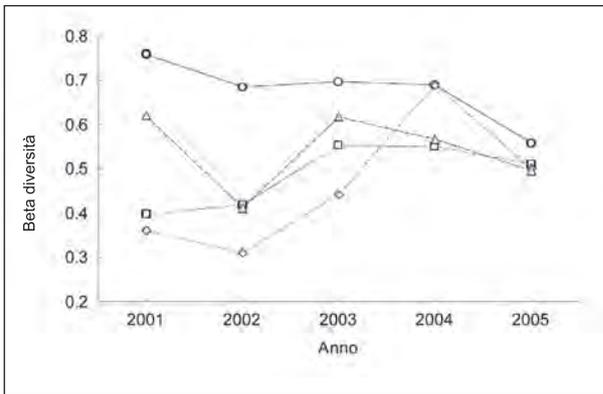


Figura 6 - Andamento della β -diversità calcolata con 1-Sørensen ($\beta_{1,S}$), nei cinque anni di rilevamento in base al tipo di trattamento effettuato nel ceduo di cerro a Fontalcinaldo a scala di subplot: ○ raso □ 50 ma/ha, ◇ 140 ma/ha Δgruppi. *Trend of β -diversity 1-Sørensen ($\beta_{1,S}$), during the five years of sampling at the subplot scale in the Turkey oak coppice of Fontalcinaldo: ○ clear cutting, □ coppice with 50 standards/ha, ◇ coppice with 140 standards/ha, Δgrouped standards coppice.*

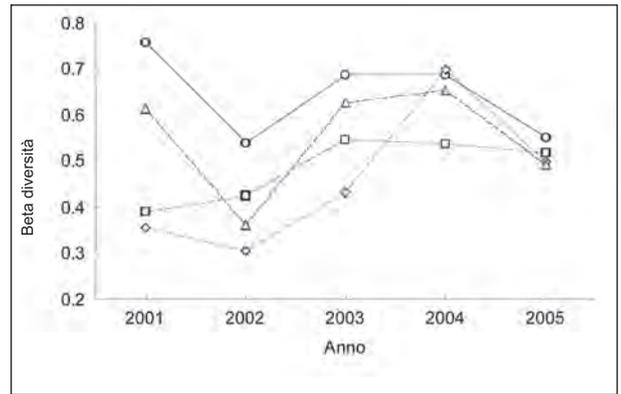


Figura 7 - Andamento della β -diversità calcolata con 1-Sørensen ($\beta_{1,S}$), nei cinque anni di rilevamento in base al tipo di trattamento effettuato nel ceduo di cerro a Fontalcinaldo a scala di subplot considerando le specie ritenute forestali: ○ raso □ 50 ma/ha, ◇ 140 ma/ha, Δgruppi. *Trend of β -diversity 1-Sørensen ($\beta_{1,S}$) of forest species, during the five years of sampling at the subplot scale in the Turkey oak coppice of Fontalcinaldo: ○ clear cutting, □ coppice with 50 standards/ha, ◇ coppice with 140 standards/ha, Δgrouped standards coppice.*

nel numero di specie. Un incremento della diversità specifica dopo la ceduzione è inevitabile, perché il taglio riporta gran parte dell'area della foresta ai primi stadi della successione, favorendo la coesistenza tra specie pioniere e specie forestali (BAWA e SEIDLER 1998). L'importanza delle discontinuità nella copertura delle chiome è ampiamente riconosciuta nella fase di rigenerazione. Già STEWART (1988) affermava che differenti coperture arboree portavano a diversi gradi di sviluppo degli strati sottostanti; la composizione del soprassuolo poteva essere imputata al cambiamento dell'ambiente luminoso dovuto alla perdita della copertura arborea, con conseguente modificazione dell'habitat. Le aperture che si formano con la ceduzione espongono i semi ad un ambiente che favorisce la germinazione e la crescita delle specie pioniere. Le discontinuità permettono la penetrazione della luce solare diretta e delle correnti d'aria con conseguente aumento della temperatura e anche della disponibilità di nutrienti nel suolo (GRACE 1992).

HIDEYUKI (2000), studiando gli effetti provocati dal catastrofico Tifone 9119, notò che la dimensione delle discontinuità può influenzare la risposta delle dinamiche della comunità all'apertura della copertura arborea. Specialmente nelle radure molto ampie, con molti troncamenti, le specie eliofile crescono frequentemente.

Secondo un modello formulato da FRANKLIN (1982), a scala temporale superiore, nell'ordine delle centi-

Tabella 7 - Risultati dell'ANOVA a misure ripetute effettuata sui dati riguardanti la β -diversità considerando le specie forestali a scala di subplot nel ceduo di cerro a Fontalcinaldo. *Repeated Measures ANOVA results of forest species β -diversity at the subplot scale in the Turkey oak coppice of Fontalcinaldo*

	SS	Gradi di libertà	MS	F	p
Intercetta	2257.063	1	2257.063	33100.25	0.00
Tipo di Taglio	42.949	3	14.316	209.95	0.00
Errore	156.289	2292	0.068		
Anno	60.442	4	15.111	249.03	0.00
Anno *Tipo di Taglio	51.475	12	4.290	70.69	0.00
Errore	556.290	9168	0.061		

Tabella 8 - Indice di dissimilarità di Sørensen (media \pm deviazione standard) a scala di subplot nel ceduo di cerro a Fontalcinaldo nei 5 anni tra i diversi tipi di trattamenti considerando solamente le specie forestali. I valori con la lettera diversa risultano significativamente diversi secondo il test di Tukey a n diseguali ($p < 0.05$). *Species dissimilarity index of Sørensen (mean \pm standard deviation) at the subplot scale in the Turkey oak coppice of Fontalcinaldo during the five years of sampling and among the different types of management considering only forest species: values with different letters are statistically different (according to the Tukey test: for unequal n at $p < 0.05$).*

Tipo di taglio	2001	2002	2003	2004	2005
Raso	0.76 \pm 0.31 ^a	0.54 \pm 0.23 ^{efg}	0.69 \pm 0.24 ^b	0.69 \pm 0.24 ^{bc}	0.57 \pm 0.21 ^{def}
50ma/ha	0.39 \pm 0.31 ^h	0.43 \pm 0.22 ^{hi}	0.55 \pm 0.28 ^{ef}	0.53 \pm 0.25 ^f	0.52 \pm 0.21 ^{fg}
140ma/ha	0.36 \pm 0.25 ⁱ	0.31 \pm 0.17 ^m	0.43 \pm 0.20 ^{hi}	0.70 \pm 0.23 ^{ab}	0.51 \pm 0.19 ^{fg}
Gruppi	0.62 \pm 0.33 ^{cd}	0.36 \pm 0.18 ^m	0.59 \pm 0.29 ^{de}	0.67 \pm 0.27 ^b	0.48 \pm 0.24 ^{gh}

naia di anni, nel dinamismo naturale delle foreste, la α -diversità aumenta fino a prima della chiusura delle chiome degli alberi e diminuisce poi fino ai valori più bassi, in corrispondenza della chiusura delle chiome, per aumentare di nuovo in concomitanza di una nuova apertura delle chiome, dovuta a vari fattori.

Nel nostro caso, la diversità specifica comincia a diminuire già dal 2003, ossia nella terza stagione vegetativa dopo la ceduzione, e rimane pressoché costante fino al 2005. Questo risultato sembra suggerire il raggiungimento di un livello di chiusura delle chiome piuttosto elevato già dal terzo anno, perlomeno per quanto riguarda il controllo della flora forestale. Il breve periodo in cui è stato condotto questo studio non permette tuttavia, di definire con certezza l'accrescimento delle chiome degli alberi, tenendo conto che studi effettuati sull'effetto di trattamenti selvicolturali hanno una durata temporale molto maggiore (AMORINI e FABBIO 1988, 1989).

A scala di *subplot* si è osservato un numero relativamente ridotto di specie, a causa della ridotta scala spaziale adottata. È noto che la diversità incrementa in funzione dell'ampiezza dell'area campionata, spesso come risultato di una maggiore eterogeneità ambientale. Incrementando l'area campionata sono inclusi anche altri tipi di habitat con specie differenti (HUSTON 1994; TURNER e TJØRVE 2005).

Per quanto riguarda l' α -diversità dell'intera area di Fontalcinaldo, si nota come dopo il taglio aumentino le specie annuali e quelle non forestali, anche se entrambe tendono a diminuire già durante il quarto e quinto anno di campionamento. Questo risultato suggerisce che l'andamento del numero totale di specie sia dovuto principalmente alle fluttuazioni delle specie non forestali, le quali beneficiano in un primo tempo del taglio del bosco. In questo caso si tratta di specie tipiche di incolti e margini del bosco che beneficiano delle condizioni create dall'apertura nelle chiome in seguito al taglio selvicolturale, con il conseguente aumento di luminosità.

Ad un primo aumento dovuto all'apertura del bosco, le specie non forestali cominciano a diminuire quando le specie prettamente forestali iniziano a ricolonizzare le aree o, comunque, ad aumentare in abbondanza. Nelle condizioni che si creano subito dopo il taglio, le specie non forestali sono favorite da tutti i tipi di trattamento effettuato, ma vengono rapidamente rimpiazzate dalle specie forestali, con particolare rilievo nel trattamento 140 ma/ha. Al con-

trario, nelle aree trattate a 50 ma/h e a gruppi si osserva una maggiore permanenza delle specie non forestali, probabilmente dovuta alla maggiore presenza di luce tra i gruppi di rilascio. Le aree trattate a gruppi possono essere vantaggiose per la conservazione della diversità delle specie forestali, in quanto permettono il mantenimento di queste specie entro i lembi di foresta rilasciati (LINDENMAYER e FRANKLIN 1997). Tuttavia, gli spazi situati tra i lembi sembrano rappresentare uno spazio ideale per le specie non forestali.

Secondo PETERKEN (1999), nei boschi gestiti, le specie forestali, associate a condizioni ambientali caratteristiche di boschi chiusi e lontani dai margini del bosco, riescono a sopravvivere in piccoli frammenti dove tali condizioni vengono mantenute. Questo modello sembrerebbe supportare la matricinatura a gruppi come tipologia d'intervento migliore per garantire la conservazione delle specie forestali in foreste gestite per fini produttivi. Va osservato come la superficie occupata da tali gruppi possa essere un fattore importantissimo per la conservazione di specie forestali in situazioni di taglio. Dato che il numero di specie che possono vivere in un dato habitat è funzione della sua superficie (MAGURRAN 2003; TURNER e TJØRVE 2005) sarebbe utile che questi gruppi coprissero una superficie maggiore possibile.

In alcuni anni non si rilevano differenze significative fra i vari trattamenti (Tabella 3). Un tale risultato è riportato anche in uno studio effettuato nelle foreste tropicali della Tanzania (HUANG *et al.* 2003), dove non sono state trovate differenze significative nel numero di specie fra foreste naturali intatte, foreste sottoposte a taglio, foreste incendiate e foreste in precedenza adibite all'agricoltura.

Lo studio effettuato da COOPER-ELLIS *et al.* (1999), mostra che dopo la distruzione effettuata da un uragano su una foresta di *Quercus rubra* e *Acer rubrum*, vi è un incremento nel numero di specie arbustive ed ebacee, tuttavia un modesto cambiamento nell'abbondanza relativa e nella composizione.

L'eterogeneità dei *plot* vegetazionali dei querceti di Fontalcinaldo è già molto bassa nel 2001, con l'apertura del bosco diminuisce ulteriormente comportando una omogeneizzazione della composizione floristica tra parti della stessa area.

Per quanto riguarda i *plot* vegetazionali, non è possibile affermare quale trattamento influenzi in modo negativo l'eterogeneità, ma a una scala dimensionale più piccola, quella dei *subplot*, le aree a raso sono

certamente quelle con un'eterogeneità maggiore. Inoltre è possibile osservare, considerando i *subplot*, un avvicinamento dei valori di eterogeneità per i trattamenti per l'anno 2005, verso un ipotetico ritorno alla situazione precedente al taglio, dato questo che – purtroppo – non è disponibile.

È interessante notare come ad un incremento del numero di specie e soprattutto di quelle non forestali corrisponda una riduzione della β -diversità. La maggiore eterogeneità si ha quando le specie non forestali cominciano a diminuire (anno 2004).

Ciò è in parziale disaccordo con uno studio effettuato in Slovenia, in foreste naturali e in foreste gestite di *Abies alba* e *Fagus sylvatica*, da BONCINA (2000), dove è stato osservato che la composizione floristica ha un più alto grado di β -diversità e l'abbondanza delle specie è maggiore nelle foreste gestite piuttosto che nelle foreste naturali.

Possiamo affermare tuttavia, in accordo con HALPERN e SPIES (1995), che la pratica storica del taglio a raso minimizza la probabilità che piante strettamente sciafile possano sopravvivere al disturbo dato dal taglio, mentre il rilascio di una matricinatura e un sistema forestale disetaneo possono favorire ambienti strutturali differenti e quindi la creazione di microhabitat che assicurano la persistenza di specie sensibili all'apertura delle chiome degli alberi e al disturbo. Il prelievo di biomassa operato dai diradamenti non cambia nella sostanza la dinamica naturale della struttura arborea (AMORINI e FABBIO 2001), ma la copertura vegetale degli strati erbaceo ed arbustivo aumenta notevolmente dopo un intenso diradamento della copertura arborea (THOMAS *et al.* 1999).

Lo studio effettuato in Francia da DECOCQ *et al.* (2004) mostra, similmente a quanto riscontrato in questo studio, che le aree ceduate con rilascio di matricine hanno una grande ricchezza specifica, confermando che il disturbo può incrementare la diversità di specie abbassando la dominanza di talune, e favorendo l'eterogeneità. Al contrario, in disaccordo con i risultati ottenuti rilevando le aree trattate a raso di Fontalcinaldo, le aree trattate con diradamenti selettivi per piede d'albero (DECOCQ *et al. op. cit.*) presentano una bassa diversità probabilmente dovuta all'alta e prolungata frequenza di diradamento, che crea un disturbo più grande. Molte specie erbacee risultano essere limitate più dalla frequenza che dalla severità del disturbo.

Le strategie per perpetuare l'eterogeneità in foreste adibite alla produzione di legno possono includere

l'uso di parcelle con dimensioni e forma che cadono in un range simile a quello creato da disturbi di origine naturale (ciò crea una congruenza tra i *pattern* naturali e quelli creati dal disturbo antropico). Questo approccio è sostenuto dal concetto generale che il disturbo creato dall'uomo, come il taglio, può avere un impatto minore sulla biodiversità se è congruente con i processi ecologici ed entro i limiti naturali di disturbo (LINDENMAYER 2000). Inoltre, incrementando la variabilità nella struttura del bosco (sia in termini di stratificazione verticale che di eterogeneità orizzontale) si può promuovere la ricchezza di specie e la diversità nello strato erbaceo (FERRIS *et al.* 2000).

Conclusioni

L' α -diversità delle cerrete investigate è stata certamente incrementata dalle operazioni di ceduzione. L'aumento del numero di specie totali è dovuto largamente alle specie non strettamente forestali, che vengono favorite dalle condizioni di habitat che si sono sviluppate a seguito di qualsiasi tipo di trattamento, ma in modo maggiore da quei trattamenti che tendono ad aprire maggiormente la copertura delle chiome del bosco.

Al contrario, il recupero delle specie forestali è più rapido nei trattamenti che mantengono abbastanza inalterato l'ecosistema umido e ombroso del bosco, quali il trattamento con 140 ma/ha. La matricinatura a gruppi è resa particolare dal fatto che in essa possono trovare vantaggio sia le specie non forestali sia quelle forestali, anche mediante la loro segregazione spaziale. Probabilmente, le specie forestali trovano favorevoli gli ambienti più ombrosi e quindi più vicini alle matricine.

Il raso invece, nonostante favorisca moltissimo la β -diversità, non riesce a mantenere una situazione d'equilibrio tra la specie forestali e quelle non forestali.

In generale, la vegetazione sotto chioma mostra una complessa risposta alla ceduzione e differenti tipi e stadi di ceduzione provvedono ad un'ampia varietà di condizioni strutturali e climatiche, supportando un'ampia varietà di specie. È necessario tenere presente che lo studio è stato effettuato ad una scala sia spaziale che temporale piccola. Tale situazione potrebbe avere inciso sulle differenze riscontrabili tra le varie matricinature, smorzandole e facendo in modo che la composizione specifica del bosco si

riequilibrasse in breve tempo, anche grazie al bosco circostante non ceduo, che può avere avuto funzione di serbatoio per specie forestali.

In vista di una gestione del bosco il più possibile compatibile con la diversità vegetale è quindi da escludere la gestione a raso, che incrementa il numero di specie, ma modifica l'ambiente ideale delle specie forestali e crea disequilibri profondi nell'ecosistema bosco, alterando in modo maggiore rispetto agli altri tipi di ceduzione la composizione in specie.

Bibliografia citata

- AMORINI E., FABBIO G., 2001 - *La gestione del bosco ceduo nelle aree protette*. *Informatore Botanico Italiano*, 33: 164-168.
- 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*. *Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura*, XVII: 5-99.
- 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*. *Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura*, XVIII (1987): 17-69.
- ANONIMO, 1994 - *Manual on methodologies and criteria for harmonised sampling, assessment, monitoring and analysis of the effect of air pollution on forest*. PCCs, UN/ECE, Hamburg, Geneva.
- BAWA K.S., SEIDLER R., 1998 - *Natural forest management and conservation of biodiversity in tropical forests*. *Conservation Biology*, 14: 46-55.
- BONCINA A., 2000 - *Comparison of the structure and biodiversity in the Rajhenav virgin forest remnant and managed forest in the Dinaric region of Slovenia*. *Global Ecology and Biogeography*, 9: 201-211.
- CIANCIO O., 1999 - *I moduli colturali nella gestione dei boschi*. In: O. CIANCIO (a cura di) "Nuove frontiere nella gestione forestale", Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, 15-29 p.
- CLAUSER F., 2002 - *Una nuova accattivante espressione lessicale: la selvicoltura delle opportunità naturali*. *L'Italia Forestale e Montana*, 1:7-16.
- COOPER-ELLIS S., FOSTER D.R., CARLTON G., LEZBERG A., 1999 - *Forest response to catastrophic wind: results from an experimental hurricane*. *Ecology*, 80 (9): 2683-2696.
- DECOCQ G., AUBERT M., DUPONT F., ALARD D., SAGUEZ R., WATTEZ-FRANGER A., DE FOUCAULT B., DELELIS-DUSOLLIER A., BARDAT J., 2004 - *Plant diversity in a managed temperate deciduous forest: understory response to two silvicultural systems*. *Journal of Applied Ecology*, 41: 1065-1079.
- FERRETTI M., FRATTEGLIANI M., GROHMANN F., SAVINI P. (a cura di), 2002 - *Il progetto TraSFoRM*. Regione dell'Umbria, 96 p.
- FERRIS R., PEACE A J., HUMPHREY J.W., BROOME A.C., 2000 - *Relationship between vegetation, site type and stand structure in coniferous plantation in Britain*. *Forest Ecology and Management*, 136: 35-51.
- FRANKLIN J.F., 1982 - *Old-growth forests in the pacific northwest: an ecological view*. In: "Old-growth forests: a balanced perspective", University of Oregon, Bureau of Government Research and Service, Eugene, Oregon, USA: 5-27.
- GILLIS A.M., 1990 - *The new forestry*. *Bioscience*, 40: 558-562.
- GRACE J., 1992 - *Incorporating species attributes and environmental heterogeneity into forest models*. In: TELLER A., MATHY P., JEFFERS J.N.R. (Eds.), "Response of forest ecosystems to environmental changes", Elsevier Applied Science: 279-297.
- HALPERN C.B., SPIES T.A., 1995 - *Plant species diversity in natural and managed forest of the Pacific Northwest*. *Ecological application*, 5: 913-934.
- HANNERZ M., HANELL B., 1997 - *Effect on the flora in Norway spruce forest following clearcutting and shelterwood cutting*. *Forest Ecology and Management*, 90: 29-49.
- HIDEYUKI I., 2000 - *Treefall gap disturbance in an old-growth beech forest in southwest Japan by a catastrophic typhoon*. *Journal of Vegetation Science*, 11: 825-832.
- HUANG W., POHJONEN V., JOHANSSON S., NASHANDA M., KATIGULA M.I.L., LUUKKANEN O., 2003 - *Species diversity, forest structure and species composition in Tanzanian tropical forests*. *Forest Ecology and Management*, 173: 11-24.
- HUSTON M.A., 1994 - *Biological diversity, the coexistence of species on changing landscapes*. Cambridge University Press, 701 p.
- LINDENMAYER D.B., 2000 - *Indicators of biodiversity for ecologically sustainable Forest Management*. *Conservation Biology*, 14: 941-950.
- LINDENMAYER D.B., FRANKLIN J.F., 1997 - *Managing stand structure as a part of ecologically sustainable forest management in Australian mountain ash forest*. *Conservation Biology*, 11: 1053-1068.
- MAGURRAN A.E., 2003 - *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing.
- MEROLLI A., CANULLO R., CAMPETELLA G., 2005 - *Lo studio del dinamismo di comunità forestali attraverso l'ausilio di descrittori multivariati della struttura e della biodiversità*. *Informatore Botanico Italiano*, 37 (1): 226-227.
- NIEMELÄ J., YOUNG J., ALARD D., ASKASIBAR M., HENLE K., JOHNSON R., KURTILLA M., LARSSON T-B., MATOUCH S., NOWICKI P., PAIVA R., PORTOGHESI L., SMULDERS R., STEVENSON A., TARTEES U., WATT A., 2005 - *Identifying, managing and monitoring conflicts between forest biodiversity conservation and other human interests in Europe*. *Forest Policy and Economics*, 7: 877-890.
- PETERKEN G.F., 1999 - *Applying natural forestry concepts in a intensively managed landscape*. *Global Ecology and Biogeography*, 8: 321-328.
- PIGNATTI E., PIGNATTI S., 1968. - *Die Auswirkungen von Kahlschlag und Brand auf das Quercetum ilicis von Süd-Toskana, Italien*. *Folia Geobotanica & Phytotaxonomica*, 3: 17-46.

PIGNATTI S., 1982 – *Flora d'Italia*. Edagricole, Bologna. 3 Vol.

STEWART G. H., 1988 – *The influence of canopy cover on understorey development in forests of the western Cascade Range, Oregon, USA*. *Vegetatio* 76: 79-88.

THOMAS S.C., HALPERN C.B., FALK D.A., LIGUORI D.A., AUSTIN K.A., 1999 – *Plant diversity in managed forests: understorey responses to thinning and fertilization*. *Ecological Applications*, 9: 864-879.

TURNER W.R., TJØRVE E., 2005 – *Scale-dependence in species-area relationships*. *Ecography*, 28: 721-730.

Il lavoro per la raccolta di legna da ardere da cedui e da avviamenti ad alto fusto[§]

Franco Piegai^{1*}, Fabio Fabiano¹

Accettato il 6 luglio 2006

Riassunto – Gli autori descrivono le indagini svolte su un ceduo di cerro di 34 anni di età sottoposto a taglio di maturità e a taglio di avviamento nel territorio del Demanio Regionale gestito dalla Comunità Montana “Colline Metallifere” (GR) al fine di determinare produttività e costi degli interventi. Sono state individuate undici particelle di 2500 m² ciascuna: sette destinate alla normale utilizzazione a ceduo e quattro all'avviamento ad alto fusto. Il sistema di lavoro impiegato, sia nel taglio del ceduo sia nel taglio di avviamento, è stato quello del legno corto o *Short Wood System* impiegando nell'esbosco il metodo a soma con trattore. Per ogni particella sono stati raccolti: (i) tipologia di intervento; (ii) numero di operatori impiegati nelle diverse fasi del lavoro; (iii) attrezzature impiegate; (iv) tempi di lavoro degli operatori e delle attrezzature; (v) consumi di carburanti e lubrificanti; (vi) quantitativi di legna lavorati; (vii) caratteristiche dei percorsi di esbosco; (viii) campioni di legna per determinare le caratteristiche dimensionali del materiale utilizzato. Dai dati raccolti e dalla loro elaborazione è possibile trarre le seguenti conclusioni: (i) nell'operazione di abbattimento ed allestimento gli operatori dovrebbero operare individualmente per effettuare un lavoro più produttivo, stimato in un incremento delle produttività tra il 15% ed il 25% e più rispondente all'attuale legislazione antinfortunistica; (ii) l'operazione di esbosco dovrebbe essere pianificata in modo da essere collegata ad un'adeguata viabilità forestale e ad idonee attrezzature magari impiegando due trattori equipaggiati con gabbie ed un solo aiutante in bosco; (iii) dovrebbero essere impiegate le medesime maestranze sia per l'abbattimento e l'allestimento che per il concentramento e l'esbosco in modo da effettuare un lavoro più organico e funzionale nel suo complesso; (iv) le produttività dipendono essenzialmente dalle dimensioni dei fusti che si utilizzano e dalla intensità di taglio, ma anche dalle condizioni della viabilità e dalle distanze di esbosco; (v) l'aumentare delle dimensioni dei fusti porta ad un miglioramento del lavoro: si hanno normalmente meno fusti per unità di superficie, dai quali si ricava però materiale di più grandi dimensioni con conseguenti caratteristiche migliori (maggiore coefficiente sterico, maggiore massa e minor numero di pezzi per unità di volume); (vi) nei tagli di avviamento si utilizzano generalmente fusti di minori dimensioni, rispetto alle normali utilizzazioni dei cedui, e si tende di conseguenza a raccogliere più materiale di piccole dimensioni per incrementare la massa raccolta; (vii) nel ceduo il lavoro è risultato economicamente conveniente a partire da dimensioni dei fusti di circa 12 cm di diametro medio, mentre l'avviamento è risultato sempre economicamente non conveniente. Per migliorare l'economicità degli interventi è quindi utile: (i) allungare i turni per avere una densità di polloni minore, ma di diametro maggiore; (ii) utilizzare piante con diametro a 1,30 m a partire da circa 12 cm; (iii) organizzare il lavoro nel modo più razionale in funzione del tipo di bosco, della stazione e delle condizioni di raccolta.

Parole chiave: *utilizzazioni, legna da ardere, costi, ceduo, conversione, cerro, Colline Metallifere.*

Abstract – Harvesting of firewood at coppice clearcutting and at first thinning for coppice conversion into high forest. The authors describe a work carried out in a Turkey oak coppice aged 34 situated in Tuscany and managed by the Comunità Montana “Colline Metallifere” (GR). The aim of the work was to assess both productivity and costs of forestry operations. Eleven 2500 m² plots were selected: seven plots were different in number of standards and four plots in tree cutting intensity. Short Wood System was adopted and pack saddle tractor was used for extraction. The following data were collected for each plot: (i) type of operation; (ii) number of workers; (iii) equipments; (iv) working times; (v) fuels and lubricants consumption; (vi) firewood production; (vii) type of skidding trail; (viii) firewood size. Data analysis made it possible to draw the following conclusions: (i) felling and processing by one worker alone increases the productivity rate between 15% and 25%; (ii) extraction has to be planned according to forests tracks and to suitable equipments; (iii) two pack saddle tractors are better employed with only one assistant; (iv) the same team in felling and extraction provides a more functional work; (v) productivity depends essentially on stems dimensions and from cut intensity as well as on tracks conditions and hauling distances; (vi) bigger stems improve the work yield because (a) harvesting is made of a smaller number of trees per unit area and (b) larger-sized stems have better technical features (a higher solid volume factor and mass) and each unit of volume is made by a smaller number of wood pieces; (vii) stems size is generally smaller in the case of the first thinning for coppice conversion into high forest than in final coppice harvesting; it means that a higher amount of small-sized shoots needs to be extracted to increase the harvested volume; (viii) the work had a return in coppice harvesting when the average dbh of shoots was over 12 cm, whilst the first thinning for conversion into high forest showed to be not profitable. The yield of harvesting may be improved by (i) adopting longer rotations in order to get larger-sized dbhs; (ii) collecting stems over the average dbh of 12 cm; (iii) organizing the work in the most functional way depending on stand, site and harvesting conditions.

Key words: *harvesting, firewood, costs, coppice, conversion into high forest, Turkey oak, Colline Metallifere.*

F.D.C. 222: 331: 831. 1: (450.52)

[§] Lavoro svolto nell'ambito del progetto “Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e culturale di differenti modalità di matricinatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno” promosso e finanziato dall'ARSA-REGIONE TOSCANA e coordinato dall'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo (ISSEL). Questo contributo è frutto dell'aggiornamento e dell'ampliamento di altri due lavori già pubblicati: Piegai F, Fabiano E, Marchi E. (2004) - *Tagli di avviamento e normali utilizzazioni dei cedui: unità di misura e perdite di legna da ardere*. L'Italia Forestale e Montana, 6; Piegai F. (2005) - *Tagli di utilizzazione e di avviamento nei cedui quercini. Produttività a confronto*. Sherwood, 117.

* Autore corrispondente franco.piegai@unifi.it

¹ Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali (DISTAF), Università di Firenze.

Introduzione

Nell'ambito del Progetto ARSIA sulla selvicoltura sostenibile nel bosco ceduo, il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali (DISTAF) dell'Università di Firenze, sezione di Utilizzazioni Forestali, è stato coinvolto per studiare gli aspetti legati al lavoro per la realizzazione degli interventi selvicolturali progettati.

In un'area individuata dall'ISSEL, nel territorio del Demanio Regionale gestito dalla Comunità Montana "Colline Metallifere" (GR), con un soprassuolo a prevalenza di cerro (*Quercus cerris* L.), dell'età di circa 33-34 anni, omogeneo per composizione specifica, struttura e orografia sono state delimitate, fra le altre, alcune particelle quadrate di 2500 m² di superficie ciascuna: sette destinate alla normale utilizzazione a ceduo e quattro all'avviamento ad alto fusto (AMORINI *et al.* 2003).

Alla caratterizzazione dendrometrica e strutturale del popolamento (Tabella 1) ha provveduto il personale dell'ISSEL che ha successivamente dettato e segnato in campo le modalità di intervento.

Le sette particelle a ceduo sono state segnate per il taglio con diversi gradi di matricinatura:

- CeA (particella 1) ceduzione senza rilascio di matricine;
- CeB (particelle 2 e 3) ceduzione con rilascio di 50 matricine ad ettaro;
- CeC (particelle 4 e 5) ceduzione con rilascio di 140 matricine ad ettaro;
- CeD (particelle 6 e 7) ceduzione con rilascio di matricine singole e a gruppi.

Le quattro particelle da avviare all'alto fusto sono

state trattate impiegando due diversi criteri di selezione dei polloni da rilasciare per la fustaia transitoria:

- AvA (particelle 1 e 2) diradamento dal basso a vantaggio degli individui più vigorosi e meglio conformati effettuato dal personale dell'ISSEL segnando le piante da rilasciare secondo i criteri indicati da AMORINI e FABBIO (1988);
- AvB (particelle 3 e 4) diradamento dal basso, ma più moderato rispetto al precedente, effettuato direttamente dagli operatori al momento del taglio seguendo quanto previsto dal Piano di Assestamento (DREAM Italia 1993a; DREAM Italia 1993b).

Conclusi i rilievi per la caratterizzazione delle varie particelle e segnate in campo le diverse modalità di intervento, si è passati all'esecuzione del lavoro per il quale la Comunità Montana ha messo a disposizione le proprie maestranze, dotate di tutti i dispositivi di protezione individuale (D.P.I.) necessari al caso, e le attrezzature indispensabili per l'espletamento del lavoro.

Il sistema di lavoro impiegato, sia nel taglio del ceduo sia nel taglio di avviamento, è stato quello del legno corto o *Short Wood System* (S.W.S.) (CORSINI 2001; PETRONZI 2002; PIEGAI *et al.* 2003) che consiste in:

- abbattimento e atterramento dei fusti;
- allestimento, cioè sramatura e sezionatura sul letto di caduta fino a 3 cm di diametro, dei fusti atterrati alla lunghezza convenzionale di circa 1 m tipica della legna da ardere;
- ammassamento, in mucchi separati, della legna e della ramaglia;
- esbosco dell'assortimento corto con "a soma con trattore" munito di gabbie (PIEGAI e QUILGHINI 1993).

Tabella 1 - Dati dendrometrici e provvigionali delle particelle interessate dai lavori.
Mensurational parameters and growing stocks of the concerned plots.

Particella	Fusti totali n/ha	Area basimetrica totale G/ha m ²	Diametro medio Dgm cm	Provvigione stimata prima del taglio m ³ /ha	Volume stimato tagliato m ³ /ha	Percentuale tagliata %	Volume realmente lavorato m ³ /ha
CeA1	2277	19,10	10,3	113,260			156,698
CeB2	2741	25,43	11,0	140,680			105,675
CeB3	5062	26,94	8,2	142,300			143,197
CeC4	6056	27,92	7,7	142,720			150,142
CeC5	3272	27,57	10,4	163,130			144,174
CeD6	2210	35,95	14,5	240,260			288,089
CeD7	2100	26,47	12,9	166,860			153,550
AvA1	5232	28,10	8,3	160,000	64,880	40,6	75,230
AvA2	4224	30,50	9,6	181,600	67,850	37,4	89,076
AvB3	2616	28,10	11,7	225,600	44,140	19,6	46,776
AvB4	3856	26,60	9,4	158,900	38,200	24,0	45,684

Rilievi effettuati

Per ogni particella sono stati raccolti tutti i dati necessari al calcolo delle produttività:

- tipologia di intervento;
- numero di operatori impiegati nelle diverse fasi del lavoro;
- attrezzature impiegate;
- tempi di lavoro degli operatori e delle attrezzature;
- consumi di carburanti e lubrificanti;
- quantitativi di legna lavorati;
- caratteristiche dei percorsi di esbosco;
- campioni di legna per determinare le caratteristiche dimensionali del materiale utilizzato.

Tutti i lavori di abbattimento, allestimento, ammassamento ed esbosco della legna sono stati eseguiti nei mesi da gennaio ad aprile e le varie misurazioni sono state fatte a non più di 20 giorni dal taglio, pertanto si può considerare che la legna sia stata tutta lavorata e misurata allo stato fresco.

Abbattimento e allestimento

Il lavoro è stato svolto da due squadre, ciascuna costituita da due operai motoseghisti che si alternavano nell'impiego della motosega ad ogni rifornimento di carburante: mentre l'operatore che utilizzava la mo-

tosega eseguiva le fasi di abbattimento, di sramatura dei rami più grossi e di sezionatura, l'altro aiutava nell'atterramento, completava la sramatura dei rami più piccoli con la roncola e provvedeva all'ammassamento separato della legna e della ramaglia. Le due squadre operavano disgiuntamente mantenendosi tra loro a distanza di sicurezza.

Le motoseghe utilizzate sono state di tipo professionale e di classe medio-leggera (HIPPOLITI e PIEGAI 2000) con cilindrata di 48,7 cm³, potenza di 2,6 kW e barra con lunghezza di taglio di 40 cm.

La metodologia di rilievo dei tempi di lavoro è stata quella proposta da BERTI *et al.* (1989) per i lavori forestali. Il rilievo dei tempi è stato effettuato al "2° livello" adottando il metodo dell'"osservazione delle diverse fasi di lavoro ad intervalli regolari" che consente di rilevare le diverse fasi e sottofasi di lavoro di più operatori e di più macchine: ogni minuto si osservava cosa stessero facendo i vari operatori e lo si annotava in schede predisposte con una colonna per operatore ed una riga per tipologia di fase di lavoro e per i tempi morti. Questa metodologia di rilievo permette di avere una ripartizione percentuale delle varie fasi conoscendo la durata del periodo di osservazione.

Seguendo tutto il lavoro è stato possibile rilevare anche i rifornimenti fatti e quindi i consumi di miscela e di olio lubrificante per la catena (CORSINI 2001; PETRONZI 2002; PIEGAI *et al.* 2003) (Tabella 2).

Tabella 2 - Caratteristiche e tempi del lavoro di abbattimento ed allestimento.
Felling and processing: characteristics and working times.

Partic.	Operai n	Motos. n	TN abbattimento		TN allestimento		TN operaio		TM operaio		TL operaio		TN macchina	Pieni	Miscela	Olio
			h op (%TN)	(%TN)	h op (%TN)	(%TN)	h op (%TL)	(%TL)	h op (%TL)	(%TL)	h motoresega	n	l	l		
CeA1	2 + 2	2	4,70	(9,3)	46,04	(90,7)	50,74	(40,4)	74,99	(59,6)	125,73	(100,0)	25,03	44	20,24	12,76
CeB2	2 + 2	2	3,91	(8,0)	45,01	(92,0)	48,92	(42,6)	65,88	(57,4)	114,80	(100,0)	25,50	37	17,02	10,73
CeB3	2 + 2	2	7,30	(12,7)	50,02	(87,3)	57,32	(44,8)	70,68	(55,2)	128,00	(100,0)	28,97	48	22,08	13,92
CeB	2 + 2	2	11,21	(10,6)	95,03	(89,4)	106,24	(43,8)	136,56	(56,2)	242,80	(100,0)	54,47	85	39,10	24,65
CeC4	2 + 2	2	5,68	(11,1)	45,47	(88,9)	51,15	(43,6)	66,25	(56,4)	117,40	(100,0)	26,72	48	22,08	13,92
CeC5	2 + 2	2	4,67	(10,1)	41,47	(89,9)	46,14	(40,0)	69,19	(60,0)	115,33	(100,0)	24,93	41	18,86	11,89
CeC	2 + 2	2	10,35	(10,6)	86,94	(89,4)	97,29	(41,8)	135,44	(58,2)	232,73	(100,0)	51,65	89	40,94	25,81
CeD6	2 + 2	2	6,52	(10,2)	57,28	(89,8)	63,80	(39,5)	97,68	(60,5)	161,48	(100,0)	35,88	67	30,82	19,43
CeD7	2 + 2	2	5,00	(9,6)	47,06	(90,4)	52,06	(41,2)	74,24	(58,8)	126,30	(100,0)	28,33	51	23,46	14,79
CeD	2 + 2	2	11,52	(9,9)	104,34	(90,1)	115,86	(40,3)	171,92	(59,7)	287,78	(100,0)	64,21	118	54,28	34,22
Ceduo	2 + 2	2	37,78	(10,2)	332,35	(89,8)	370,13	(41,6)	518,91	(58,4)	889,04	(100,0)	195,36	336	154,56	97,44
AvA1	2 + 2	2	6,27	(12,4)	44,47	(87,6)	50,74	(40,3)	75,16	(59,7)	125,90	(100,0)	24,90	40	18,40	11,60
AvA2	2 + 2	2	5,52	(11,3)	43,33	(88,7)	48,85	(40,8)	70,85	(59,2)	119,70	(100,0)	24,19	36	16,56	10,44
AvA	2 + 2	2	11,79	(11,8)	87,80	(88,2)	99,59	(40,5)	146,01	(59,5)	245,60	(100,0)	49,09	76	34,96	22,04
AvB3	2 + 2	2	2,53	(8,9)	26,03	(91,1)	28,56	(36,8)	49,14	(63,2)	77,70	(100,0)	17,01	23	10,58	6,67
AvB4	2 + 2	2	3,18	(10,6)	26,75	(89,4)	29,93	(42,6)	40,37	(57,4)	70,30	(100,0)	14,36	23	10,58	6,67
AvB	2 + 2	2	5,71	(9,8)	52,78	(90,2)	58,49	(39,5)	89,51	(60,5)	148,00	(100,0)	31,37	46	21,16	13,34
Avviam.	2 + 2	2	17,50	(11,1)	140,58	(88,9)	158,08	(40,2)	235,52	(59,8)	393,60	(100,0)	80,46	122	56,12	35,38

Tabella 3 - Caratteristiche e tempi del lavoro di esbosco.
Extraction: characteristics and working times.

TN viaggio scarico h op-(%TN)	TN carico h op-(%TN)	TN viaggio carico h op-(%TN)	TN scarico h op-(%TN)	TN totale h op-(%TL)	TM totale h op-(%TL)	TL totale h op	TN macchina h trattore	Dist. esb. m	Viaggi totali (int.+parz.) n	Gasolio l	Legna a viaggio mst
2,28-(10,2)	15,50-(69,4)	3,30-(14,8)	1,26-(5,6)	22,34-(76,2)	6,96-(23,8)	29,30	13,23	390	14	34	4,620
2,06-(12,5)	9,88-(60,2)	3,68-(22,4)	0,80-(4,9)	16,42-(75,4)	5,36-(24,6)	21,78	9,54	420	11 (8+3)	25	4,740
4,46-(17,6)	13,96-(55,0)	6,02-(23,7)	0,94-(3,7)	25,38-(70,9)	10,42-(29,1)	35,80	15,23	511	15 (14+1)	38	4,580
6,52-(15,6)	23,84-(57,0)	9,70-(23,2)	1,74-(4,2)	41,80-(72,6)	15,78-(27,4)	57,58	24,77	473	26 (22+4)	63	4,639
5,48-(22,0)	11,92-(47,9)	6,74-(27,0)	0,78-(3,1)	24,92-(78,6)	6,80-(21,4)	31,72	13,44	618	15 (14+1)	37	4,670
4,90-(21,8)	10,86-(48,3)	5,82-(25,9)	0,90-(4,0)	22,48-(84,5)	4,12-(15,5)	26,60	12,22	541	14 (13+1)	34	4,420
10,38-(21,9)	22,78-(48,1)	12,56-(26,5)	1,68-(3,5)	47,40-(81,3)	10,92-(18,7)	58,32	25,66	581	29 (27+2)	71	4,550
6,40-(16,6)	22,30-(57,6)	8,58-(22,2)	1,38-(3,6)	38,66-(68,5)	17,78-(31,5)	56,44	25,19	402	24	58	4,570
3,14-(15,0)	11,98-(57,0)	5,16-(24,6)	0,72-(3,4)	21,00-(64,5)	11,56-(35,5)	32,56	14,46	466	14	32	4,530
9,54-(16,0)	34,28-(57,4)	13,74-(23,0)	2,10-(3,6)	59,66-(67,0)	29,34-(33,0)	89,00	39,65	426	38	90	4,552
28,72-(16,8)	96,40-(56,2)	39,30-(23,0)	6,78-(4,0)	171,20-(73,1)	63,00-(26,9)	234,20	103,31	475	107 (101+6)	258	4,581
1,60- (9,9)	11,08-(68,5)	2,42-(15,0)	1,06-(6,6)	16,16-(69,1)	7,24-(30,9)	23,40	9,92	515	11 (10+1)	24	3,600
1,22- (7,9)	11,76-(76,1)	1,58-(10,2)	0,90-(5,8)	15,46-(65,5)	8,14-(34,5)	23,60	9,97	341	12 (11+1)	23	3,740
2,82- (8,9)	22,84-(72,2)	4,00-(12,7)	1,96-(6,2)	31,62-(67,3)	15,38-(32,7)	47,00	19,89	424	23 (21+2)	47	3,671
1,16-(12,9)	5,94-(66,0)	1,34-(14,9)	0,56-(6,2)	9,00-(63,6)	5,16-(36,4)	14,16	5,65	525	7 (6+0)	14	3,560
0,72- (7,9)	6,80-(74,4)	1,10-(12,0)	0,52-(5,7)	9,14-(71,7)	3,60-(28,3)	12,74	5,39	453	7 (6+0)	14	3,990
1,88-(10,4)	12,74-(70,2)	2,44-(13,5)	1,08-(6,0)	18,14-(67,4)	8,76-(32,6)	26,90	11,04	489	14 (12+0)	28	3,775
4,70- (9,4)	35,58-(71,6)	6,44-(12,9)	3,04-(6,1)	49,76-(67,3)	24,14-(32,7)	73,90	30,93	449	37 (33+2)	75	3,708

Esbosco

Per l'operazione di esbosco è stato utilizzato il sistema a soma con trattore munito di gabbie.

Il lavoro è stato svolto da una squadra costituita da due operatori: un trattorista, che aiutava anche al carico, ed un addetto al carico.

Il trattore impiegato, a doppia trazione (4RM) da 58,8 kW, è stato lo stesso sia per l'esbosco della legna utilizzata nelle particelle a ceduo sia in quelle avviate all'alto fusto; le gabbie usate invece avevano capacità diverse: 4,6 metri steri (mst)¹ di capacità nell'esbosco della legna dal ceduo, 3,7 mst di capacità nell'esbosco della legna dai tagli di avviamento.

La metodologia di rilievo dei tempi di lavoro è stata sempre quella proposta da BERTI *et al.* (1989). Il rilievo dei tempi è stato effettuato al "2° livello" adottando però il metodo del "rilievo separato dei tempi delle fasi di lavoro". Questa metodologia consiste nel rilevare, con una tabella di cronometraggio in centesimi di minuto (min/100), i tempi di ogni singola fase di lavoro e di registrarli in schede predisposte con tante colonne quante sono le diverse fasi e sottofasi dell'intera operazione ed ulteriori colonne per i tempi morti e per i quantitativi esboscati.

Durante questa operazione vengono dunque misurati anche i quantitativi lavorati nelle operazioni di abbattimento ed allestimento.

Seguendo tutto il lavoro è stato possibile prendere

nota anche dei rifornimenti fatti e quindi conoscere i consumi di gasolio.

Oltre ai tempi di lavoro ed ai quantitativi lavorati è stato di fondamentale importanza rilevare le caratteristiche dei percorsi di esbosco perché queste possono influenzare pesantemente i tempi di lavoro e quindi le produttività. Nelle particelle esaminate l'esbosco è avvenuto prevalentemente in salita, su pendenze del terreno variabili dallo 0 al 35% nell'utilizzazione del ceduo e dallo 0 al 46% nel taglio di avviamento, su piste principali e secondarie spesso con fondo bagnato, quindi in condizioni non ideali (CORSINI 2001; PETRONZI 2002; PIEGAI *et al.* 2003) (Tabella 3).

Misurazioni su campioni di legna

Per avere dei dati precisi sui quantitativi lavorati, da ognuna delle undici particelle sono stati scelti due carichi di trattore con gabbie (circa 9,2 mst per ognuna delle sette particelle nel ceduo, complessivamente 65 mst, e circa 7,4 mst per ognuna delle quattro particelle nell'avviamento, complessivamente 31 mst) provenienti da zone diverse delle particelle e costituiti da materiale il più possibile rappresentativo delle caratteristiche medie di ogni particella (PIEGAI *et al.* 2004).

Di tale materiale ne è stato misurato il volume sterico nelle gabbie, carico per carico, tenendo conto

¹ Il metro stero (mst) ed il quintale (q) sono unità di misura non riconosciute ufficialmente nel Sistema Internazionale (S.I.), ma sono normalmente utilizzate nel mercato della legna da ardere ed è per ciò che sono considerate in questo lavoro.

di una lunghezza media unica di 1 m per tutti i pezzi, ed è stato scaricato all'imposto in mucchi che sono stati tenuti rigorosamente separati gli uni dagli altri per consentirne le necessarie misurazioni.

Successivamente, con l'aiuto anche di personale messo a disposizione dall'ISSEL, su tale materiale sono stati fatti i seguenti rilievi:

- circonferenza a metà e lunghezza di ogni singolo pezzo costituente i vari carichi, necessari per il calcolo del volume geometrico del materiale;
- peso (con una bilancia tipo bascula da 250 kg) di tutti i carichi per gruppi di pezzi già misurati;
- per la legna proveniente dalle particelle avviate all'alto fusto, è stato misurato il volume reale dei gruppi di pezzi di ogni pesata, tramite una coppia di xilometri costituita da due cilindri graduati d'acciaio di circa 300 l (ciascuno) di capacità, per capire qual'è l'errore che si commette con la misurazione geometrica dei pezzi e per conoscere il reale coefficiente sterico del materiale studiato.

Elaborazioni dei dati raccolti

La giornata lavorativa iniziava alle 8:00 e terminava alle 17:00 con un'interruzione per il pranzo dalle 12:00 alle 13:00; il venerdì terminava alle 16:00 per rispettare

le 39 ore contrattuali di lavoro nella settimana.

I rilievi effettuati ci hanno consentito di ottenere, per ogni particella, i seguenti elementi (BERTI *et al.* 1989):

- tempo totale a disposizione per il lavoro (TL) che costituisce l'insieme di tutti i tempi netti (TN) e di tutti i tempi morti (TM) [TL = giornata lavorativa di 8 ore = 48.000 centesimi di minuto (min/100)];
- tempo netto di lavoro (TN) durante il quale uomini e mezzi sono attivamente impegnati per svolgere le diverse fasi produttive del lavoro;
- tempo morto (TM) durante il quale uomini e mezzi sono presenti sul lavoro ma non vi sono impegnati con fasi produttive;
- tempo di impiego delle attrezzature;
- consumi di carburanti e lubrificanti;
- quantitativi lavorati;
- lunghezza e caratteristiche dei percorsi di esbosco;
- produttività complessive delle singole operazioni e del lavoro nella sua globalità (Tabella 4).

Le misurazioni sui carichi campione hanno dato la possibilità di calcolare i seguenti dati relativi ad ogni singolo carico di trattore con gabbie (Tabella 5):

- il volume sterico effettivo, rapportando il volume sterico inizialmente misurato, ipotizzando una

Tabella 4 - Produttività nel lavoro di abbattimento ed allestimento; nel lavoro di esbosco e globale dell'utilizzazione.
Felling and processing, extraction and global productivity.

Partic.	Diametro medio fusti cm	Dist. esb. m	Legna a viaggio mst	Legna utilizzata totale		Produttività Abbattimento-Allestimento				Produttività Esbosco				Produttività globale			
				mst	q	netta		lorda		netta		lorda		netta		lorda	
						mst/h op	q/h op	mst/h op	q/h op	mst/h op	q/h op	mst/h op	q/h op	mst/h op	q/h op	mst/h op	q/h op
CeA1	10,3	390	4,620	64,700	386,26	1,275	7,61	0,515	3,07	2,896	17,29	2,208	13,18	0,885	5,29	0,417	2,49
CeB2	11,0	420	4,740	44,990	260,49	0,920	5,32	0,392	2,27	2,740	15,86	2,066	11,96	0,689	3,99	0,329	1,91
CeB3	8,2	511	4,580	66,350	352,98	1,158	6,16	0,518	2,76	2,614	13,91	1,853	9,86	0,802	4,27	0,405	2,15
CeB	9,2	473	4,639	111,340	613,47	1,048	5,77	0,459	2,53	2,664	14,68	1,934	10,65	0,752	4,14	0,371	2,04
CeC4	7,7	618	4,670	67,660	370,10	1,323	7,24	0,576	3,15	2,715	14,85	2,133	11,67	0,889	4,87	0,454	2,48
CeC5	10,4	541	4,420	59,730	355,39	1,295	7,70	0,518	3,08	2,657	15,81	2,245	13,36	0,870	5,18	0,421	2,50
CeC	8,6	581	4,550	127,390	725,49	1,309	7,46	0,547	3,12	2,688	15,31	2,184	12,44	0,880	5,01	0,438	2,49
CeD6	14,5	402	4,570	109,590	710,14	1,718	11,13	0,679	4,40	2,835	18,37	1,942	12,58	1,070	6,93	0,503	3,26
CeD7	12,9	466	4,530	63,400	378,50	1,218	7,27	0,502	3,00	3,019	18,02	1,947	11,62	0,868	5,18	0,399	2,38
CeD	13,7	426	4,552	172,990	1088,64	1,493	9,40	0,601	3,78	2,900	18,25	1,944	12,23	0,986	6,20	0,459	2,89
Ceduo	9,9	475	4,581	476,420	2813,86	1,287	7,60	0,536	3,17	2,783	16,44	2,034	12,01	0,880	5,20	0,424	2,51
AvA1	8,3	515	3,600	37,770	182,81	0,744	3,60	0,300	1,45	2,337	11,31	1,611	7,81	0,565	2,73	0,253	1,22
AvA2	9,6	341	3,740	42,990	222,69	0,880	4,56	0,359	1,86	2,781	14,40	1,822	9,44	0,668	3,46	0,300	1,55
AvA	8,9	424	3,671	80,760	405,50	0,811	4,07	0,329	1,65	2,554	12,82	1,718	8,63	0,616	3,09	0,276	1,39
AvB3	11,7	525	3,560	21,360	115,77	0,748	4,05	0,275	1,49	2,373	12,86	1,508	8,18	0,569	3,08	0,232	1,26
AvB4	9,4	453	3,990	23,940	112,04	0,800	3,74	0,341	1,59	2,619	12,26	1,879	8,79	0,613	2,87	0,288	1,35
AvB	10,3	489	3,775	45,300	227,81	0,774	3,89	0,306	1,54	2,497	12,56	1,684	8,47	0,591	2,97	0,259	1,30
Avviam.	9,5	449	3,708	126,060	633,31	0,797	4,00	0,320	1,61	2,533	12,73	1,706	8,57	0,606	3,05	0,270	1,35

Tabella 5 - Caratteristiche del materiale lavorato.
Features of the worked material.

Partic.	Volume sterico	Pezzi	Peso	Volume geom.	Volume reale	Coeff. sterico	Massa volum.	Massa sterica	Diametro medio pezzi			Lungh. media pezzi	Volume medio pezzi	Peso medio pezzi	Num. pezzi	
	mst	n°	kg	m ³	H ₂ O m ³		kg/m ³	kg/mst	cm min.	cm medio	cm max.	cm	dm ³	kg/P	a mst n°P /mst	a q n°P /q
CeA1	9,890	893	5901	5,815	5,818	0,588	986	597	3	8,2	28	107	6,512	6,6	90	15
CeB2	8,806	860	5097	4,990	5,026	0,571	986	579	3	7,7	29	102	5,802	5,9	98	17
CeB3	9,259	1106	4927	4,999	4,858	0,525	986	532	3	7,2	20	99	4,520	4,5	119	22
CeC4	9,050	1057	4950	4,925	4,881	0,539	986	547	3	7,1	20	101	4,659	4,7	117	21
CeC5	9,349	826	5559	5,508	5,481	0,586	986	595	3	8,2	31	100	6,668	6,7	88	15
CeD6	9,345	486	6058	6,012	5,973	0,639	986	648	3	10,6	36	101	12,370	12,5	52	8
CeD7	9,441	748	5634	5,539	5,555	0,588	986	597	3	8,7	28	101	7,405	7,5	79	13
Ceduo	65,140	5976	38126	37,788	37,592	0,577	986	585	3	8,0	36	102	6,323	6,4	92	16
AvA1	7,540	1338	3652	4,058	3,758	0,498	972	484	3	5,8	19	101	3,033	2,7	177	37
AvA2	7,658	1040	3969	4,359	3,970	0,518	1000	518	3	6,6	27	102	4,191	3,8	136	26
AvB3	7,715	725	4180	4,686	4,222	0,547	990	542	3	8,2	33	104	6,463	5,8	94	17
AvB4	7,883	1098	3689	4,182	3,759	0,477	981	468	3	6,3	19	104	3,809	3,4	139	30
Avviam.	30,796	4201	15490	17,285	15,709	0,510	986	503	3	6,5	33	103	4,114	3,7	136	27

Tabella 6 - Tempi di lavoro di uomini e mezzi, quantitativi lavorati e consumi di carburanti e lubrificanti ad ettaro.
Working times of men and equipments, mass worked, fuels and lubricants consumptions per hectare.

Partic.	Op. Abb.-All.	Motos.	Op. Esb.	Trattore con gabbie	TL Abb.-All.		TL Esb.		Legna utilizzata		TN macchina	Miscela	Olio catena	TN macchina	Gasolio
	n	n	n	n	h op	d sq	h op	d sq	mst	q	h motosega	l	l	h trattore	l
	CeA1	2 + 2	2	2	1	502,92	- 15,72	117,20	- 7,33	258,800	1545,04	100,12	80,96	51,04	52,92
CeB2	2 + 2	2	2	1	459,20	- 14,36	87,12	- 5,45	179,960	1041,96	102,00	68,08	42,92	38,16	100
CeB3	2 + 2	2	2	1	512,00	- 16,00	143,20	- 8,95	265,400	1411,92	115,88	88,32	55,68	60,92	152
CeB	2 + 2	2	2	1	485,60	- 15,18	115,16	- 7,20	222,680	1226,94	108,94	78,20	49,30	49,54	126
CeC4	2 + 2	2	2	1	469,60	- 14,68	126,88	- 7,93	270,640	1480,40	106,88	88,32	55,68	53,76	148
CeC5	2 + 2	2	2	1	461,32	- 14,42	106,40	- 6,65	238,920	1421,56	99,72	75,44	47,56	48,88	136
CeC	2 + 2	2	2	1	465,46	- 14,55	116,64	- 7,29	254,780	1450,98	103,30	81,88	51,62	51,32	142
CeD6	2 + 2	2	2	1	645,92	- 20,19	225,76	- 14,11	438,360	2840,56	143,52	123,28	77,72	100,76	232
CeD7	2 + 2	2	2	1	505,20	- 15,79	130,24	- 8,14	253,600	1514,00	113,32	93,84	59,16	57,84	128
CeD	2 + 2	2	2	1	575,56	- 17,99	178,00	- 11,13	345,980	2177,28	128,42	108,56	68,44	79,30	180
Ceduo	2 + 2	2	2	1	508,02	- 15,88	133,83	- 8,36	272,240	1607,92	111,63	88,32	55,68	58,27	147
AvA1	2 + 2	2	2	1	503,60	- 15,74	93,60	- 5,85	151,080	731,24	99,60	73,60	46,40	39,68	96
AvA2	2 + 2	2	2	1	478,80	- 14,96	94,40	- 5,90	171,960	890,76	96,76	66,24	41,76	39,88	92
AvA	2 + 2	2	2	1	491,20	- 15,35	94,00	- 5,87	161,520	811,00	98,18	69,92	44,08	39,78	94
AvB3	2 + 2	2	2	1	310,80	- 9,71	56,64	- 3,54	85,440	463,08	68,04	42,32	26,68	22,60	56
AvB4	2 + 2	2	2	1	281,20	- 8,79	50,96	- 3,18	95,760	448,16	57,44	42,32	26,68	21,56	56
AvB	2 + 2	2	2	1	296,00	- 9,25	53,80	- 3,36	90,600	455,62	62,74	42,32	26,68	22,08	56
Avviam.	2 + 2	2	2	1	393,60	- 12,30	73,90	- 4,62	126,060	633,31	80,46	56,12	35,38	30,93	75

lunghezza della legna di 1 m, alla lunghezza media effettiva della legna;

- il numero dei pezzi;
- il peso dei vari carichi, in chilogrammi, sommando il peso dei gruppi di pezzi che lo costituivano;
- il volume geometrico di ogni singolo pezzo tramite la formula della sezione mediana (BERNETTI e LA MARCA 1983) e, per somma, il volume geometrico del corrispondente carico in m³;
- il volume reale dei diversi gruppi di pezzi pesati, in metri cubi di acqua spostata negli xilometri, e, per somma, il volume reale del corrispondente carico²;

- il coefficiente sterico tra il volume reale ed il volume sterico²;
- il peso a metro cubo (massa volumica) ed il peso a metro stero (massa sterica);
- le dimensioni minima, media e massima, del diametro mediano, della lunghezza e del volume dei singoli pezzi;
- il peso medio dei pezzi;
- il numero di pezzi per metro stero e per quintale.

I dati raccolti hanno consentito inoltre di calcolare, per ettaro (Tabella 6), con l'organizzazione dei cantieri e la dotazione di macchine ed attrezzature descritte:

- i quantitativi lavorati,

²Per i carichi campione del ceduo i valori del volume reale e del coefficiente sterico sono stati calcolati utilizzando il valore medio di massa volumica relativo ai carichi campione dell'avviamento.

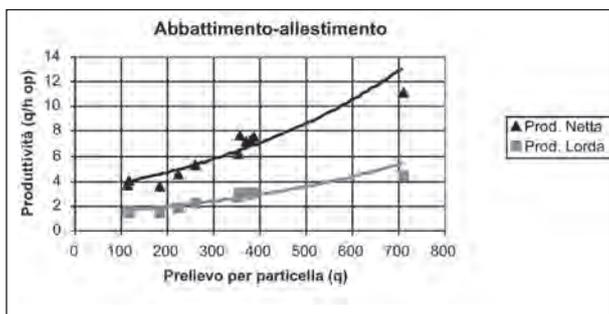


Figura 1 - Produttività netta e lorda per operaio, in abbattimento ed allestimento, al variare del quantitativo prelevato da ogni particella.

Net and gross productivity per worker in felling and processing operations as a function of firewood amount harvested in each plot.

- i tempi di lavoro necessari, relativi a uomini e a mezzi,
- i consumi di carburanti e lubrificanti.

Discussione

Si possono fare le seguenti osservazioni:

- la zona scelta per l'esecuzione del lavoro sperimentale è risultata formata da un soprassuolo abbastanza omogeneo. In otto delle undici particelle la provvigione stimata ad ettaro e l'area basimetrica totale ad ettaro, misurate nelle aree di saggio, sono state abbastanza uniformi fra di loro (dai 140 ai 180 m³ha⁻¹) con tre sole eccezioni, la zona più povera (particella CeA1, 113 m³ha⁻¹) e le zone più ricche di massa legnosa (particelle CeD6 e AvB3, rispettivamente 240 e 226 m³ha⁻¹). Da notare che fra volume stimato e volume reale raccolto (senza tener conto ovviamente nelle particelle utilizzate a ceduo delle matricine rilasciate, che costituiscono una parte trascurabile di provvigione), si riscontrano anche notevoli differenze (Tabella 1);
- nell'operazione di abbattimento ed allestimento il lavoro risulta costituito da circa il 41% di tempi netti (42% nel ceduo e 40% nell'avviamento) e da circa il 59% di tempi morti (58% nel ceduo e 60% nell'avviamento). Questi ultimi risultano particolarmente rilevanti non soltanto perché questa è una delle operazioni più faticose dei lavori in bosco, ma anche perché gli operatori, dipendenti da un Ente pubblico, lavorano in coppia con una sola motosega, per ragioni contrattuali tecnicamente errate (PIEGAI e MARCHI 1996). Infatti, nell'arco

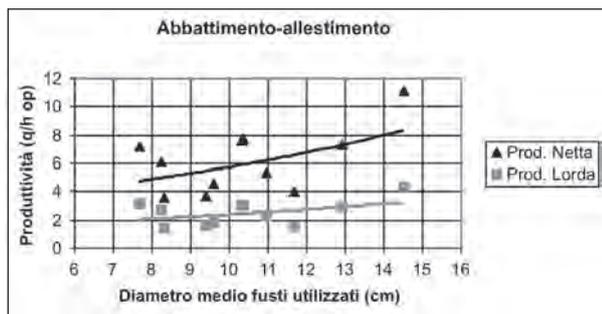


Figura 2 - Produttività netta e lorda per operaio, in abbattimento ed allestimento, al variare del diametro medio dei fusti presenti in ogni particella.

Net and gross productivity per worker in felling and processing operations as a function of the average diameter of stems in each plot.

della giornata lavorativa di 8 ore risulta che gli operatori utilizzano la motosega per meno di 2 ore ciascuno. Questo ha, in media, comportato delle produttività *pro capite* particolarmente basse, ma che risultano comunque, come logico e previsto, positivamente influenzate dai volumi prelevati per ettaro e dalle dimensioni medie dei fusti utilizzati; non risultano invece sensibili le differenze legate ai diversi gradi di matricinatura, ovviamente nelle particelle utilizzate a ceduo (Tabelle 2 e 4; Figure 1³ e 2);

- nell'operazione di concentramento ed esbosco a soma con trattore e gabbie la ripartizione dei tempi risulta costituita da circa il 70% di tempi netti (73% nel ceduo e 67% nell'avviamento) ed il 30% di tempi morti (27% nel ceduo e 33% nell'avviamento) dovuti, questi ultimi, anche alle condizioni meteorologiche non ideali. In questa operazione, soltanto la fase di carico risulta faticosa per gli operatori. L'organizzazione della squadra è buona, essendo costituita da due soli elementi e consente di avere delle produttività discrete. Queste ultime sono ovviamente influenzate positivamente dal quantitativo di materiale che viene raccolto per unità di superficie e negativamente influenzate dalle distanze di esbosco. I tempi di carico ed i tempi morti, nelle particelle avviate all'alto fusto, risultano sensibilmente maggiori a causa del minor quantitativo di legna raccolta per unità di superficie (Tabelle 3 e 4; Figure 3 e 4);
- dal riepilogo complessivo di tutto il lavoro emergono chiaramente due aspetti fondamentali che regolano, normalmente, le produttività e, di

³ Sono stati omessi di proposito i parametri statistici (le funzioni delle regressioni, l'R² e la significatività statistica) perché gli Autori vogliono soltanto dare indicazioni di come possono essere rappresentabili i rapporti fra le diverse variabili.

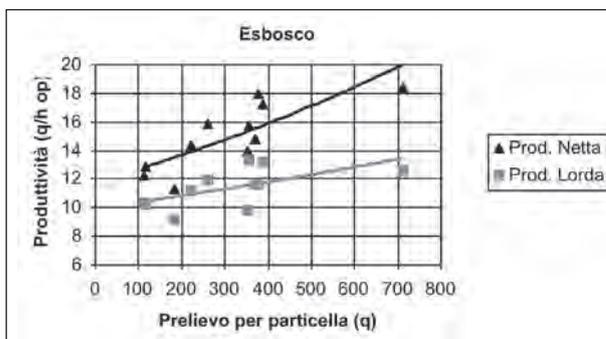


Figura 3 - Produttività netta e lorda per operaio, nell'esbosco, al variare del quantitativo prelevato da ogni particella.
Net and gross productivity per worker in extraction as a function of firewood amount harvested in each plot.

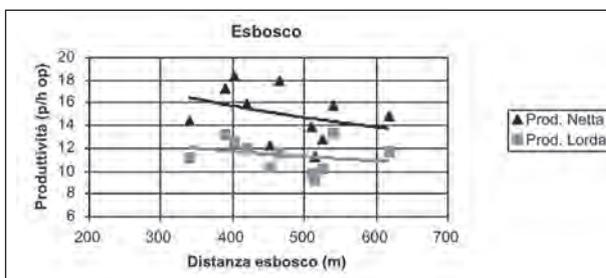


Figura 4 - Produttività netta e lorda per operaio, nell'esbosco, al variare della distanza di esbosco.
Net and gross productivity per worker in extraction as a function of the hauling distance.

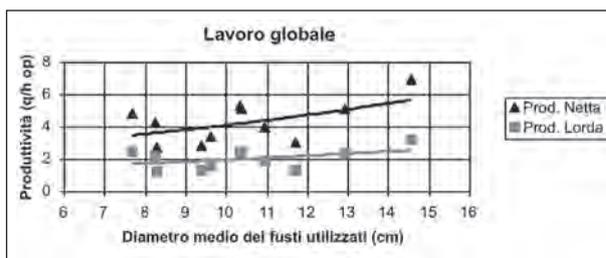


Figura 5 - Produttività netta e lorda per operaio, nel lavoro globale di utilizzazione, al variare del diametro medio dei fusti presenti in ogni particella.
Net and gross productivity per worker in logging as a function of the average diameter of stems in each plot.

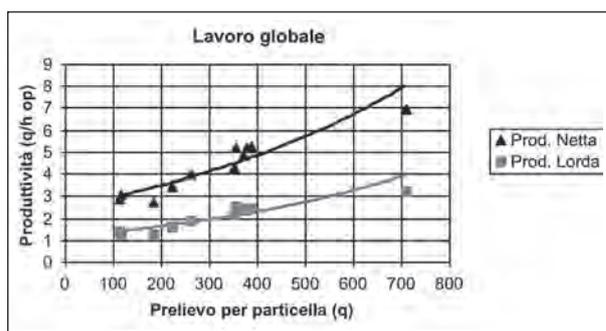


Figura 6 - Produttività netta e lorda per operaio, nel lavoro globale di utilizzazione, al variare del quantitativo prelevato da ogni particella.
Net and gross productivity per worker in logging as a function of firewood amount harvested in each plot.

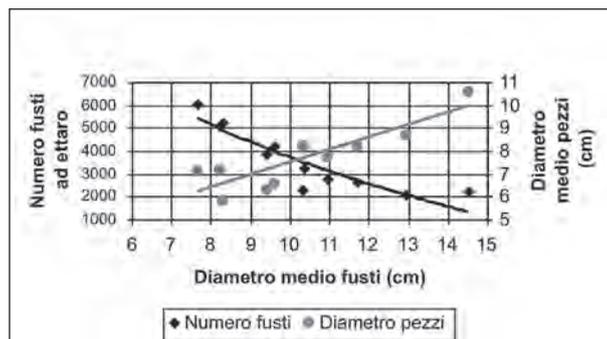


Figura 7 - Variazioni del diametro medio dei pezzi di legna e del numero di fusti ad ettaro in funzione del diametro medio dei fusti presenti.
Average diameter of firewood and number of trunks per hectare as a function of the average diameter of stems.

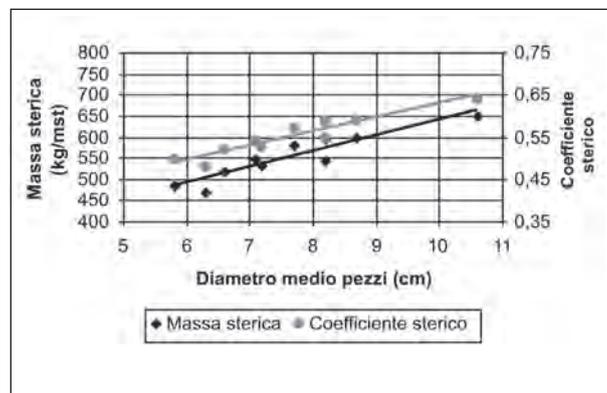


Figura 8 - Variazioni del coefficiente sterico e della massa sterica in funzione del diametro medio dei pezzi utilizzati.
Solid and sterc volume factor as a function of the average diameter of firewood.

conseguenza, i costi del lavoro. Le produttività complessive dell'utilizzazione sono direttamente influenzate dalle dimensioni medie dei fusti che vengono lavorati e dai quantitativi utilizzati per unità di superficie (quindi dalle dimensioni del materiale lavorato ed anche dal tipo di intervento selvicolturale effettuato). Si hanno delle produttività maggiori (e conseguenti minori costi) nelle normali utilizzazioni del ceduo rispetto ai tagli di avviamento dove si preleva normalmente materiale di più piccole dimensioni ed in quantitativi minori (Tabella 4; Figure 5 e 6);

- non si sono riscontrate differenze sostanziali, nello svolgimento del lavoro e nelle produttività, legate ai diversi gradi di matricinatura nel ceduo. Al contrario si è constatato che, nell'avviamento, i diversi criteri adottati hanno portato ad intensità di prelievo marcatamente diverse: con la martellata effettuata dall'ISSEL si è ottenuta una ripresa circa doppia, rispetto a quella effettuata tradizionalmente dalla Comunità Montana; nonostante ciò si

sono riscontrate delle produttività soltanto di poco maggiori, forse a causa delle più piccole dimensioni del materiale utilizzato (Tabelle 1 e 4);

- all'aumentare del diametro medio a 1,30 m dei fusti aumenta il diametro medio dei pezzi utilizzati, passando da circa 6 cm con fusti di 7 cm di diametro medio a 1,30 m ai circa 10 cm con fusti di diametro medio a 1,30 m di 15 cm, e diminuisce il numero dei fusti per ettaro, passando da circa 6000 fusti per ettaro con diametro medio a 1,30 m di 7 cm a circa 2000 fusti per ettaro con diametro medio a 1,30 m di 13 cm, rimanendo abbastanza costante il valore dell'area basimetrica (Tabella 1; Figura 7);
- all'aumentare del diametro medio a 1,30 m dei fusti fra i due interventi selvicolturali, taglio del ceduo e avviamento, si possono osservare quantitativi di materiale utilizzato, in numero, volume, peso, e dimensioni, nettamente maggiori nel taglio del ceduo (Tabella 5);
- all'aumentare del diametro medio dei pezzi costituenti i vari carichi aumenta:
 1. il coefficiente sterico (che passa da circa 0,45, con diametri medi di 5 cm, a circa 0,65, con diametri medi di 11 cm) ed il peso a metro stero (che passa da circa 440 kg, con diametri medi di 5 cm, ai circa 680 kg, con diametri medi di 11 cm) (Figura 8);
 2. il volume medio dei pezzi (che passa da circa 3 dm³, con diametri medi di 5 cm, ai circa 14 dm³, con diametri medi di 11 cm) ed il peso medio dei pezzi (che passa da circa 3 kg, con diametri medi di 5 cm, ai circa 13 kg, con diametri medi di 11 cm) (Figura 9);

- all'aumentare del diametro medio dei pezzi diminuisce il numero di pezzi a metro stero, che passa da circa 200 pezzi, con diametri medi di circa 5 cm, ai circa 50 pezzi, con diametri medi di 11 cm (Figura 10);
- fra il volume calcolato geometricamente, con il rilievo del diametro e della lunghezza dei pezzi e quello determinato con xilometro, si possono rilevare degli errori massimi fino a circa il 10% in carichi costituiti da pezzi di piccolo diametro, mentre gli errori diminuiscono fortemente, quasi ad annullarsi, quando i carichi sono costituiti da pezzi di grande diametro (Tabella 5).

Utilizzando i diametri ed i volumi dei singoli pezzi, è stato possibile analizzare quanto materiale sia lasciato in bosco innalzando il diametro minimo di utilizzazione.

Per ogni particella i dati dei singoli pezzi (diametro mediano, lunghezza e volume) dei due carichi misurati sono stati ordinati in serie crescenti in modo da avere, per ogni classe di diametro e per le due tipologie di intervento (Tabella 7):

- il numero di pezzi;
 - la percentuale del numero di pezzi rispetto al totale;
 - il volume complessivo dei pezzi;
 - la percentuale del volume dei pezzi rispetto al volume totale;
 - il numero ed il volume dei pezzi riferiti ad ettaro.
- Le osservazioni, relativamente ai dati disponibili, sono le seguenti:
- a prescindere dal diametro minimo di raccolta (per tradizione di 3 cm), buona parte del materiale di più piccole dimensioni è abbandonata in bosco;

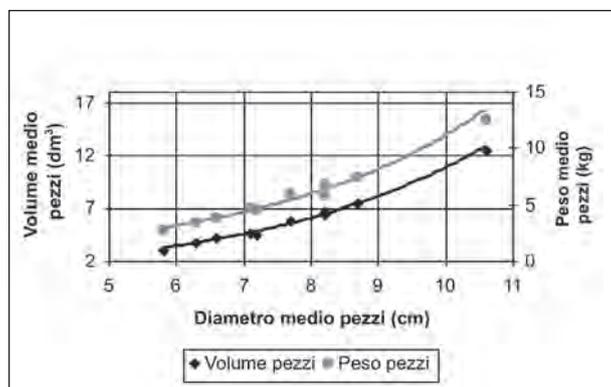


Figura 9 - Variazioni del volume medio dei pezzi e del peso medio dei pezzi in funzione del diametro medio dei pezzi utilizzati.
Average volume and weight of firewood as a function of the average diameter of firewood.

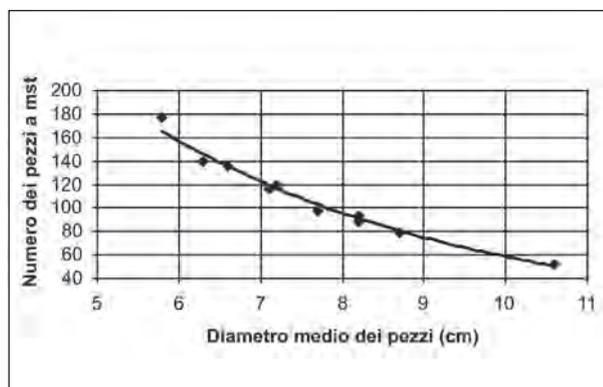


Figura 10 - Variazioni del numero dei pezzi a metro stero in funzione del diametro medio dei pezzi utilizzati.
Number of firewood pieces per stero as a function of the average diameter of firewood.

Tabella 7 - Numero di pezzi e volume, rapportato ai carichi campione e ad ettaro, che si abbandonerebbe in bosco al variare del diametro minimo di utilizzazione.

Number of firewood pieces and volume, related to sample loads and per hectare, which is left on the forest floor as a function of the increasing minimum diameter of harvesting.

	Diametro pezzi cm	Carichi campione				Dati ad ettaro	
		n	%	Volume m ³	%	Pezzi n/ha	Volume m ³ /ha
Ceduo	fino a 3	36	0,60	0,026	0,07	155	0,114
	fino a 4	957	16,01	1,304	3,45	4129	5,626
	fino a 5	1924	32,20	3,342	8,85	8304	14,432
	fino a 6	2765	46,27	5,861	15,51	11933	25,293
	fino a 7	3448	57,70	8,573	22,69	14881	37,002
	da 8 a 36	2528	42,30	29,214	77,31	10909	126,073
Totale		5976		37,787		25790	163,075

	Diametro pezzi cm	Carichi campione				Dati ad ettaro	
		n	%	Volume m ³	%	Pezzi n/ha	Volume m ³ /ha
Avviam.	fino a 3	141	3,36	0,106	0,61	524	0,392
	fino a 4	1147	27,30	1,441	8,34	4259	5,354
	fino a 5	1942	46,23	3,113	18,01	7213	11,561
	fino a 6	2606	62,03	5,088	29,44	9678	18,898
	fino a 7	3051	72,63	6,850	39,63	11332	25,439
	da 8 a 33	1150	27,37	10,434	60,37	4270	38,753
Totale		4201		17,284		15602	64,192

Tabella 9 - Costi e prezzi a quintale della legna lavorata e costi e ricavi ad ettaro del lavoro svolto.

Firewood costs and prices per quintal and costs and profits per hectare.

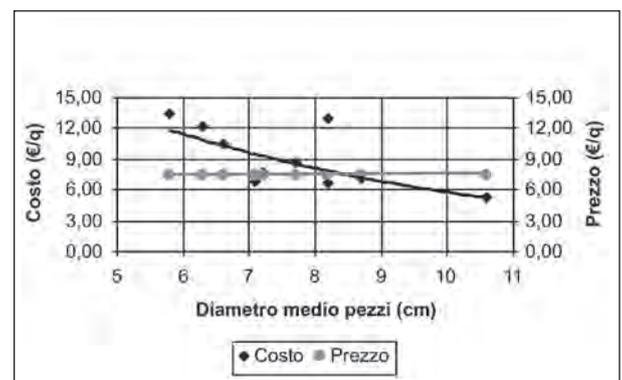
Particella	Fusti Dgm cm	Provvigione stimata m ³ /ha	Volume realmente lavorato		Pezzi n/ha	Dm cm	Costo a q €/q	Prezzo a q €/q	Costi lavoro €/ha	Ricavi lavoro €/ha	Differenza €/ha
			m ³ /ha	q/ha							
CeA1	10,3	113,260	156,698	- 1545,04	23381	8,2	6,69	7,50	10338,22	11587,80	1249,58
CeB2	11,0	140,680	105,675	- 1041,96	17581	7,7	8,64	7,50	9006,16	7814,70	-1191,46
CeB3	8,2	142,300	143,197	- 1411,92	31694	7,2	7,79	7,50	10999,93	10589,40	-410,53
CeC4	7,7	142,720	150,142	- 1480,40	31612	7,1	6,77	7,50	10026,94	11103,00	1076,06
CeC5	10,4	163,130	144,174	- 1421,56	21123	8,2	6,68	7,50	9491,10	10661,70	1170,60
CeD6	14,5	240,260	288,089	- 2840,56	22788	10,6	5,24	7,50	14881,48	21304,20	6422,72
CeD7	12,9	166,860	153,550	- 1514,00	20101	8,7	7,05	7,50	10670,90	11355,00	684,10
AvA1	8,3	160,000	75,230	- 731,24	26791	5,8	13,40	7,50	9796,12	5484,30	-4311,82
AvA2	9,6	181,600	89,076	- 890,76	23341	6,6	10,56	7,50	9409,92	6680,70	-2729,22
AvB3	11,7	225,600	46,776	- 463,08	8032	8,2	12,96	7,50	6002,48	3473,10	-2529,38
AvB4	9,4	158,900	45,684	- 448,16	13339	6,3	12,16	7,50	5451,13	3361,20	-2089,93

- minori sono le dimensioni dei fusti utilizzati (tagli di avviamento) e maggiore è la quantità di materiale di piccole dimensioni che si tende a raccogliere;
- l'incidenza percentuale in numero di pezzi può anche essere rilevante ma, se si tratta del materiale di più piccole dimensioni (3-5 cm di diametro), l'incidenza percentuale in volume rimane su valori inferiori al 9% nel ceduo e di circa il 18% nelle conversioni;
- il materiale di più piccole dimensioni è quello che contribuisce in minima parte al volume complessivo lavorato ma che richiede, in proporzione, più lavoro.

Tabella 8 - Parametri per il calcolo del costo orario di una motosega di classe media e di un trattore equipaggiato forestale e con gabbie.

Parameters for the assessment of hourly cost of a chainsaw and of a pack saddle forest tractor.

Parametri di calcolo		Motosega classe media	Trattore 80CV con gabbie
Prezzo di acquisto	€	750,00	40000,00
Tasso d'interesse		0,03	0,03
Prezzo carburante (miscela con benzina agricola)	€/l	1,15	
Prezzo carburante (gasolio agricola)	€/l		0,64
Prezzo lubrificanti (olio catena)	€/kg	3,00	
Prezzo lubrificanti vari (in media)	€/kg		3,60
Costo annuo materiali	€/anno	250,00	500,00
rapido consumo			
Periodo di ammortamento	anni	4	10
Durata tecnica	ore	2000	10000
Coefficiente di riparazione		0,60	0,35
Percentuale spese varie (assicurazione, rimessa, etc.)		0,00	0,03
Consumo giornaliero carburante	l	3,0	20
Consumo giornaliero lubrificante	kg	1,5	0,5
Utilizzazione oraria giornaliera	ore/d	4	6
Utilizzazione giornaliera annua	d/anno	120	100
Utilizzazione oraria annua	ore/anno	480	600
Costo orario manodopera (con indennità motosega)	€/ora	15,00	
Costo orario manodopera (media trattorista/aiuto)	€/ora		14,50

**Figura 11** - Costi e prezzi a quintale della legna lavorata. *Firewood costs and prices per quintal.*

Costi e prezzi del lavoro

I costi del lavoro sono stati ricavati seguendo il metodo di HIPPOLITI (1997) ed attribuendo i parametri indicati nella Tabella 8; il prezzo del materiale lavorato è stato individuato con un valore medio di mercato della legna di cerro all'imposto.

Nella Tabella 9 sono riassunti i costi ed i ricavi del lavoro svolto, rapportati a quintale e ad ettaro.

Con l'organizzazione del lavoro descritta, con le attrezzature utilizzate e con la manodopera impiegata (operai in amministrazione diretta) risulta che la convenienza economica, per l'esecuzione dei lavori considerati, sia sostanzialmente dipendente dalle dimensioni dei fusti (diametro medio a 1,30 m superiore ai 12 cm), dai quali si ricava legna da ardere con diametro medio di poco più di 8 cm, e dall'intervento selvicolturale (i tagli di avviamento non sono economicamente convenienti). Tutto questo senza tener conto del valore di macchiatico e del reddito d'impresa (Figura 11).

Conclusioni

Dai dati raccolti, dalle esperienze maturate e da quanto osservato in precedenza, è possibile trarre le seguenti conclusioni:

- nell'operazione di abbattimento ed allestimento gli operatori dovrebbero operare individualmente per effettuare un lavoro più produttivo, stimato in un incremento delle produttività tra il 15% ed il 25% (FABIANO *et al.* 2002), e più rispondente all'attuale legislazione antinfortunistica; ciò è possibile con l'impiego di maestranze motivate e dotate di alta professionalità, acquisita anche con un'adeguata formazione professionale prevista dalla normativa vigente;
- l'operazione di esbosco dovrebbe essere pianificata in modo da essere collegata ad un'adeguata viabilità forestale e ad idonee attrezzature (trattori equipaggiati forestali con gabbie di grande capacità, intorno ai 5 mst) magari impiegando due trattori equipaggiati con gabbie ed un solo aiutante in bosco (FABIANO *et al.* 2002; FABIANO e PIEGAI 2000; FABIANO *et al.* 2001);
- dovrebbero essere impiegate le medesime maestranze sia per l'abbattimento e l'allestimento che per il concentramento e l'esbosco in modo da effettuare un lavoro più organico e funzionale nel

suo complesso;

- le produttività dipendono essenzialmente dalle dimensioni dei fusti che si utilizzano e dalla intensità di taglio, ma anche dalle condizioni della viabilità e dalle distanze di esbosco; questo è il motivo per cui cedui poveri o lontani dagli imposti normalmente non vengono utilizzati;
- l'aumentare delle dimensioni dei fusti porta ad un miglioramento del lavoro: si hanno normalmente meno fusti per unità di superficie, dai quali si ricava però materiale di più grandi dimensioni con conseguenti caratteristiche migliori (maggior coefficiente sterico, maggiore massa e minor numero di pezzi per unità di volume);
- nei tagli di avviamento si utilizzano generalmente fusti di minori dimensioni, rispetto alle normali utilizzazioni dei cedui, e si tende di conseguenza a raccogliere più materiale di piccole dimensioni per incrementare la massa raccolta.

Queste ultime considerazioni possono in parte spiegare il perché i proprietari privati continuano a tagliare il ceduo che consente di conseguire produttività più elevate, anche se spesso a scapito della qualità del lavoro, mentre i tagli di avviamento sono prevalentemente effettuati dagli enti pubblici con maestranze più attente alla qualità del lavoro che svolgono.

La necessità di contenere i costi, e quindi di conseguire produttività maggiori porta inoltre, come naturale conseguenza, ad un allungamento dei turni per lavorare materiale di più grandi dimensioni.

Date le caratteristiche del mercato della legna da ardere, caratterizzato da notevoli oscillazioni nell'arco dell'anno e negli anni, considerata anche la continua crescita negli ultimi tempi del prezzo dei prodotti petroliferi e vista l'aumentata richiesta del legno come combustibile da caldaie, le indicazioni che si ricavano da questo contributo sui diametri minimi per la convenienza economica del lavoro svolto sono da considerarsi indicative e relative ai parametri indicati.

Bibliografia citata

- AMORINI E., FABBIO G. 1988 - *L'avviamento all'alto fusto nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 15 anni dalla sua impostazione. Primo contributo* - Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo, Vol. XVII-1986: 6-101.
- AMORINI E., CANTIANI P., FABBIO G. 2003 - *Progetto Selvicoltura sostenibile per i cedui di cerro. Incontro tecnico Montieri (GR) 15 maggio 2003. ISSEL Arezzo, 14 p.*

- BERNETTI G., LA MARCA O. 1983 - *Elementi di dendrometria* – Edizioni SCAF, Poppi (AR).
- BERTI S., PIEGAI F., VERANI S. 1989 - *Manuale d'istruzione per il rilievo dei tempi di lavoro e delle produttività nei lavori forestali*. Quaderni dell'Istituto di Assestamento e Tecnologia Forestale, Università di Firenze, Fascicolo IV. Tipografia NOVA, Lastra a Signa (FI).
- CORSINI E. 2001 - *Produttività nelle operazioni d'abbattimento, allestimento ed esbosco a soma con trattore, in un taglio di maturità di un ceduo di cerro nel Complesso Forestale "Bandite di Follonica" (GR)*. Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali, Facoltà di Agraria, Università di Firenze. Tesi di Laurea.
- D.R.E.A.M. Italia 1993a - *Piano di gestione forestale 1994-2003 Complesso Forestale "Bandite di Follonica"*. Volume 1.
- D.R.E.A.M. Italia 1993b - *Piano particolareggiato di Assestamento forestale Complesso Forestale "Bandite di Follonica" 1994-2003*.
- FABIANO F., PIEGAI F. 2000 - *L'equipaggiamento forestale per i trattori agricoli*. Sherwood (58): 5-10. Compagnia delle Foreste, Arezzo.
- FABIANO F., MARCHI E., PIEGAI F. 2001 - *Note pratiche per l'impiego dei trattori con gabbie (esbosco a soma con trattori)*. Progetto Operativo Multiregionale: "Nuove metodologie per la gestione sostenibile dei sistemi forestali complessi dell'Italia Meridionale" (POM – Misura 2, Progetto B28, SISFOR). Pubblicato a cura di: Regione Sicilia, Assessorato Agricoltura e Foreste; Regione Basilicata, Agenzia Lucana di Sviluppo ed Innovazione in Agricoltura; Regione Campania, Assessorato Agricoltura.
- FABIANO F., MARCHI E., PIEGAI F. 2002 - *Sistemi di lavoro nelle utilizzazioni dei cedui e nei tagli di conversione*. In "Il bosco ceduo in Italia" a cura di O. Ciancio e S. Nocentini. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze: 497-520.
- HIPPOLITI G. 1997 - *Appunti di meccanizzazione forestale*. Collana Universitaria. Studio Editoriale Fiorentino, Firenze.
- HIPPOLITI G., PIEGAI F. 2000 - *Tecniche e sistemi di lavoro per la raccolta del legno*. Compagnia delle Foreste, Arezzo.
- PETRONZI F. 2002 - *Produttività nelle operazioni di abbattimento, allestimento ed esbosco a soma con trattore, in una conversione di ceduo di cerro nel Complesso Forestale "Bandite di Follonica" (GR)*. Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali, Facoltà di Agraria, Università di Firenze. Tesi di Laurea.
- PIEGAI F. 2005 - *Tagli di utilizzazione e di avviamento nei cedui quercini. Produttività a confronto*. Aula Magna Sherwood (117): 5-8. Compagnia delle Foreste, Arezzo.
- PIEGAI F., QUILGHINI G. 1993 - *Esbosco a soma con trattore* – Monti e Boschi, Anno XLIV (1): 36-44. Edagricole, Bologna.
- PIEGAI F., MARCHI E. 1996 - *Igiene ed ergonomia nel lavoro con motosega in soprassuoli di conifere*. Monti e Boschi, anno XLVII (5): 37-44. Edagricole, Bologna.
- PIEGAI F., FABIANO F., MARCHI E. 2003 - *Progetto "Selvicoltura sostenibile per i cedui di cerro"*. Incontro tecnico Montieri (GR) 15 maggio 2003. DISTAF, 8 p.
- PIEGAI F., FABIANO F., MARCHI E. 2004 - *Tagli di avviamento e normali utilizzazioni dei cedui: unità di misura e perdite di legna da ardere*. L'Italia Forestale e Montana, Anno LIX (6): 483-510. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Tip. Coppini, Firenze.

Sostenibilità economica delle utilizzazioni dei boschi cedui di quercia nel territorio toscano[§]

Claudio Fagarazzi¹, L. Carlo Fabbri¹, Roberto Fratini^{*}, Francesco Riccioli¹

Accettato il 6 luglio 2006

Riassunto – Il presente lavoro si propone di fornire un'analisi sulle potenzialità produttive dei boschi cedui di querce in alcune zone del territorio della Regione Toscana. Lo studio si pone inoltre l'obiettivo di evidenziare le componenti economiche che hanno caratterizzato in passato le utilizzazioni dei cedui quercini, le contrattazioni commerciali tra proprietà ed impresa e le attuali caratteristiche del mercato della legna da ardere. Tra gli aspetti esaminati vi è anche la valutazione della potenzialità di convertire ad alto fusto quelle superfici di ceduo quercino meno frammentate e facenti parte del cosiddetto demanio pubblico. Un cenno particolare è poi dedicato al meccanismo delle aste pubbliche nel territorio della Comunità Montana delle Colline Metallifere.

Parole chiave: *cedui quercini, mercato della legna da ardere, valutazione conversione ad alto fusto.*

Abstract – *Economical sustainability of oak coppice harvesting in Tuscany.* This paper proposes an analysis of the productive capacity of oak coppice in some areas of Tuscany. Coppicing continued as an important part of the estate and forest income until early 1970's when demand for wood fell into decline. Nowadays firewood still is an important fuel supply in rural areas and in many abandoned coppices the harvesting has begun again in many areas of Tuscany provinces. In this paper we suggest a method for analyzing the sustainable management conditions for oak forest from three major realms: environmental, social and economic. We try to exam the economical criteria adopted for oak forest assessment and point out commercial negotiations between property and wood enterprises. The accent falls on the capacity of converting oak coppices into high oak forest in the public domain. A special attention is then dedicated to the mechanism of public wood auctions in the territory of Colline Metallifere in the south of Tuscany.

Key words: *oak coppices, firewood market in Tuscany, appraisal of conversion of coppice into high forest.*

F.D.C. 642: 831.1:222:176.1Quercus (450.52)

Introduzione

La superficie forestale toscana, secondo i dati dell'Inventario Forestale Regionale (IFT 1998) è pari a 736.000 ettari, se ad essa aggiungiamo anche quelle superfici comprensive di arboreti, cespuglieti, macchia mediterranea, raggiungiamo i 1.086.000 ettari. I maggiori coefficienti di boscosità si trovano nelle Province con maggiori estensioni di territorio montano (51% a Lucca e 56% a Massa-Carrara) mentre i minimi si trovano nelle Province di Pisa (20%) e di Grosseto (20%) dove è marcata la vocazione agricola. La maggior parte del patrimonio forestale è privato e per lo più suddiviso in proprietà medio piccole. Secondo quanto indicato dal VII Censimento dell'agricoltura

(ISTAT 2001) oltre l'80% delle aziende possiede superfici forestali di dimensioni inferiori ai 10 ettari.

I boschi con prevalenza di cerro, indipendentemente dalla forma di governo, ammontano a 237.760 ettari. Le superfici forestali in cui il cerro si associa ad altre specie (faggio, abete bianco, roverella, carpino nero, rovere, pino marittimo, farnia, leccio, *etc.*), giungono ad oltre 440.000 ettari. Se invece limitiamo l'analisi delle superfici ai soli boschi cedui risulta che in Toscana essi ricoprono una superficie di oltre 590.000 ettari (Tab. 1), dei quali il 40% è rappresentato da cedui misti, seguono quelli di castagno (15%) e quelli di cerro (14%). Le province con la maggiore superficie coperta da cedui sono Grosseto (19,5% del totale), Siena (17,5%), Firenze (17%) e Arezzo (16%).

[§] Lavoro svolto nell'ambito del progetto "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e colturale di differenti modalità di matricinatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno" promosso e finanziato dall'ARSIA-REGIONE TOSCANA e coordinato dall'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo. Lo studio è frutto della collaborazione tra gli autori: C. Fagarazzi ha redatto i par. Introduzione e Quadro di diffusione; R. Fratini i par. Modalità di vendita e mercato; Dati del campione; Analisi delle produzioni...; La conversione all'alto fusto...; Conclusioni; ; F. Riccioli i par. Le utilizzazioni dei cedui e Descrizione del territorio; C. Fabbri il par. La vendita dei lotti e il mercato. Tutti gli autori hanno partecipato alla raccolta e all'elaborazione dei dati economici.

* Autore corrispondente rfratini@unifi.it

¹ Dipartimento di Economia Agraria e delle Risorse Territoriali – Università degli Studi di Firenze.

Tabella 1 - Superficie a ceduo in Toscana. Fonte: Inventario forestale Regione Toscana, 1998.
Coppice Square measure in hectares. Source: Regional Forest Inventory, 1998.

	ettari
cedui di faggio	55.776
cedui di castagno	87.856
cedui di roverella	46.816
cedui di cerro	82.368
cedui di carpino nero	21.040
cedui di leccio	25.024
cedui misti con conifere prev. Latifoglie	31.888
cedui misti con conifere prev. Conifere	2.016
cedui misti	238.336
boschetti misti	4.048
formazioni riparie	16
Totale	595.184

Dal quadro introduttivo delle risorse forestali regionali ed in particolare dei soprassuoli quercini, emerge l'esigenza di analizzare quanto questi boschi contribuiscano in termini produttivi allo sviluppo economico delle aree rurali sia per la produzione di legname da lavoro e di legna da ardere sia in termini di benefici ambientali per l'intero territorio. Lo studio si propone pertanto di verificare se l'utilizzo di tali superfici boscate avvenga secondo criteri di sostenibilità economica e ambientale o se invece al contrario le attuali utilizzazioni boschive non privilegino il solo criterio dello sfruttamento a fini produttivi del bosco.

L'indagine da noi condotta interesserà alcune aree campione della Toscana centro meridionale particolarmente significative per la diffusione del bosco ceduo di cerro e anche per la commercializzazione del prodotto legnoso ricavato.

Breve quadro sulla diffusione delle querce in Toscana. Alcuni dati storici

Le querce che presentano una consistente diffusione nel territorio toscano sono, com'è noto la roverella (*Quercus pubescens*), il cerro (*Quercus cerris*) e tra le sempreverdi il leccio (*Quercus ilex*). L'azione secolare dell'uomo ha fortemente ridotto le superfici interessate da altre specie: la rovere (*Quercus petraea*) e la farnia (*Quercus robur*), tra l'altro le più prestigiose per le qualità del loro legno. La presenza della rovere oramai ridotta a pochi esemplari è messa in discussione dalla presenza di forme ibride con la roverella, specie molto affine come caratteristiche morfologiche. La farnia è anch'essa abbastanza rara, e malgrado una presenza leggermente superiore a quella della rovere, si trova soltanto con alcuni esemplari nelle aree litoranee, in particolare nel Parco di San Rossore e a Migliarino.

L'azione dell'uomo ha danneggiato le specie di quercia più esigenti per favorire quelle più resistenti: cioè la roverella ed il cerro (BERNETTI 1987). La roverella è una specie termofila e xerofila, si ritrova ad altitudini diverse (tra i 200 e 800 metri s.l.m.), adattandosi ai terreni più diversi, anche di origine calcarea. Presenta accrescimenti molto lenti, si mantiene almeno per alcuni anni in forma arbustiva e risulta particolarmente resistente alle forme di erosione e di degrado ambientale (inquinamento, erosione, etc.). Il materiale legnoso ricavato dalla roverella è rappresentato da legna da ardere o da carbone, raramente si ottengono tronchetti e travi per costruzioni. Secondo documenti tramandati da PRUSSI (1980) e ampiamente ricordati da BERNETTI (1987) "una pratica molto diffusa per questa querce era rappresentata dalla *capitozzatura*, una tecnica di potatura particolarmente adatta per la raccolta della frasca. Fin dal 1500 si parlava di rilascio di *scapitornie*. Ne sono testimonianza numerose querce con presenza di vistose cicatrici sul tronco in località Le Sieci, Terzano di Ripoli, S. Donato in Collina".

Il cerro presenta una diffusione che va dalla bassa collina fino a 800 metri di altitudine, occupa la fascia di transizione tra l'orizzonte delle sclerofille e quello delle latifoglie eliofile (*Castanetum* freddo), ma può espandersi nella zona del *Fagetum* e del *Lauretum* (cfr. GELLINI e GROSSONI 1997). In genere si tratta di una specie diffusa in terreni più fertili rispetto a quelli della roverella, altrimenti stenta nell'accrescimento e tende ad essere sopraffatto dalla concorrenza di altre specie. Talvolta questa pianta può invadere i castagneti radi o i coltivi abbandonati. Nelle zone collinari interne della Toscana il cerro lascia alla roverella i terreni calcarei e forma nei terreni più profondi e freschi boschi rigogliosi (cfr. BERNETTI 1987). E' presente anche all'interno delle pinete di pino marittimo dove non soffre fenomeni di competizione per la conquista di spazio e della luce. Lo si riscontra anche se con accrescimenti limitati nelle colline argillose del pliocene. In ambito toscano dove prevale la proprietà privata il cerro è sempre stata la specie forestale maggiormente adoperata per la produzione di legna da ardere, di tannino oppure piccoli oggetti da lavoro (cfr. BERNETTI 1985).

Le utilizzazioni dei cedui in Toscana

La legna da ardere deriva in grande preponderanza da tagli di boschi cedui in massima parte (65%)

costituiti da specie quercine (cerro, roverella, *etc.*). Secondo i dati pubblicati dall'ISTAT (1961-1993), su di una produzione legnosa totale di oltre 1 milione di metri cubi, i prelievi regionali costituiti da legna da ardere ammontavano nel 1996 a circa 700.000 metri cubi, di cui il 60% proveniente da soprassuoli di cerro. I prelievi più elevati si registravano in provincia di Grosseto (25%), Firenze (17%), e Arezzo (15%) (MARONE e FRATINI 2000). L'utilizzazione di legname da lavoro non supera un valore medio di 25.000 metri cubi.

Se osserviamo l'andamento delle utilizzazioni boschive (comprehensive di legna da ardere e carbone) a carico del bosco ceduo¹, in Toscana, nel periodo 1962-1993, (dati ISTAT), risulta che la produzione di materiale combustibile è passata da oltre 900.000 metri cubi del 1960 a 490.000 metri cubi del 1970, per poi ridursi ancora nel decennio successivo: nel 1980 raggiunge i 285.000 metri cubi. Successivamente, nel periodo 1980-1990, le produzioni si incrementano, con andamenti alterni, per superare gli 800.000 metri cubi negli anni novanta². Il calo delle utilizzazioni di legna da ardere ha avuto nel primo ventennio come conseguenza diretta una diminuzione delle cure selvicolturali e dell'organizzazione aziendale che fino ad allora aveva mantenuto queste superfici boscate efficienti sia dal punto di vista produttivo sia da quello ambientale. Per quanto riguarda la ripresa delle utilizzazioni dei boschi cedui³, si può osservare come questo fenomeno sia in gran parte dovuto alla rivalutazione del prezzo della legna da ardere, alle più alte rese di lavorazioni attuabili con la meccanizzazione forestale ma anche per il sopravanzare di un altro fenomeno rappresentato dal diffondersi del turismo collinare e montano che ha fortemente incrementato la domanda di materiale combustibile. Esempi particolarmente significativi in questo senso si hanno sia nell'alta Maremma e nel Chianti, dove le utilizzazioni a carico del ceduo di querce hanno ricominciato ad assumere una certa rilevanza proprio a partire dalla metà degli anni settanta, per poi divenire nella anni novanta un fatto di ampia diffusione.

Le modalità di vendita dei lotti boschivi e il mercato della legna da ardere

Com'è noto la vendita dei lotti boschivi "avviene secondo procedure che differiscono da regione a regione, ma anche nell'ambito di un singolo comune si possono osservare differenti tipologie di vendita, sia per le varie situazioni selvicolturali, che per le diverse dimensioni di lotti e le esigenze organizzative dei proprietari" (BERNETTI I. e ROMANO S. 2006; PETTENELLA *et al.* 1997).

La distinzione più comune che viene effettuata è tra vendita in "piedi" e vendita "a strada". Quando un bosco viene ceduto in piedi, il proprietario della superficie forestale non si fa carico delle operazioni di utilizzazione boschiva, ma si limita a controllare che le operazioni di taglio ed esbosco siano effettuate secondo le regole previste dalla normativa in vigore (CASINI e ROMANO D. 1988). Nella vendita a bordo strada, la proprietà si occupa direttamente dell'utilizzazione boschiva e anche della commercializzazione del prodotto grezzo⁴. Una distinzione della vendita dei boschi in piedi è quella tra vendita a corpo o a misura. La prima viene utilizzata solitamente per boschi cedui o per fustaie di latifoglie e trova maggiore diffusione soprattutto nel centro-sud Italia. Si tratta di una stima a carattere speditivo ma che comporta rischi abbastanza evidenti di sottovalutazione della massa legnosa in piedi. "Tuttavia, se si è in possesso di sufficiente esperienza e se il lotto non è troppo esteso, la vendita a corpo potrebbe rappresentare un vantaggio economico per l'acquirente" (BERNETTI I. e ROMANO S. 2006). La vendita a misura non è altro che la vendita delle piante tagliate e misurate.

Commercialmente la legna da ardere è classificata in pezzatura "grossa" o "minuta". In genere quella grossa forma la catasta⁵ di varie dimensioni e pesi. La catasta è a sua volta distinta in "dolce" e "forte" a seconda delle specie prevalenti. Le querce fanno parte della legna forte, a più elevato potere calorifico, come pure di "pedagna" e di "spacco", a seconda che sia formata da ceduo o da tronchi o rami di matricine.

¹Il solo prodotto dei cedui è la "legna da catasta" e i tagli intercalari non si praticano più. Il pascolo viene esercitato solo in poche aziende e con carichi molto modesti.

²Le rilevazioni ISTAT, a livello regionale, si interrompono nel 1994.

³Piano di Sviluppo Rurale della Regione Toscana, misura 8.2.

⁴Entrambe le metodologie di vendita, presentano due modalità differenti ed alternative di esecuzione: la vendita in piedi si differenzia in vendita "a corpo" e vendita "a misura", mentre la vendita del legname allestito si può essere eseguita con lavori "in economia" e con lavori "in appalto" (PETTENELLA 1994).

⁵Il termine catasta ha due significati: insieme di tronchi o di legnami segati a scopo di deposito; un insieme di tronchi, tronchetti, o più in generale di altri assortimenti legnosi stivati in modo alquanto regolare a scopo sia di deposito che di misura. Un metro stero è un'unità di misura riconosciuta per il legname in catasta ed esprime il volume di una catasta avente lunghezza di 1 metro, larghezza ed altezza di 1 metro.

Tabella 2 -Prezzi medi di mercato (€/q) di legna da ardere, fresca in alcune aree del territorio toscano. Fonte. n.s. elaborazioni su dati Sherwood (annate varie).
Market average prices of green firewood in Tuscany. Source: Our elaborations from Sherwood review.

Provincia	Specie legnosa	2000	2001	2002	2003	2004	2005
FI	Cerro	5,00	5,16	5,25	6,00		6,50
FI	Faggio						
FI	Robinia						4,50
Lu	Cerro	5,68	5,94	6,25	7,50	7,00	6,25
Lu	Faggio		5,16				
Lu	Robinia	4,65	4,65	4,80	4,75	5,00	
Li	Cerro	5,68	5,68	4,25	4,25	6,50	6,00
Li	Faggio						
Li	Robinia						
Ar	Cerro	4,65	4,65	5,18	5,50	6,00	5,50
Ar	Faggio	4,90	4,13	4,65			4,50
Ar	Robinia		4,13				4,50
Pt	Cerro	4,70				6,00	6,10
Pt	Faggio	3,61	4,39		6,00	6,00	6,00
Pt	Robinia						
Si	Cerro	5,16	5,16		5,50		6,00
Si	Faggio						
Si	Robinia						
Gr	Cerro	4,80	5,68	5,20	5,75	6,00	6,50
Gr	Faggio						
Gr	Robinia						
Pi	Cerro	5,00	5,16			6,20	6,00
Pi	Faggio						
Pi	Robinia		4,39			5,00	4,50

In passato, (intorno agli anni sessanta), in genere le vendite avvenivano a peso o a soma. La soma era costituita da due balle magonali toscane o romane. Le due balle differivano per la dimensione, *quella toscana normalmente era pari a m 1,47 x m 0,90 con un peso compreso tra 70 e 115 Kg; quelle romane invece presentavano dimensioni di m 1,50 x m 0,80, con un peso compreso tra i 70 e i 95 Kg* (BELLUCCI 1952). Il divario nel peso risultante era da attribuirsi quasi totalmente al diverso assestamento del prodotto nella balla e alla diversa pezzatura della legna.

Per quanto concerne il mercato attuale della legna da ardere è interessante evidenziare attraverso i dati pubblicati nella letteratura specializzata⁶, confrontati con quelli delle Camere di Commercio delle province toscane, quanto il prezzo di mercato della legna da ardere sia cresciuto nel periodo compreso tra il 2000 ed il 2005. Le specie prese in esame sono le più rappresentative delle tipologie di boschi cedui presenti sul territorio toscano e più commercializzate a livello locale (cerro, faggio, robinia). Le informazioni prendono in considerazione due stadi distinti del processo di allestimento: il primo, (Tab. 2), in cui si fa riferimento a legna tagliata a 1 metro di lunghezza e accatastata all'imposto, mentre nel secondo caso, (Tab. 3), il prodotto in vendita ha subito un processo

di stagionatura, un depezzamento a misura di stufa e nel prezzo è compreso anche il costo del trasporto a domicilio.

Se consideriamo il periodo 2000-2005, Tabella 2, i prezzi medi a valore corrente della legna da ardere di cerro, calcolati all'imposto, mostrano un incremento medio pari al 23%. L'incremento di maggiore consistenza è quello della provincia di Grosseto (35%), una piazza da sempre molto importante per la commercializzazione di tale assortimento legnoso. Si riscontra una crescita consistente anche per le province di Firenze e Pistoia (30%), più lieve entità invece in provincia di Livorno (6%) che fa registrare la crescita minore tra tutte le province toscane.

Per quanto riguarda gli altri assortimenti legnosi tipici delle formazioni di cerro (carbone, fascine⁷, piccola paleria *etc.*) che in passato assumevano un ruolo di importante nelle utilizzazioni boschive, questi non sono stati oggetto di rilevazioni di mercato. E' da sottolineare che il loro uso è andato progressivamente a scomparire nel tempo. Per alcuni di essi, è il caso del carbone di canello, esistono interessanti esperienze di produzione che trovano nel mercato della ristorazione la collocazione commerciale del prodotto finale (NATI, FABBRI, SPINELLI e NICOLOSO 2004).

⁶Rilevazioni dalla rivista SHERWOOD (2004-2005); inserto Tecnico Pratico.

⁷Le fascine di stipa erano ottenute dalla ripulitura del ceduo al 4° anno di età e dal taglio delle specie infestanti a fine turno (BELLUCCI 1952).

Tabella 3- Prezzi medi di mercato (€/q), della legna da ardere, stagionata, in alcune aree del territorio toscano. Fonte. n.s. elaborazioni su dati Sherwood (annate varie).
Market average prices of seasoned firewood in Tuscany. Source: Our elaborations from Sherwood review.

Provincia	Specie legnosa	2000	2001	2002	2003	2004	2005
FI	Cerro		0,00		10,00		
FI	Faggio						
FI	Robinia						
Lu	Cerro	10,00	0,00				10,00
Lu	Faggio		0,00				8,50
Lu	Robinia	7,74	0,00				8,00
Li	Cerro	10,00	0,00		9,50		
Li	Faggio						
Li	Robinia				8,25		
Ar	Cerro	7,74	0,00	9,30	9,50		10,00
Ar	Faggio						
Ar	Robinia						
Pt	Cerro	5,94					
Pt	Faggio	5,68					
Pt	Robinia						
Si	Cerro	10,00	0,00		6,75		
Si	Faggio						
Si	Robinia						
Gr	Cerro	8,52	0,00	10,30	10,50		12,00
Gr	Faggio						
Gr	Robinia						
Pi	Cerro						
Pi	Faggio						
Pi	Robinia						6,50

La stima del costo delle utilizzazioni in alcune aree del territorio toscano

Descrizione del territorio interessato da alcuni esempi di utilizzazione: Chianti, Alta Val d'Elsa, Colline Metallifere

La raccolta di dati tecnici ed economici sull'utilizzazione dei cedui quercini ha interessato alcune micro-aree del territorio toscano (Fig. 1 e Tab. 4). In particolare ci siamo avvalsi di rilevazioni aziendali di utilizzazione in boschi cedui a prevalenza di cerro, collocate in differenti zone del territorio toscano:

- Chianti senese e fiorentino, nei comuni di Greve, Reggello, Castellina in Chianti e Radda in Chianti;
- Alta Val d'Elsa, nei comuni di Radicondoli, Poggibonsi e Casole d'Elsa;
- Colline Metallifere, nei comuni di Montieri, Monterotondo e Roccastrada.

Le nostre rilevazioni hanno interessato lo svolgimento delle utilizzazioni del ceduo quercino e in particolare, il taglio a raso e i tagli di primo avviamento all'alto fusto. Le particelle forestali interessate fanno parte di ambiti aziendali ad ordinamento culturale prevalentemente agricolo, dove l'attività forestale contribuisce solo in parte alla formazione della produzione lorda vendibile.

Per ciascuna parte del territorio interessata dai rilievi tecnici ed economici, riportiamo brevemente

una descrizione sottolineando gli aspetti più tipici e caratteristici dal punto di vista culturale.

(a) Il Chianti, rappresenta una componente fondamentale del territorio toscano, celebre in tutto il mondo per la bellezza del suo paesaggio e l'eccellenza dei suoi vini. Si estende per oltre 70.000 ettari ed è compreso tra le province di Firenze, Siena ed Arezzo. Il paesaggio, vario e modellato, offre nella parte meridionale un aspetto montuoso collinare, quasi selvaggio con colline impervie a preminenza del bosco rispetto alle coltivazioni agrarie. Nel basso

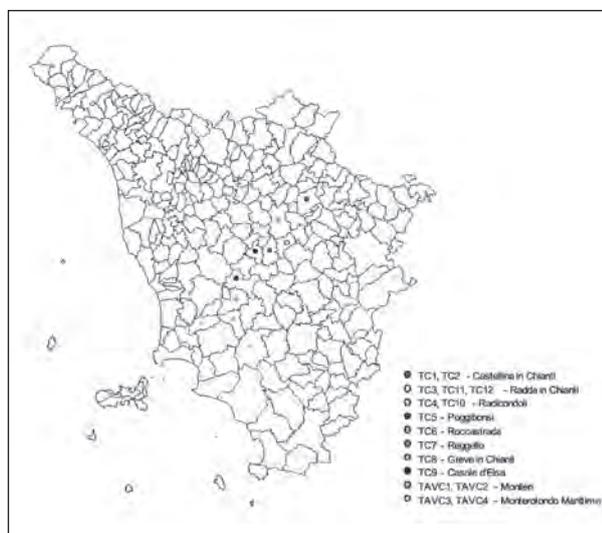


Figura 1 – Localizzazione geografica delle aree campione.
Geographical location of sample areas.

Chianti invece la collina diventa più dolce, aumenta la superficie coltivata rispetto all'inculto ed al bosco e la densità di popolazione si fa più elevata. La superficie forestale⁸ è pari a circa il 45% dell'intero territorio ed occupa i terreni peggiori, più declivi, scarsamente lavorabili e meccanizzabili. La distribuzione non è però uniforme, nell'Alto Chianti il tasso di boscosità è più elevato: quasi il 50% della superficie produttiva, scende invece al di sotto del 20% nel basso Chianti. Alla fine del secolo scorso il bosco si estendeva per oltre il 60% del territorio invadendo anche il fondo valle dove oggi si incontra l'olivo. Attualmente la tipologia boschiva più diffusa nel Chianti è rappresentata dai cedui di querce, a prevalenza di roverella, cerro e per alcuni tratti anche di leccio. Fra queste specie il cerro, come già ricordato, è quella che presenta l'accrescimento legnoso più elevato tale da sovrastare in altezza la roverella dove il terreno è più profondo e fresco (BERNETTI 1987).

(b) Un'altra area esaminata nell'ambito dell'indagine sulle produzioni dei cedui quercini è l'Alta Val d'Elsa. Questo territorio prende appunto il nome dal fiume Elsa, che nasce dal versante occidentale della Montagnola Senese. Si tratta di un territorio collinare talvolta a ripido pendio, con frequenti frane e smottamenti, considerata la natura argillosa del sottosuolo. La superficie forestale è di circa 27.000 ettari ed è in prevalenza formata da boschi cedui in cui la componente quercina è predominante. I boschi cedui, erano in passato trattati con turni oscillanti tra gli 11 e i 15 anni, lasciando in genere una matricinatura di circa 200 piante ad ettaro, la densità delle ceppaie variava tra le 1300 e 2500 per ettaro (GAJO 1961; MARINELLI 1980). Oggi il turno medio di utilizzazione è intorno ai 22 anni e la legna da ardere è utilizzata in luoghi adibiti ad agriturismo, quasi tutti oramai muniti di camini tradizionali e/o termocaminetti, oltre che per il riscaldamento delle abitazioni della popolazione che vive nei piccoli centri rurali.

(c) Il territorio delle comunità Montana delle Colline Metallifere in provincia di Grosseto ha rappresentato la terza area di riferimento per la raccolta dati sulle utilizzazioni dei cedui di cerro ed in particolare

sulle conversioni ad alto fusto. Si tratta di un'area di grande interesse geologico e geominerario⁹, ove la componente forestale copre una superficie di 30.636 ettari, pari ad oltre il 50% della superficie territoriale. Nella fascia alto collinare e submontana è prevalente il cerro che dà luogo a boschi puri o misti a latifoglie del piano basale o submontano quali leccio, roverella, carpini, orniello e castagno. I cedui, che sono divenuti la forma produttiva più diffusa, presentavano in passato cicli di produzione compresi tra i 12 e 15 anni fino ad arrivare anche ad una durata, in taluni casi, di 20-25 anni. Le utilizzazioni permettevano di ottenere fino a 80-150 metri cubi ad ettaro di legname¹⁰ (di cui 100-200 q.li di carbone); da un ceduo di roverella 50-70 metri cubi ad ettaro, con produzioni di 60-100 q.li di carbone ad un'età di 15 anni; dalla ripulitura del ceduo si ricavano poi fascine di stipa spesso utilizzabili per la produzione di brace. Adesso i turni sono allungati (mediamente 20-25) e nei comprensori di proprietà pubblica si sono avviati numerosi interventi di conversione all'alto fusto.

Dati tecnici relativi al campione esaminato

Le aree forestali da noi considerate comprendono cedui a prevalenza di cerro, con turni di utilizzazione compresi tra i 18 ed i 30 anni. Le aree dove si sono eseguiti gli interventi di utilizzazione del ceduo appartengono in prevalenza a privati, mentre quelle in avviamento all'alto fusto sono di proprietà pubblica. I soprassuoli, in genere di piccole dimensioni annessi ad un più ampio comprensorio agricolo, vengono solitamente venduti in piedi, più esattamente "a corpo". Le imprese di utilizzazione boschiva che hanno operato in questo ambito sono di provenienza locale e solo in qualche caso provengono da altre province. Il dato di partenza per la nostra elaborazione, oltre alla conoscenza della massa legnosa utilizzata al turno consuetudinarmente seguito, è l'entità del valore di macchiatico pagato al proprietario del fondo. Attraverso le informazioni raccolte dai proprietari dei fondi agricoli e dal personale del Corpo Forestale, si è ricostruito ed analizzato il costo dell'utilizzazione forestale cercando di evidenziare i margini di utile esistenti per il

⁸Nonostante l'aridità del clima e la povertà dei suoli, la superficie boscata del Chianti è elevata e caratterizzata dalla presenza di querceti misti, piccole superfici di pineta e cipressete.

⁹In particolare l'area intorno a Massa Marittima è ricca di giacimenti di solfuri misti (rame, zinco e piombo): i filoni minerari più importanti sono presso le località di Boccheggiano, Montieri, Gerfalco e Fenice Capanne. Il territorio è caratterizzato dal fenomeno dei soffioni boraciferi, sfruttati per la produzione di energia elettrica nei campi di vapore.

¹⁰La legna da ardere veniva in genere accatastata (la catasta presentava un fronte di 4 metri circa, un'altezza di 1 metro e una profondità di 1 metro, che corrispondevano a circa 4 metri steri).

proprietario del fondo e l'entità dei redditi fondiari che scaturiscono da queste produzioni. Le aree esaminate sono state classificate con la dicitura "TC (TC1-TC12)" per le tagliate del ceduo, "TAVC (TAVC1-TAVC4)" per gli interventi di avviamento all'alto fusto.

Le variabili considerate riguardano le tipologie di esbosco (in relazione alle classi di pendenza e di distanza di esbosco) e sono le seguenti:

- Condizioni di lavoro facili: distanza media di esbosco inferiore a 500 metri;
- Condizioni di lavoro medie: distanza di esbosco fra 500 e 1000 metri con esbosco in piano;
- Condizioni di lavoro difficili: distanza media di esbosco superiore a 1000 metri oppure distanza di esbosco compresa fra 500 e 1000 metri con esbosco prevalentemente in salita.

Le classi di pendenza considerate sono pari a:

I° classe di pendenza: 0-20%;

II° classe di pendenza: 20-40%;

III° classe di pendenza: > 40%.

La legna da ardere, è risultata l'unico assortimento ricavato, la vendita è avvenuta all'imposto, caricata su camion o semplicemente accatastata.

Analisi a livello aziendale delle produzioni di legna da ardere. Aspetti tecnici ed economici degli interventi di utilizzazione forestale.

La modalità di lavoro prescelta ha previsto le seguenti fasi: a) abbattimento e allestimento del legname; eseguiti da 2 squadre con 2 o 4 operai ciascuna dotati di 2 motoseghe per squadra; b) esbosco del materiale allestito, per le aree TC1 e TC10 e TAVC1-TAVC4, a seconda delle condizioni di pendenza con trattore con gabbie o con trattore e rimorchio. Ha operato una squadra con composizione variabile da 2 a 4 operai.

Vale la pena di sottolineare che tutti gli interventi di utilizzazione boschiva e pertanto i risultati economici ottenuti sono stati condizionati oltre che dalla pendenza e dall'accidentalità del terreno, anche dall'intensità del taglio e dalle dimensioni dei fusti utilizzati (HIPPOLITI e PIEGAI 2000). Questi elementi, com'è noto sono particolarmente influenti nel determinare la riuscita dell'intervento ed il costo conseguente di utilizzazione (i maggiori gradi di pendenza ed accidentalità della particella condizionano la scelta di una tecnica di

esbosco rispetto ad un'altra) (Tab. 5). Per il calcolo del costo della manodopera si sono utilizzate le tabelle salariali CIRL degli operai forestali della Regione Toscana, in vigore dal 01.01.2005¹¹. Per quanto concerne i costi macchina si sono eseguite simulazioni di costo seguendo schemi di calcolo noti in letteratura (HIPPOLITI 1997; BERNETTI e ROMANO 2006).

L'esame dei risultati ottenuti ci indica che per le aree comprese tra TC1 e TC12 il costo di utilizzazione medio, per quintale di legna da ardere prodotta, è risultato pari a 3,95 euro, con un minimo di 3,16 euro nella particella TC7 ed un massimo di 5,04 euro nella particella TC3. Nelle aree in conversione invece il costo medio risulta più elevato raggiungendo 6,11 euro per quintale. Come precedentemente osservato l'elemento che maggiormente condiziona la variabilità del prezzo è il grado di accessibilità della particella e pertanto la presenza o meno di viabilità primaria e secondaria.

Per quanto concerne la componente attiva del bilancio economico delle operazioni forestali, viste le buone produzioni legnose ottenute, comprese tra 700 e 1400 quintali ad ettaro per i cedui e 350 e 450 quintali per le aree in conversione, considerato poi che per 14 delle 16 aree la vendita della legna da ardere avviene previo caricamento su camion, il prezzo medio di mercato è risultato pari a 6,85 euro a quintale. Per il materiale legnoso esboscato accatastato all'imposto il prezzo medio di mercato è risultato di 5,25 euro per quintale.

Il prezzo di macchiatico medio nelle aree a taglio

Tabella 4- Localizzazione geografica delle aree campione.
Geographic location of sample areas.

n°	Area geografica di riferimento	Provincia	
TC1	Chianti senese	Siena	Castellina in Chianti
TC2	Chianti senese	Siena	Castellina in Chianti
TC3	Chianti senese	Siena	Radda in Chianti
TC4	Alta Val d'Elsa	Siena	Radicondoli
TC5	Alta Val d'Elsa	Siena	Poggibonsi
TC6	Colline grossetane interne	Grosseto	Roccastrada
TC7	Chianti fiorentino	Firenze	Reggello
TC8	Chianti fiorentino	Firenze	Greve
TC9	Alta Val d'Elsa	Siena	Casole d'Elsa
TC10	Alta Val d'Elsa	Siena	Radicondoli
TC11	Chianti Senese	Siena	Radda in Chianti
TC12	Chianti Senese	Siena	Radda in Chianti
TAVC1	Colline metallifere	Grosseto	Montieri
TAVC2	Colline metallifere	Grosseto	Montieri
TAVC3	Colline metallifere	Grosseto	Monterotondo
TAVC4	Colline metallifere	Grosseto	Monterotondo

¹¹Sappiamo a questo proposito che molte lavorazioni vengono svolte da manodopera extracomunitaria, non inquadrata in regolari contratti di lavoro. In tal caso il costo delle operazioni di taglio ed esbosco si riduce notevolmente (anche del 50%).

raso è pari a 2,71 euro per quintale, mentre in quelle dove è stato eseguito un primo taglio di avviamento all'alto fusto risulta appena positivo, totalizzando 0,51 euro per quintale. Sul dato medio influisce fortemente il saldo negativo della area TAVC2 (-1,55 euro per quintale), che presenta condizioni proibitive in termini di accessibilità¹². Tra gli aspetti di differenziazione che maggiormente emergono per le aeree in conversione rispetto a quelle a taglio raso, è da annotare l'età media del primo intervento, generalmente intorno ai 30 anni e come elemento aggiuntivo la possibilità di usufruire di incentivi finanziari secondo quanto previsto dalla misura 8.2 del Piano di Sviluppo Rurale della Toscana¹³.

I risultati ottenuti, esaminati nella loro totalità, appaiono poco remunerativi per il proprietario del fondo. Può accadere però che in alcuni casi, trattandosi di particelle forestali inserite in aree agricole di vaste dimensioni, quanto ricavato dalla vendita del legname in piedi costituisca una fonte di reddito integrativa, visto che molto spesso l'unica alternativa all'attuale utilizzo è rappresentata dall'abbandono del bosco o dal taglio della particella più vicina alla viabilità primaria. Sulla attendibilità dei risultati ottenuti è importante ricordare quanto alcuni autori hanno evidenziato a proposito del valore di macchiatico (CARBONE e RIBAUDO 2005); ovvero: per la valutazione del valore di trasformazione di una massa legnosa... "si ritiene che l'evidente eterogeneità del bosco e dei valori ambientali in esso presenti, chiederebbe di non operare secondo criteri consuetudinari, ma fare riferimento a

tecniche, tecnologie ed organizzazione del cantiere più confacenti alle condizioni stazionali...". Nella fattispecie delle aree dimostrative da noi esaminate, questo principio non è stato seguito in quanto le metodologie utilizzate sono state quelle tradizionali: motosega, trattore con carrello o con gabbie, manodopera con livello medio-basso di specializzazione.

In Tabella 5 sono riportati i dati tecnici ed economici relativi alle aree di studio, la Tabella 6 riporta invece le variazioni di reddito fondiario periodico del reddito fondiario annuo¹⁴ in funzione di quattro possibili saggi di interesse utilizzabili per tale simulazione: 1,5%, 2%, 3% e 4%¹⁵. In termini di reddito fondiario annuo i valori più elevati¹⁶ sono risultati quelli della particella TC6:

- a) 129,4 €/ha/anno applicando al calcolo finanziario un saggio di interesse del 1,5%;
- b) 122,23 €/ha/anno applicando un saggio del 2%;
- c) 108,61 €/ha/anno applicando un saggio del 3%;
- d) 96,05 €/ha/anno applicando un saggio del 4%.

E' importante sottolineare che i risultati ottenuti, considerata la limitatezza del campione, forniscono solo un'indicazione di massima sulla convenienza finanziaria di utilizzo dei boschi cedui quercini toscani da parte del proprietario boschivo. Al fine di ottenere una maggiore certezza di tali scelte, occorrerebbe probabilmente una casistica più ampia di realtà aziendali distribuita in maniera più uniforme nel territorio regionale.

¹²In questo caso siamo di fronte a condizioni di esbosco poco favorevoli, in particolare: la distanza da percorrere per raggiungere l'imposto e le condizioni di carico del legname sono più difficoltose rispetto al contesto dei casi esaminati.

¹³Si tratta delle misure che considerano il "Miglioramento di boschi a struttura e destinazione specifiche: castagneti da frutto e da legno, pinete mediterranee, sugherete, foreste periurbane, boschi da seme, foreste ad alta valenza ambientale e paesaggistica". I miglioramenti potranno riguardare anche formazioni riparie, alberature e formazioni lineari arbustive e singoli alberi monumentali (art. 30; PSR Regione Toscana 2001). Il contributo in conto capitale è modulato a seconda della figura imprenditoriale (giovane imprenditore, associazione di comuni, enti pubblici, cooperative etc.), della zona di riferimento (zona svantaggiata).

¹⁴Alcuni dettagli relativamente ai calcoli dei costi di utilizzazione e alle valutazioni di tipo finanziario:

Reddito fondiario a fine turno

$$Rf_t = Pt - (Rq + s \cdot \frac{q^t - 1}{r}) \quad (1)$$

Reddito fondiario annuo

$$Rf_a = Rft \cdot \frac{r}{q^t - 1} \quad (2)$$

Rft = reddito fondiario a fine turno;

Pt = valore di macchiatico;

R = spesa di rinnovazione;

s = spese annue costanti (imposte, tasse et altre voci)

t = turno adottato

(MERLO 1991).

¹⁵In allegato I è riportata una spiegazione più dettagliata del metodo di calcolo.

¹⁶Per il calcolo del reddito fondiario periodico si sono considerati oltre ai valori di macchiatico anche i costi annui di gestione che nella fattispecie sono riferiti ai soli aspetti fiscali (imposte e tributi).

Tabella 5 - Dati tecnici ed economici delle aree in cui sono stati eseguiti utilizzazioni boschive.
Technical and economic data from lumbering areas.

Particella	superficie particella (ha)	Massa legnosa utilizzata	distanza di esbosco (m)	Tipo di esbosco	Età al momento dell'intervento	costo di utilizzazione €/q.le	Prodotto legnoso	Modalità di vendita	Prezzo di mercato €/q.le	Prezzo di macchiatico (€/q.le)
TC1	1,42	820,00	300,00	tratt+gabbie	21	4,02	l. ardere	Legna caricata su camion	7,00	2,98
TC2	2,00	1050,00	350,00	tratt+gabbie	21	4,52	l. ardere	Legna caricata su camion	6,80	2,28
TC3	3,21	650,00	300,00	tratt+gabbie	23	5,04	l. ardere	Legna caricata su camion	7,00	1,96
TC4	1,05	1500,00	300,00	tratt+gabbie	23	4,08	l. ardere	Legna caricata su camion	6,50	2,42
TC5	1,15	850,00	300,00	tratt+gabbie	20	4,24	l. ardere	Legna caricata su camion	7,80	3,56
TC6	2,24	900,00	400,00	tratt+gabbie	20	3,96	l. ardere	Legna caricata su camion	7,80	3,84
TC7	0,90	810,00	300,00	tratt+gabbie	22	3,16	l. ardere	da caricare	5,00	1,84
TC8	1,25	860,00	300,00	tratt+gabbie	25	3,23	l. ardere	da caricare	5,50	2,27
TC9	1,05	870,00	300,00	tratt+gabbie	19	4,03	l. ardere	Legna caricata su camion	6,50	2,47
TC10	1,19	870,00	100,00	tratt+gabbie	21	3,95	l. ardere	Legna caricata su camion	7,00	3,05
TC11	2,05	700,00	300,00	tratt+rimorchio	23	3,66	l. ardere	Legna caricata su camion	6,50	2,84
TC12	1,40	1100,00	400,00	tratt+rimorchio	22	3,47	l. ardere	Legna caricata su camion	6,50	3,03
TAVC1	1,50	450,00	500,00	tratt+gabbie	28	5,07	l. ardere	Legna caricata su camion	6,50	1,43
TAVC2	1,20	350,00	400,00	tratt+gabbie	30	8,05	l. ardere	Legna caricata su camion	6,50	-1,55
TAVC3	1,00	532,44	500,00	tratt+gabbie	30	5,39	l. ardere	Legna caricata su camion	6,50	1,11
TAVC1	1,50	640,90	400,00	tratt+gabbie	26	5,94	l. ardere	Legna caricata su camion	7,00	1,06

Tabella 6 - Reddito fondiario periodico delle particelle governate a ceduo.
Periodic land revenue from coppice lumbering areas.

Valore di macchiatico (€)	Spese annue (€)	saggio di interesse = 1,5%		saggio di interesse = 2,0%		saggio di interesse = 3,0%		saggio di interesse = 4,0%		
		Reddito a fine turno della particella (€)	Reddito annuo della particella (€)	Reddito a fine turno della particella (€)	Reddito a annuo della particella (€)	Reddito a fine turno della particella (€)	Reddito annuo della particella (€)	Reddito a fine turno della particella (€)	Reddito annuo della particella (€)	
TC1	2440,75	20,00	1951,34	79,74	1925,08	74,66	1867,22	65,11	1801,36	56,35
TC2	2390,56	20,00	1901,15	77,69	1874,90	72,72	1817,03	63,36	1751,18	54,78
TC3	1273,75	20,00	729,24	26,79	696,85	24,16	624,69	19,25	541,39	14,78
TC4	3622,88	20,00	3078,37	113,07	3045,98	105,60	2973,82	91,63	2890,52	78,94
TC5	3025,15	20,00	2562,67	110,82	2539,20	104,51	2487,74	92,58	2429,58	81,59
TC6	3455,73	20,00	2993,25	129,45	2969,78	122,23	2918,32	108,61	2860,16	96,05
TC7	1487,08	20,00	970,33	37,55	941,10	34,47	876,34	28,70	802,12	23,42
TC8	1953,64	20,00	1352,38	44,98	1313,04	40,99	1224,46	33,58	1120,73	26,91
TC9	2151,18	20,00	1715,25	78,69	1694,37	74,18	1648,85	65,65	1597,76	57,74
TC10	2649,41	20,00	2160,00	88,27	2133,75	82,76	2075,88	72,39	2010,03	62,87
TC11	1985,08	20,00	1440,58	52,91	1408,18	48,82	1336,02	41,17	1252,72	34,21
TC12	3328,49	20,00	2811,74	108,82	2782,52	101,93	2717,76	89,00	2643,54	77,19

La conversione all'alto fusto: alcune considerazioni di ordine finanziario ed economico

Per quanto concerne la rilevanza della conversione di questi cedui all'alto fusto, è certamente importante considerare che i "vantaggi che in genere il ceduo composto assicura nei confronti del ceduo semplice e quello della fustaia rispetto al ceduo composto e al ceduo semplice, sono spesso di natura indiretta e difficilmente traducibili in termini finanziari" (CIANCIO

e NOCENTINI 2004). Nelle valutazioni finanziarie non si considerano infatti i costi e benefici sociali che la fustaia può esplicitare in termini di miglioramento del suolo, delle condizioni stagionali, oltre che per la valenza paesaggistica (cfr. AMORINI e FABBIO 1988; BERNETTI 1995). "Il miglioramento, la conversione a fustaia e la stessa messa a riposo sono operazioni costose" e rappresentano processi di lunga durata spesso carat-

terizzati da interventi a macchiatico negativo. Infatti gli interventi di conversione all'alto fusto risultano generalmente in perdita o con modesti margini di utile per il proprietario che si accinge ad avviare un processo di così lungo periodo. Nel territorio delle Colline Metallifere, quando si sono utilizzate piante con buone dimensioni diametriche¹⁷ ed in presenza di una buona viabilità di servizio, i macchiatici sono risultati in attivo, anche se con margini estremamente ridotti (Tab. 5). L'interrogativo da porsi pertanto in fase di programmazione degli interventi di utilizzazione, è quale destinazione dare a quei soprassuoli di cerro, oggi in fase di transizione, considerando che al momento il solo assortimento legnoso che presenta prospettive di mercato soddisfacenti è la legna da ardere, mentre vi sono perplessità sulle prospettive di commercializzazione del tondame da lavoro. Notoriamente il legname di cerro presenta caratteristiche tecnologiche ed estetiche qualitativamente inferiori alle altre specie quercine (rovere, farnia, farnetto), e pertanto un suo impiego nella falegnameria è abbastanza raro. In passato le produzioni delle cerrete erano indirizzate alla fabbricazione di traverse ferroviarie¹⁸, ma attualmente tale impiego non è più praticabile. Le ricerche svolte in ambito tecnologico indicano l'impiego del legname di cerro idoneo per la costruzione di compensati (UZIELLI 1989), così come per la fabbricazione dei semilavorati ad elevato valore aggiunto come i cosiddetti pannelli in legno massiccio (BERTI *et al.* 1996). La possibilità di utilizzare maggiormente questa specie può pertanto diventare realistica quando dalla fase sperimentale, ottimale nei risultati ottenuti, si passerà alla fase di produzione da parte dell'industria del legno.

La vendita di lotti di legna da ardere della Comunità Montana delle Colline Metallifere

In una delle aree oggetto della nostra analisi, le Colline Metallifere, è stato svolto un approfondimento sulla vendita di lotti boschive tramite aste pubbliche.

La Comunità Montana Colline Metallifere, come precedentemente evidenziato, si trova nella zona sud occidentale della Toscana e tra le sue attività primarie vi è quella di promuovere e di garantire il

miglioramento delle condizioni socio-economiche e culturali della popolazione e la valorizzazione del territorio; in questo ambito rientra anche la gestione del territorio forestale.

In questa area della Toscana il mercato della legna da ardere (MORI, CASINI L.A. e DE MEO 2002) ha cominciato ad avere una certa vitalità a partire dalla seconda metà degli anni settanta, quando oltre alla classica destinazione come combustibile domestico, si è avuta una buona richiesta di legna per altri usi: forni a legna per la ristorazione, impiego come legname da triturazione nell'industria dei pannelli, etc.. Questa tendenza è stata inoltre favorita, sia da una nutrita presenza di imprese di utilizzazione forestale, sia da una discreta presenza di strade e di una rete percorribile di piste per l'esbosco che hanno reso l'accessibilità ai soprassuoli forestali in molti casi soddisfacente.

I dati forniti dalla Comunità Montana delle Colline Metallifere coprono un periodo che va dal 1998 al 2004 e sono relativi ai bandi di gara, mediante pubblico incanto, per la vendita della legna da ardere. Si tratta di vendite di soprassuoli in piedi "a corpo", espletate come detto mediante pubblico incanto con il metodo delle offerte segrete da confrontarsi poi col prezzo base indicato nell'avviso d'asta, (art. 73, lett. C del R.D. 23 maggio 1924, n. 827). Il contratto viene aggiudicato a colui che ha presentato l'offerta più vantaggiosa e il cui prezzo sia migliore o almeno pari a quello fissato nell'avviso d'asta, (art. 76 del R.D. 23 maggio 1924, n. 827), senza alcun limite di aumento.

L'analisi dei dati a disposizione (Tab. 6) risulta piuttosto complessa data la forte eterogeneità dei lotti considerati sia per dimensioni che per tipologia ed età delle piante in essi presenti. Non va inoltre dimenticata la localizzazione topografica delle particelle in particolar modo in relazione alla viabilità, che come noto condiziona fortemente in termini economici l'esito delle utilizzazioni. Risulta quindi alquanto difficile confrontare tra loro i prezzi di base d'asta ma soprattutto i prezzi d'acquisto, per i quali bisogna tenere conto anche di fattori psicologici quali le astuzie e/o le tecniche di acquisto praticate dalle ditte che acquistano i lotti boschivi, che con taciti accordi volti alla spartizione del mercato, tendono a ridurre al minimo i rialzi delle basi d'asta, o la tendenza di alcune di esse

¹⁷Come dato tecnico è ritenuto indispensabile ottenere legname con diametri di 10-11 centimetri ad m 1,30 di altezza dal suolo.

¹⁸L'assortimento che si ricavava dal tondame da sega proveniente dalle fustaie di cerro era principalmente la traversina ferroviaria. Questo assortimento ha oggi perduto la sua peculiare funzione tecnica ed economica a causa soprattutto della sostituzione con altri succedanei (cemento armato, legnami tropicali) e la sua produzione è praticamente sparita.

Tabella 7 - Superfici e prezzi relativi alle basi d'asta nel territorio delle Colline Metallifere. Fonte: ns. elaborazioni dati Comunità montana Colline Metallifere
Surfaces and prices of wood auctioned in the territory of Colline Metallifere. Source: Our elaboration data from Comunità Montana Colline Metallifere

Anno di riferimento	Lotti	Superficie (ha)	Mst stimati	Base d'asta		Prezzo offerto		scostamento %	prez./mst
				Prezzo a base d'asta	Prezzo unitario base d'asta (€/ha)	Prezzo offerto	Prezzo unitario (€/ha)		
1998	1 Croce alla Selva	16,86	3.515	12.963,00	768,86	27.940,32	1.657,20	115,54	7,95
1998	2 Troscone -Fosso di Val D'aspra	9,60	2.322	14.770,67	1.538,61	21.458,78	2.235,29	45,28	9,24
1998	3 Molino del Pavone	19,30	5.177	21.381,00	1.107,82	33.621,34	1.742,04	57,25	6,49
1998	4 Macchia al Fango	13,63	4.101	16.371,68	1.201,15	24.557,53	1.801,73	50,00	5,99
1998	5 Vallin del Capanni	8,35	1.872	9.038,00	1.082,40	9.347,87	1.119,51	3,43	4,99
1998	6 Loc. Monte Arsentì	14,32	2.063	9.296,22	649,18	9.580,27	669,01	3,06	4,64
1998	7 Poggio Paravento	17,90	2.863	9.812,68	548,19	D			
1998	8 Loc. Poggio Rossini	13,72	1.428	6.713,94	489,35	6.972,17	508,18	3,85	4,88
1998	9 Poggio delle Rigattaie	15,06	1.191	2.582,28	171,47	4.712,67	312,93	82,50	3,96
1999	11 Poggio Granchio	10,90	1.434	4.906,34	540,12	12.911,42	1.184,53	163,16	9,00
1999	12 Vallin del Capanni	10,77	2.325	11.387,87	1.057,37	21.717,01	2.016,44	90,70	9,34
1999	13 Fosso Botraccio	10,07	1.707	8.005,08	794,94	12.911,42	1.282,17	61,29	7,56
1999	14 Poggio Casale	12,35	2.276	10.122,55	819,64	27.113,98	2.195,46	167,86	11,91
1999	15 Val Colomba	21,30	2.936	10.561,54	495,85	21.742,83	1.020,79	105,87	7,41
2000	1 Fosso dell'Annunziata	5,42	971	6.197,48	1.143,45	13.557,00	2.501,29	118,75	13,96
2000	2 Podere Mocali	15,30	4.200	24.273,47	1.586,50	47.054,38	3.075,45	93,85	11,20
2000	3 Fontalcinaido	3,30	622	3.925,07	1.189,42	5.217,25	1.580,98	32,92	8,39
2000	4 Poggio Croce di Prata	25,56	5.500	35.119,07	1.373,99	46.739,35	1.828,61	33,09	8,50
2000	5 Serra dei Fiori	7,53	1.354	4.260,77	565,84	8.883,00	1.179,68	108,48	6,56
2000	6 Fosso del Cagnino	6,50	1.390	5.112,92	786,60	15.493,71	2.383,65	203,03	11,15
2000	7 Serraiola di Sopra	16,40	3.400	10.690,66	651,87	21.458,78	1.308,46	100,72	6,31
2000	8 Botro al Trogolo	7,70	1.300	5.061,27	657,31	D			
2000	9 Fosso del Crocino- Le Bruscoline	9,70	1.977	6.404,06	660,21	11.000,00	1.134,02	71,77	5,56
2000	10 Poggio al Confine	17,80	4.236	15.183,83	853,02	36.152,50	2.031,04	138,10	8,53
2000	11 Poggio Castiglione	9,90		6.197,48	626,01	9.347,87	944,23	50,83	
2000	12 Ficarella	6,80		6.507,35	956,96	12.394,97	1.822,79	90,48	
2000	13 Troscone - Diaccione	23,41		33.260,00	1.420,76	64.660,00	2.762,07	94,41	
2000	14 Pianoni	5,20		1.988,00	382,31	3.615,00	695,19	81,84	
2000	15 Poggio Casale	14,85		7.721,00	519,93	18.076,00	1.217,24	134,11	
2001	1 Poggio alle Cerchie	8,20	2.357	15.493,71	1.889,48	21.076,61	2.570,32	36,03	8,94
2001	2 Fontalcinaido	5,70	1.819	19.883,59	3.488,35	22.233,47	3.900,61	11,82	12,22
2001	3 Podere Mocali	9,20	2.930	16.784,85	1.824,44	26.452,92	2.875,32	57,60	9,03
2001	4 Macchi al Fango	12,10	3.240	19.625,36	1.621,93	37.246,87	3.078,25	89,79	11,50
2001	5 Poggio al Cocule- Puntun di Prospero	9,00	1.747	6.455,71	717,30	10.974,71	1.219,41	70,00	6,28
2001	6 Podere Ginestraio	5,30	1.238	5.164,57	974,45	12.976,50	2.448,40	151,26	10,48
2001	7 Valle dei Lecci	12,30	2.034	9.399,52	764,19	12.524,08	1.018,22	33,24	6,16
2001	8 S. Agnese	6,60	1.009	5.164,57	782,51	9.528,63	1.443,73	84,50	9,44
2001	9 Poggio Sugherino	9,50	940	4.389,88	462,09	4.906,37	516,46	11,77	5,22
2001	10 Corbaia	4,70	1.019	5.990,90	1.274,66	12.679,02	2.697,66	111,64	12,44
2001	11 Vallin dell'Olmo	6,00	1.361	7.023,81	1.170,64	14.121,58	2.353,60	101,05	10,38
2001	2 Podere Mocali	1,70	77	309,87	182,28	315,04	185,32	1,67	4,09
2001	3 Castellaccia	19,00	2.118	8.056,73	424,04	8.113,54	427,03	0,71	3,83
2001	4 Poggio Siepe Bruciata	11,90	1.312	4.957,99	416,64	4.973,48	417,94	0,31	3,79
2001	5 Poggio Bufalaio	6,50	638	826,33	127,13				
2001	6 Il Vallone	7,00	884	1.807,60	258,23	D			
2001	7 Punta Tagliati	9,90	1.121	3.098,93	313,02	3.150,39	318,22	1,66	2,81
2002	1 Pagliaiole	7,40	1.375	7.300,00	986,49	14.510,00	1.960,81	98,77	10,55
2002	2 Casaline di Sotto	8,98	2.405	14.150,00	1.575,72	29.500,00	3.285,08	108,48	12,27
2002	3 Osteria del Filetto	9,41	2.715	15.500,00	1.647,18	31.700,00	3.368,76	104,52	11,68
2002	4 Poggio Pievano	9,93	2.251	11.200,00	1.127,90	29.960,00	3.017,12	167,50	13,31
2002	5 Macchia al Fango	19,25	4.822	25.800,00	1.340,26	52.000,00	2.701,30	101,55	10,78
2002	6 Fosso della Castellaccia	8,22	1.539	5.800,00	705,60	14.435,00	1.756,08	148,88	9,38
2002	7 Podere Uccellera	9,22	1.575	6.250,00	677,87	8.521,50	924,24	36,34	5,41
2002	8 Casa il Bocchino	7,60	1.095	5.300,00	697,37	11.103,82	1.461,03	109,51	10,14
2002	9 Poggio Corbello	11,70	1.395	6.550,00	559,83	11.500,00	982,91	75,57	8,24
2002	10 Valle del Diavolo	6,70	1.202	5.550,00	828,36	12.973,00	1.936,27	133,75	10,79
2002	11 Valle al Noce	9,50	1.309	5.850,00	615,79	10.329,14	1.087,28	76,57	7,89
2002	12 Poggio Neri	4,10	570	2.950,00	719,51	6.033,10	1.471,49	104,51	10,58
2003	1 Croce alla Selva	12,65	2.941	17.528,00	1.385,61	45.000,00	3.557,31	156,73	15,30
2003	2 Il Poggione - Filicaie di Sopra	15,62	3.451	20.310,00	1.300,26	55.000,00	3.521,13	170,80	15,94
2003	3 Casa Dolaghe- Fontalcinaido	12,60	2.867	16.651,00	1.321,51	52.000,00	4.126,98	212,29	18,14
2003	4 Macchia al Fango	7,50	1.854	10.791,00	1.438,80	26.000,00	3.466,67	140,94	14,02
2003	5 Fosso del Casino	9,00	1.607	7.581,00	842,33	21.293,00	2.365,89	180,87	13,25
2003	6 Fosso dei Botracci	11,00	1.857	9.861,00	896,45	21.973,00	1.997,55	122,83	11,83
2003	7 Poggio Seconeto	16,50	2.845	13.828,00	838,06	D			
2003	8 Poggio Casale	6,10	1.011	4.518,00	740,66	12.700,00	2.081,97	181,10	12,56
2003	9 Fonte di Mucinino	10,00	1.360	6.992,00	699,20	29.989,00	2.998,90	328,90	22,05
2003	10 Valle Ombrosa	12,00	3.092	13.720,00	1.143,33	28.001,00	2.333,42	104,09	9,06
2003	11 Poggio Terminino	4,00	657	2.733,00	683,25	6.688,00	1.672,00	144,71	10,18
2003	12 Le Moricce	6,30	900	4.316,00	685,08	4.370,00	693,65	1,25	4,86
2004	1 Campo della Cappella	8,49	2.000	12.500,00	1.472,32	37.560,00	4.424,03	200,48	18,78
2004	2 Poggio alle Cerchie	9,63	2.058	12.400,00	1.287,64	35.790,00	3.716,51	188,63	17,39
2004	3 Macchia di Dolaghe	8,60	2.600	15.000,00	1.744,19	48.450,00	5.633,72	223,00	18,63
2004	4 Macchia al Fango	7,50	1.854	10.791,00	1.438,80	23.440,00	3.125,33	117,22	12,64
2004	5 La Leccioneta	6,70	1.350	7.850,00	1.171,64	17.100,00	2.552,24	117,83	12,67
2004	6 Poggio al Confine	14,40	3.800	18.520,00	1.286,11	19.000,00	1.319,44	2,59	5,00
2004	7 Poggio Casale	12,30	2.046	10.060,00	817,89	42.250,00	3.434,96	319,98	20,65
2004	8 Poggio Seconeto	16,50	2.845	13.828,00	838,06	D			
2004	9 Poggettaccio	16,40	2.346	11.691,00	712,87	D			
2004	10 Cittadella	4,20	428	1.608,00	382,86	3.330,00	792,86	107,09	7,78

a “monopolizzare” determinate aree di intervento (in modo da concentrare mezzi e personale riducendo così al minimo i costi di trasporto) che possono palesarsi con scostamenti anche molto consistenti dal prezzo di base d’asta.

Tali informazioni dunque, nella maggior parte dei casi, pur fornendo indicazioni di notevole importanza per un’analisi statica e puntuale del dato, non sono in grado di offrire una base su cui impostare un esame della dinamica evolutiva del mercato della legna da ardere per il territorio e nell’arco di tempo considerati.

Nonostante ciò, si possono proporre considerazioni di carattere generale che forniscono suggerimenti altrettanto importanti su questo settore di nicchia dell’economia maremmana. Analizzando i dati relativi ai sette anni presi in considerazione, risulta infatti evidente, ad esempio, che sono state poche le aste andate deserte e che spesso le offerte sono state di molto superiori alla base d’asta, il che denota, almeno a livello locale, nei boschi di proprietà pubblica, una evidente convenienza economica per gli operatori di settore ad accaparrarsi tale materiale.

Per quanto riguarda le aste andate deserte, (lotto n. 7 del 1998, n. 8 del 2000, n. 5 e 6 del 2001, n. 7 del 2003 e n. 8 e 9 del 2004), nella maggior parte dei casi, considerando la loro localizzazione topografica, sono emerse condizioni orografiche non proprio “convenienti” per le attività di utilizzazione ed in qualche caso anche per una certa distanza dalle vie di comunicazioni principali; la causa non è invece da ricercarsi nella produttività del lotto dato che in quasi tutti i casi si discosta di poco dalla media (1.424 quintali ad ettaro), calcolata sulla base dei metri steri stimati per ogni lotto¹⁹.

Facendo riferimento alla media annuale dei prezzi correnti di base d’asta (euro per ettaro), si può constatare che tra il 1998 ed il 2003, tale valore muovendosi in modo oscillatorio tra un minimo di circa 723 euro nel 2000 e 981 nel 2001, non ha mai avuto variazioni superiori al 35%; ha toccato invece la sua punta massima nel 2004 con un valore di circa 1.115 euro/ha. Diverso è risultato il *trend* della media annuale dei prezzi unitari d’offerta, per i quali si registra una crescita progressiva, (se si esclude l’anno 2001), passando

dai circa 1.255 euro/ha del 1998 ai circa 3.124 euro/ha del 2004, con un incremento totale di quasi il 150%. Ovviamente tale dato ha valenza puramente indicativa date le peculiarità e gli elementi di distorsione di cui si è già fatto menzione per questo mercato, ma ad ogni modo ci suggerisce una tendenza alla crescita del prezzo della legna da ardere, se non altro nel passaggio tra il 2003 ed il 2004.

Un dato notevolmente interessante ma piuttosto complesso da analizzare, risulta essere lo scostamento percentuale del prezzo offerto dal prezzo a base d’asta. Nell’arco dei sette anni considerati su di un totale di ottanta lotti, (per la precisione 73 lotti dato che sette sono andati deserti e quindi non si dispone dell’informazione), il valore più basso è risultato 0,31% in corrispondenza del lotto n. 4 del 2001 e quello più elevato 328% nel lotto n. 9 del 2003²⁰.

Il dato di scostamento percentuale non permette di individuare una correlazione con gli altri elementi quali la superficie complessiva del lotto a cui si riferisce, la sua posizione topografica, *etc.* Solo in un numero molto limitato di casi ad un valore molto basso dello scostamento percentuale dalla base di asta corrisponde una scarsa produttività legnosa della particella. Si può pertanto dedurre che su questo elemento gravano le incertezze e le particolari modalità che caratterizzano le aste dei legnami. Probabilmente su questo fatto influisce fortemente il fattore strategia che le ditte utilizzatrici mettono in atto per affrontare con esito a loro favorevole le difficoltà di aggiudicazione di un lotto boschivo. Su questo punto è interessante ricordare che raramente per questo genere di attività si verifica un’attiva concorrenza: “...solo pochi uomini del luogo sempre gli stessi e d’accordo nel suddividere fra loro il lavoro disponibile, che si dedicano a questo genere di imprese” (SERPIERI 1947).

Conclusioni

Le riflessioni sin qui proposte, con caratterizzazioni e sottolineature diverse, ci permettono di individuare la realtà produttiva dei soprassuoli di querce in Toscana e le potenzialità di sviluppo delle conversioni ad alto fusto per gli stessi soprassuoli. L’aspetto che maggiormente emerge è la presenza di forti utilizza-

¹⁹L’esbosco è avvenuto in molti casi per semplice avallamento o a soma con muli.

²⁰In ultimo un dato che appare molto interessante è il prezzo unitario della legna da ardere in evidente crescita negli ultimi due anni.

zioni nei soprassuoli a ceduo, soprattutto in quelle aree dotate di buona viabilità di servizio. La produzione di legna da ardere si è fortemente incrementata negli ultimi dieci anni e parte del prodotto è diretto all'esportazione verso altri mercati regionali (Lazio, Sardegna, nord Italia). L'esecuzione del lavoro in bosco è spesso effettuata da manodopera extracomunitaria, non specializzata, pagata a giornata lavorativa, senza un vero e proprio contratto.

Il prezzo pagato ai proprietari si discosta poco dai 2 euro per quintale di legna prodotta, mentre va ricordato, che in fasi successive di commercializzazione, il prodotto legnoso viene scambiato a prezzi ben più remunerativi: raggiunge infatti i 6-7 euro/quintale, mentre al dettaglio (legna tagliata su misura) può spuntare cifre che variano dai 12 ai 15 euro al quintale. È interessante notare come l'incremento del prezzo del prodotto sia in gran parte da attribuirsi alla fase della commercializzazione al dettaglio, mentre la maggior parte dei costi ricade nelle fasi di taglio ed utilizzazione.

I boschi misti di querce, in particolare per le specie presenti nel nostro territorio (cerro in prevalenza), presentano pertanto redditi²¹ periodici modesti e legati pressoché all'utilizzo della legna da ardere. Il valore medio di tali redditi periodici percepiti dai proprietari del fondo, è stato stimato in circa 2.000-3000 euro per ettaro. Considerato l'assetto territoriale che caratterizza la proprietà forestale della nostra regione, questi redditi, se non riferiti a vaste superfici e se non organizzate secondo piani di gestione, possono costituire soltanto un'integrazione dell'attività agricola vera e propria o di quella cosiddetta connessa (ad esempio l'agriturismo). La conversione dei cedui di cerro, se dal punto di vista finanziario appare debole, a causa della mancanza di un mercato per il tonname da lavoro ricavabile dalle utilizzazioni della fustaia, assume sicuramente un ruolo importante come entità paesaggistica e ambientale, soprattutto se durante la fase di conversione si eseguono degli interventi di miglioramento quali i diradamenti a carico della fustaia transitoria e l'introduzione di specie nobili quali rovere, ciliegio etc.. Una gestione che consideri le differenti funzioni dei soprassuoli forestali, quali la produzione, la protezione del suolo, la funzione

ricreativa, la varietà del paesaggio, sembra al momento quella più consona soprattutto per le foreste di proprietà pubblica che in questo territorio possono certamente integrarsi con la funzione produttiva esplicita dai cedui di cerro collocati nell'area della proprietà privata, spesso molto frazionata e caratterizzata da superfici ridotte. A questo proposito va ricordata l'importanza che l'Unione Europea sta riponendo sui soprassuoli forestali nel ambito delle nuove misure di sviluppo rurale. In particolare il Regolamento (CE) n. 1698/2005, negli articoli 27, 28, 31, prevede contributi finanziari a favore dei proprietari privati e delle loro associazioni che si impegnino in azioni che mirino all'incremento del valore aggiunto dei prodotti forestali. Si può pertanto dedurre che per il legislatore comunitario diventa prioritario, al fine di garantire lo sviluppo sostenibile del territorio rurale, incrementare la competitività del settore forestale.

Ringraziamenti

Un ringraziamento particolare va al prof. Leonardo CASINI per il lavoro svolto in fase di organizzazione e coordinamento del progetto. Si ringraziano inoltre i dott. Marco POLLINI e Alessandro SAMOLA della C. M. delle Colline Metallifere (Grosseto) per le numerose informazioni forniteci e la Sig.ra Francesca per il suo contributo nell'elaborazione dei dati.

Bibliografia citata

- AMORINI E., FABBIO G., 1988 - *L'avviamento dei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 15 anni dalla sua impostazione*. Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura di Arezzo, XVII (1986): 7-101.
- BELLUCCI V., 1953 - *L'economia forestale della Toscana*; Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.
- BELLUCCI V., GAJO P., 1961 - *Aspetti e problemi economici del bosco ceduo*. Osservatorio Nazionale di Economia Montana e Forestale. Tipografia Coppini, Firenze.
- BERNETTI G., 1987 - *I boschi della Toscana*, Giunta regionale toscana, Edagricole.
- BERNETTI G., 1994 - *Selvicoltura speciale*, Utet.
- BERNETTI I., ROMANO S., 2006 - *Economia delle risorse forestali*, Liguori Editore, (in corso di pubblicazione).

²¹Il reddito è riferito all'intero ciclo produttivo ovvero quando si giunge al momento della raccolta del legname si compie un conteggio economico relativo a tale produzione. Si sottrae al valore della massa legnosa, oltre ai costi di trasformazione e trasporto, anche le imposte ed i costi vari che sono intervenuti in quel periodo di tempo. In genere l'entrate dovute alla vendita del legname rappresentano soltanto una voce (modesta) del bilancio aziendale dell'azienda agraria.

- BERNETTI I., FRATINI R., 2001- *La rilevanza territoriale e la sostenibilità economica delle risorse forestali: i boschi di querce nella provincia di Firenze*. Accademia Italiana di Scienze Forestali: 33-52.
- BERTI S., LAURIOLA M.P., MANNUCCI M., RICOTTINI G., 1998 - *Technological characterization of Turkey oak solid wood panels*. Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura di Arezzo, 27 (1996): 209-214.
- BRUN F., FURLAN G., 2000 - *Interventi di valorizzazione dei boschi cedui. Convenienza economica e ricadute nell'utilizzo delle faggete in Piemonte*. Quaderni del Dipartimento di economia ed ingegneria agraria e forestale e ambientale. Università degli Studi di Torino.
- CARBONE F., RIBAUDO F., 2005 - *Stima del valore di macchiatico nel sistema forestale attuale*. Estimo e territorio, 6: 9-18.
- CASINI L., ROMANO D., 1988 - *Analisi del mercato della legna da ardere in Toscana dal dopoguerra ad oggi*. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Annali, vol XXXVI: 263-303, Firenze.
- CASINI L., MARINELLI A., 1996 - *Un modello economico-ambientale per la gestione delle risorse forestali*. Franco Angeli, Bologna.
- CIANCIO O., NOCENTINI S., 2004 - *Il bosco ceduo, selvicoltura, assetto, gestione*. Accademia Italiana di Scienze forestali, "L'area Economica della fustaia": 188-190.
- COMUNITÀ MONTANA DELLE COLLINE METALLIFERE, 2001 - *Piano di sviluppo rurale*.
- FRATINI R., MARONE E., 2000 - *Le risorse forestali in Toscana*. Collana RAISA, ISAD- Accademia dei Georgofili, Studio editoriale Fiorentino, Firenze, 2000: 97-104 e 135-154.
- GAJO P., MARINELLI A., 1979 - *Contributo alla conoscenza economica dei cedui in Toscana, Il miglioramento dei cedui italiani*. Accademia Nazionale di agricoltura di Bologna, Bologna 1979.
- GIORDANO G., 1965 - *Tecnologia del legno*, Hoepli.
- GUCE, 2005 - *Regolamento (CE) n° 1698/2005 del Consiglio del 20 settembre 2005*. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, L 277, del 21.10.2005.
- GELLINI R., GROSSONI P., 1997- *Botanica Forestale*, vol. II, Cedam.
- HIPPOLITI G., 1997 - *Appunti di Meccanizzazione forestale*. Ediz. STEF, Firenze.
- HIPPOLITI G., PIEGAI F., 2000 - *La raccolta del legno, tecniche e sistemi di lavoro*. Compagnia delle Foreste, Arezzo.
- ISTAT, 1961-1994 - *Le statistiche forestali*. periodico ISTAT, Roma, 1961-1994.
- ISTAT, 2001 - *VII° Censimento dell'Agricoltura*, Roma.
- ISTAT, 2001 - *14° Censimento Generale della Popolazione e Abitazioni* - 1991, Roma, Istat.
- MARINELLI A., 1980 - *Indagine sull'economia del bosco ceduo in Toscana*. Montanaro d'Italia Monti e Boschi, n° 5, 1980.
- MERLO M., 1991 - *Elementi di economia ed estimo forestale ed ambientale*. Patron Editore, Padova 1991.
- MORI P., CASINI L.A., DE MEO I., 2002 - *Il Mercato del legno nelle Colline Metallifere*. Gestione sostenibile del bosco e opportunità di valorizzazione economica, Compagnia delle Foreste, Arezzo.
- NATI C., FABBRI P., SPINELLI, NICOLOSO A., 2004 - *Produzione integrata di legna da ardere e carbone*. Alberi e Territorio. Monti e Boschi, n° 12.
- PETTENELLA D., SIMONELLI M., 1997 - *La vendita dei lotti boschivi, un'analisi dei costi di transazione in quattro realtà amministrative italiane*. Unipress.
- PETTENELLA D., SECCO L., 2004 - *Il lavoro in selvicoltura, lo stato delle conoscenze*. Sherwood, n° 97.
- PIUSSI P., 1982 - *Il trattamento a ceduo di alcuni boschi toscani dal XVI al XX secolo*. Dendronatura, n° 1, Trento.
- REGIONE TOSCANA, 1998 - *L'inventario forestale -Boschi e macchie di Toscana*, Giunta regionale, Firenze. (www.regione.toscana.it/pro/indexsel.htm).
- REGIONE TOSCANA, 2001 - *Basamento informativo della programmazione*, Profili Territoriali, SEL 18 Colline Metallifere, documento Giunta Regionale.
- REGIONE TOSCANA, 2000 - *Piano di sviluppo rurale della Regione Toscana, 2000-2006*.
- REGIONE UMBRIA, 2002 - *Gestione sostenibile e multifunzionale dei boschi cedui: il progetto Summacop*.
- ROMANO D., 1988 - *Analisi di alcune serie storiche del cerro: legna da ardere e legname per traverse ferroviarie*. Estratto da "Prospettive di valorizzazione delle cerrete dell'Italia centro meridionale", Università della Basilicata, Potenza 3-4 ottobre 1988.
- RASSEGNA PREZZI (2000-2005) - *Tecnico Pratiko*, Supplemento del mensile Sherwod, Compagnia delle Foreste, Arezzo.
- SERPIERI A., 1947 - *Il metodo di stima dei beni fondiari*, Edizioni Edagricole, Bologna.
- U.N.I.F., 1998 - *La conversione dei boschi cedui in alto fusto, stato attuale delle ricerche*.
- UZIELLI L., 1989 - *Valorizzazione tecnologica del legno di cerro*. L'Italia Forestale e Montana, 46 (3): 222-237.

ALLEGATO 1

Descrizione dei Sistemi Economici Locali (SEL) con riferimento ai comuni ed alle aree in cui si sono svolti i rilievi tecnici ed economici.

SEL 23 CHIANTI SENESE - Provincia di Siena. Comprende i comuni di Castellina in Chianti, Castelnuovo Berardenga, Gaiole in Chianti, Radda in Chianti. La superficie dell'area è di 486,03 Km²; la popolazione secondo il Censimento della popolazione (ISTAT, 2001) è pari a 14.198 abitanti.

SEL 9 AREA FIORENTINA – (9.4 Quadrante Chianti); Provincia di Firenze. Comprende i comuni di Greve in Chianti, Impruneta, San Casciano Val di Pesa e Tavarnelle Val di Pesa. La superficie dell'area è di 352,3 Km²; la popolazione secondo il Censimento della popolazione (ISTAT, 2001) è pari a 772.079 abitanti.

SEL 19 ALTA VAL D'ELSA - Provincia di Siena -. Comprende i comuni di Barberino Val d'Elsa (prov. Firenze), Casole d'Elsa, Colle Val d'Elsa, Poggibonsi, Radicandoli, San Gimignano. La superficie dell'area è di 648,81Km². La popolazione secondo il Censimento della popolazione (ISTAT, 2001) è pari a 61.835 abitanti.

SEL 18 COLLINE METALLIFERE - Provincia di Grosseto. Comprende i comuni di Follonica, Gavorrano, Massa Marittima, Monterotondo Marittimo, Montieri, Scarlino. I Comuni di Massa Marittima, Monterotondo Marittimo e Montieri fanno parte della Comunità montana "Colline Metallifere" e sono classificati interamente montani. La popolazione secondo il Censimento della popolazione (ISTAT, 2001) è pari a 43.696 abitanti.

Alcune specifiche sulle operazioni di utilizzazione boschiva

1° Tipologia di esbosco.

Esbosco tramite trattore munito di gabbie montate sui sollevatori anteriore e posteriore.

Il concentramento avviene con il trattore che si muove direttamente fino a raggiungere gli assortimenti allestiti sul letto di caduta. Esbosco su piste fino all'imposto.

Composizione squadra: 1 trattorista e 2 operai alle operazioni di carico e scarico.

2° Tipologia di esbosco

Concentramento degli assortimenti allestiti tramite trattore che opera direttamente presso il letto di caduta.

Esbosco su pista principale o su strada fino all'imposto.

Composizione squadra: 2 operai al carico e scarico e 1 trattorista.

Costi orari manodopera e costi macchine (€/ora).

Labour and machine cost per hour.

Manodopera	€/ora
op. qualificato	12,63
op. comune	11,25
operaio specializzato	13,65
Caposquadra	14,84
operaio super specializzato	14,37
Attrezzature	
Motosega	2,43
trattore attrezzato	22,10

Tariffe in vigore dal 01/05/2005 relative alla retribuzione operai agricolo forestali addetti ai lavori di sistemazione idraulico-forestale ed agrari, in amministrazione diretta; Regione Toscana, non comprensive di indennità di alta montagna. Il costo delle macchine è stimato.

Avviamento ad altofusto 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)[§]

Gianfranco Fabbio,^{1*} Emilio Amorini¹

Accettato il 21 agosto 2006

Riassunto – Si riferisce su una prova sperimentale di confronto tra avviamento ad altofusto ed evoluzione per via naturale iniziata nel 1969-70 in un ceduo a prevalenza di cerro di 20 anni in una stazione prossima alla costa tirrenica (Foresta di Caselli-Pisa). Obiettivo del lavoro era quello di impostare la selvicoltura per l'avviamento a fustaia del soprassuolo ceduo "invecchiato" oltre l'età della normale utilizzazione e di seguire in parallelo il modello di sviluppo naturale. I primi 35 anni di monitoraggio dimostrano l'evoluzione positiva della tesi di controllo che registra un accrescimento molto sostenuto tra i 20 ed i 30 anni ed un rallentamento evidente nei 10 anni successivi fino ai 40. Questo andamento, associato ad un accrescimento in altezza costante, produce la culminazione dell'incremento medio di massa totale tra i 30 ed i 35 anni. Successivamente, l'incremento si riduce ancora fino al termine del periodo di osservazione (55 anni), età alla quale tutti i parametri dendrometrici hanno comunque ancora segno positivo. Il diradamento di avviamento ad altofusto, applicato rilasciando integralmente il piano dominato e due densità differenziate nel piano dominante (1500 e 1100 fusti per ettaro), sostiene il già elevato ritmo di accrescimento naturale. Il successivo intervento, realizzato dopo 20 anni, si colloca alcuni anni dopo l'inizio di una fase di rallentamento incrementale. L'intervento sostiene ancora l'accrescimento fino al termine del periodo di osservazione anche se, a distanza di 15 anni (età di 55), gli indicatori dendrometrici segnalano l'utilità di una ulteriore riduzione di densità. Tra le due tesi di diradamento, la meno intensiva (1500) si dimostra anche quella meglio tarata inizialmente e capace di produrre risultati migliori rispetto al controllo come utilizzazione dello spazio di crescita e produzione legnosa complessiva. La componente dominata della struttura, rilasciata integralmente al taglio di avviamento, mantiene nel tempo un piano di vegetazione accessorio dove, con dinamiche differenziate secondo l'auto-ecologia delle specie, si sviluppa una diversità specifica potenzialmente interessante per la composizione del futuro soprassuolo originato da seme.

Parole chiave: *Quercus cerris, ceduo, evoluzione naturale, avviamento ad altofusto, dendro-auxonomia, struttura arborea, diversità specifica, selvicoltura.*

Abstract – Conversion to high forest and natural pattern into ageing *Quercus cerris* coppices. Results from 35 years of monitoring. The Caselli site (Tyrrhenian coast-Tuscany). The results of a trial established in 1969-70 in a Turkey oak coppice aged 20 and aimed at comparing conversion into high forest by periodical thinnings vs. the evolutive pattern of the original, unthinned stand, are reported 35 years later. Three theses were established at the purpose: one control plot and two theses of thinning differentiated according to the density of release. Monitoring pointed out the positive evolution of control thesis which showed a high growth rate between the age of 20 and 30 and a slowing down in the following ten years up to the age of 40. This trend, joined with a constant tree height growth, produced the early culmination of mean volume increment between the age of 30 and 35. The last period showed a more reduced growth up to the age of 55. Thinning operations which released 1500 and 1100 stems per hectare in the main crop layer and all the dominated stools, well supported and enhanced the natural high growth rate. The second thinning, 20 years later, promoted again stand growth up to the end of the observed period (age of 55), when mensurational parameters highlight that a further tree density reduction is needed. The higher density release (1500) showed to be more consistent compared with control thesis as for the efficiency in the use of growth space and the overall yield as well. The dominated layer, completely released at the first thinning, was able to maintain a complementary vegetation storey, where many broadleaves have been growing, each showing a different dynamics in accordance with its own auto-ecology. This layer provides at now a potential sink of specific diversity which could play a key role in the following stand life-cycle..

Key words: *Quercus cerris, aged coppice forest, natural evolution, conversion into high forest, mensurational parameters, growth pattern, stand structure, tree species diversity, silviculture.*

F.D.C.: 226: 228.1: 56: 176.1 Quercus cerris: (450.52)

Premessa

La ricerca in campo forestale ha una lunga tradi-

zione di prove sperimentali condotte su aree permanenti, le prime documentate risalenti alla metà del 19° secolo (HEYER 1846 e GANGHOFER 1881 in ASSMANN

[§]Lavoro svolto nell'ambito dei progetti "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e culturale di differenti modalità di matrici-natura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno" promosso e finanziato dall'ARSLA-REGIONE TOSCANA e RISELIVITALIA AREA 3 "Selvicoltura e sostenibilità" PROGETTO 3.2 " Selvicoltura, funzionalità e gestione sostenibile dei cedui nell'area appenninica e mediterranea".

* Autore corrispondente fabbio@selvicoltura.org Il lavoro è stato svolto dagli autori in parti uguali.

¹ C.R.A. - Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo.

1970). I lunghi cicli di vita degli alberi, lo studio e la validazione dei modelli di sviluppo e di coltivazione del bosco richiedono infatti tempi adeguati di osservazione e verifica. I protocolli di ricerca di lungo periodo, insieme ai programmi di monitoraggio ed agli inventari, costituiscono oggi la base conoscitiva per l'analisi e la soluzione dei problemi di gestione forestale (ANDERSSON *et al.* 2000). Il lavoro svolto su aree permanenti sviluppa tesi differenziate, accumula dati, valida ipotesi di trattamento, propone soluzioni complementari e criteri adattativi per la gestione del bosco.

Si riferisce qui su una prova sperimentale di avviamento ad altofusto impostata da GUIDI nel 1969-70 in un ceduo di 20 anni di età a prevalenza di cerro (*Quercus cerris* L.) nel bosco di Renzano, Foresta di Caselli in comune di Monteverdi Marittimo (Pisa) (GUIDI 1976). Questo protocollo, la cui realizzazione precede di due anni quella di una prova analoga impostata da GAMBÌ e MATTIOLI in Valsavignone (alta Valtiberina, Arezzo), rappresenta a oggi il sito più a lungo monitorato su questo tema in Toscana e in Italia.

Premessa e motivazioni dello studio, impostato 35 anni fa, erano i fenomeni emergenti della marginalità e conseguente sospensione delle utilizzazioni del ceduo ai turni tradizionali. La forbice rapidamente crescente tra costo della manodopera e prezzo di macchiatico già induceva a ritardare l'età del taglio per disporre di masse unitarie più consistenti. Lo stato delle conoscenze sulla dinamica del ceduo in evoluzione naturale era d'altronde limitato dalla mancanza pressoché assoluta di modelli di riferimento, data la quasi inesistenza, allora, di questa tipologia di bosco. Dubbi sulla capacità di permanenza funzionale dei polloni erano indotti dalle evidenze di mortalità diffusa di polloni e di intere ceppaie già nella fase di primo "invecchiamento" del ceduo. Ciò condizionava le ipotesi di trattamento e di investimento colturale volte a ritornare verso le forme originali di fustaia utilizzando come passaggio lo stesso soprassuolo di origine agamica. Obiettivi originali dello studio erano quindi la verifica dei risultati dell'avviamento ad altofusto come nuova opzione colturale in parallelo all'analisi dell'evoluzione per via naturale.

Se la prassi forestale aveva precedentemente realizzato esempi di avviamento soprattutto nei cedui di faggio e in foreste demaniali con risultati anche ottimi come riportano tra altri PREMUDA 1957; HOFMANN 1963; CANTIANI e BERNETTI 1963; CUCCHI 1966; GIANNINI e

PIUSSI 1976; BIANCHI 1976 e 1981; POGGI 1979; MINGHELLI 1981; la letteratura inizia ad occuparsi del fenomeno emergente del bosco ceduo che esce dall'area consolidata di trattamento alla fine degli anni '60 con GAMBÌ (1968) e poi con CLAUSER (1975), che descrive ... "la conversione silenziosa" di vaste estensioni di ceduo maturo invecchiato che si avviano per virtù propria a diventare fustaie anche indipendentemente dalla volontà e dalle intenzioni o dalle cure dei proprietari... Questa evidenza viene ripresa negli anni successivi da numerosi Autori tra cui BUCCIANTI 1977; HIPPOLITI 1978; VOLPINI 1979; BAGNARESI 1980 e 1981; BERNETTI 1981, 1983, 1987; CRISTOFOLINI 1981; BENASSI 1981; PADULA 1981; SUSMEL 1981. La concentrazione temporale di letteratura sul tema è sintomatica dell'interesse suscitato dal procedere del cambiamento.

Negli stessi anni due autori formulano un contributo teorico alla definizione dello sviluppo del ceduo oltre le età della consueta utilizzazione. La prima ipotesi, BERNETTI (1980), parte dall'analisi dei modelli di accrescimento (tavole alsometriche) per discutere il significato della culminazione incrementale. La culminazione precoce dell'incremento medio di massa dendrometrica riportata nelle tavole è da interpretare, secondo l'autore, non come prodotto della minore persistenza dei polloni rispetto alle piante da seme, quanto piuttosto come crisi complessiva dovuta al livello elevato di competizione alle età esaminate. BERNETTI conclude che la rimozione di questo fattore, per mortalità naturale o diradamenti, determina la ripresa dell'accrescimento fino a consentire a soggetti di origine agamica di raggiungere età e dimensioni di altofusto. La seconda ipotesi, CLAUSER (1981), spiega il fenomeno della rapida culminazione come "recupero di equilibrio tra massa epigea e radicale". Questo equilibrio, tendenza naturale di qualsiasi popolazione di alberi, è bruscamente interrotto dalla ceduzione e poi precocemente ripristinato. Il successivo declino dell'accrescimento è, secondo CLAUSER, conseguenza del raggiunto riequilibrio. Ad età maggiori, la ripresa incrementale è prodotta da uno spontaneo avviamento a fustaia.

Alcuni lavori su cedui di faggio (AMORINI e GAMBÌ 1977; AMORINI e FABBIO 1986) ed a prevalenza di cerro (AMORINI e FABBIO 1988, 1989, 1991; AMORINI 1994; FABBIO 1994) confermano per via sperimentale lo sviluppo auxonomico positivo del ceduo oltre le età fissate dalle tavole alsometriche ed analizzano in parallelo l'avviamento ad altofusto. L'ipotesi formulata da BER-

NETTI trova piena rispondenza nei risultati di queste prove. Un contributo successivo sulla dinamica degli apparati radicali (AMORINI *et al.* 1990) spiega la teoria del riequilibrio avanzata da CLAUSER ed individua, nel naturale rinnovamento e potenziamento della componente ipogea, il fattore alla base della "spontanea" ripresa incrementale nel bosco di origine cedua.

Il sito di Caselli, testimone dell'intera fase di sviluppo delle ipotesi, del dibattito scientifico, delle prove sperimentali e del confronto sulle nuove opzioni di gestione, ha un valore "storico" per la lunghezza del periodo di regolare monitoraggio e per la quantità di dati e osservazioni impliciti ai protocolli su aree permanenti. Il presente contributo, che riassume 35 anni di dinamica del soprassuolo (i dati successivi all'impostazione del lavoro non sono stati prima pubblicati), si propone di analizzare i risultati in parallelo per l'evoluzione naturale e per il trattamento di avviamento, di cui GUIDI e MAGINI forniscono una dettagliata formalizzazione. Dati gli obiettivi, la trattazione utilizzerà prevalentemente dati di sintesi, riservando l'utilizzo dei dati analitici derivabili dal protocollo sperimentale originale agli sviluppi di maggiore dettaglio. I risultati di ricerche dedicate ad aspetti diversi della dinamica del soprassuolo (auxonomia, indici di produttività, aspetti ecologici, apparati radicali, biomassa, necromassa) saranno oggetto di contributi specifici.

Materiale e metodi

Il sito

Il bosco di Renzano (MAGINI 1969, *relazione inedita*) fa parte della tenuta di "Caselli" acquistata dall'ASFD nel 1961 dai Conti della Gherardesca e già da questi utilizzata come ceduo, pascolo di cavalli e riserva di caccia. Attualmente il bosco è demanio regionale. Collocato sulla sponda destra del fiume Sterza (affluente di sinistra del Cecina) occupa soprattutto esposizioni fresche da NE a NO del colle "Poggicciolo" e si estende tra le quote di 120 e 480 m s.l.m. per circa 270 ettari. Il terreno è riferibile a una terra bruna eutrofica, spesso profonda, derivata da flysch calca-

reo-marnosi a tessitura prevalente argilloso-limosa ma con drenaggio sufficiente sotto copertura forestale. Lo stato idrico del suolo è buono, e testimoniato da diverse sorgenti in zona e dalla presenza del cerro e del frassino ossifillo (DI TOMMASO e SARTINI 1988). L'orizzonte umifero superficiale è debolmente acido, mentre in profondità il terreno assume reazione sub-alcalina. L'humus è rappresentato prevalentemente da mull forestale. La fertilità stazionale è rilevante soprattutto nella parte basale, come indicato dagli accrescimenti elevati. Il clima Tabella 1 (da CUTINI 1997) è da umido a sub-umido, mesotermico e con una distribuzione delle piogge di tipo mediterraneo.

Il soprassuolo

Il bosco di Renzano è costituito in prevalenza da cerro cui si associano numerose latifoglie decidue del piano submediterraneo: orniello (*Fraxinus ornus* L.), carpino nero (*Ostrya carpinifolia* Scop.) e bianco (*Carpinus betulus* L.), roverella (*Quercus pubescens* Willd.), olmo campestre (*Ulmus minor* Mill.), acero campestre (*Acer campestre* L.), frassino ossifillo (*Fraxinus angustifolia* Vahl.), ciavardello (*Sorbus torminalis* Crantz.), sorbo domestico (*Sorbus domestica* L.). Sono presenti anche leccio (*Quercus ilex* L.) e piccoli alberi e arbusti: corniolo (*Cornus mas* L.), biancospino (*Crataegus monogyna* Jacq.), corbezzolo (*Arbutus unedo* L.), perastro (*Pyrus communis* L.). La posizione geografica e la quota ridotta, l'orografia e la giacitura della stazione, collocano il bosco nell'area di contatto tra il piano della macchia mediterranea e quello delle querce termo-mesofile e lo definiscono come *facies* mesofila del *Quercetalia pubescentis* (DI TOMMASO e SARTINI *op. cit.*) o *cerreta termoigrofila mediterranea* secondo la classificazione di MONDINO e BERNETTI (1998). Il bosco, di 20 anni di età, coetaneo su ampie superfici e già governato a ceduo con un turno di 12 anni, è descritto come un ceduo denso con ceppaie portanti da 1, fino a 3-4 polloni. L'impostazione non ottimale degli stessi sulle ceppaie, spesso rialzate, risentiva della tecnica di taglio sul "nuovo" delle precedenti ceduaioni (ancora l'ultima

Tabella 1 - Sito di Caselli. Parametri del clima.
Site of Valsavignone. Climate parameters.

Quota m	Piovosità media		Temperatura media		Classificazione di Thornthwaite		
	annuale mm	estiva mm	anno °C	mese più caldo °C	tipo	indice di aridità	periodo secco giorni
305	841	116	15,4	24,5	C ₂ B' ₂ sb' ₄	26,8	107

all'inizio anni '50 effettuata con accetta). La struttura verticale si presentava articolata in un piano dominante a prevalenza quasi totale di cerro, uno intermedio a partecipazione di orniello, frassino ossifillo, roverella, olmo campestre e carpino nero, un piano dominato con leccio, orniello e acero campestre; specie tipiche del forteto erano localizzate nel sottobosco. Matricine di roverella e di leccio di età compresa tra 30 e 60 anni erano distribuite irregolarmente sulla superficie. La loro funzione in passato era la produzione di ghianda per l'alimentazione dei selvatici ed il pascolo dei suini e dei cavalli. BARONI e CANTIANI (1975), nella relazione del Piano colturale della Foresta di Caselli, indicano come indirizzo futuro per le aree più fertili ed in particolare per i cedui maturi a prevalenza di cerro localizzati a Renzano, l'avviamento ad altofusto secondo il metodo formulato da MAGINI (*inedito*, citato in GIANNINI e PIUSSI 1976 e riportato come schema applicativo in CIANCIO e NOCENTINI 2004) e realizzato poi da GUIDI come protocollo sperimentale.

Il protocollo sperimentale originale

Il disegno era impostato su tre tesi di trattamento (controllo e due intensità di diradamento) ripetute quattro volte secondo lo schema dei blocchi randomizzati, su parcelle elementari di 30x30 m (900 m²). Erano previste fasce di isolamento tra le aree di 20 m.

I criteri di esecuzione del taglio di avviamento erano definiti come segue:

- i. eliminazione preliminare di tutto il piano sottoposto di altezza inferiore a 3-3,5 m;
- ii. diradamento forte nel piano dominante con rilascio del migliore pollone (massimo due) per ceppaia, fino a raggiungere una densità di rilasci pari a 1300-1600 fusti ad ettaro per un'altezza media dei polloni dominanti compresa tra 10 e 12 m; di 2300-2600 polloni per 8-9 m di altezza dominante;
- iii. eliminazione di tutti i polloni in soprannumero sulle ceppaie dominanti;
- iv. rilascio integrale di tutte le ceppaie dominate portanti polloni di altezza superiore alla soglia di ripulitura (punto i);
- v. eliminazione delle matricine deperienti, ingombranti di forma tozza e molto ramosa; riserva dei buoni fenotipi e sottostante ripulitura per una superficie leggermente superiore a quella della loro area di insidenza.

Nell'applicazione al protocollo in esame, il numero dei rilasci è stato di 1100 e 1500 polloni per ettaro,

data l'altezza dominante intorno ai 15 m. Le matricine presenti nelle tesi di diradamento (circa 15 ad ettaro) furono eliminate, probabilmente perché ingombranti, preliminarmente alla scelta dei rilasci. Altre specie oltre al cerro, soprattutto roverella, frassino ossifillo e carpino nero, furono rilasciate dove rappresentate dai fenotipi migliori. Le ceppaie con soli polloni dominati eccedenti la soglia di ripulitura, che intralciavano le operazioni di taglio e/o esbosco, furono comunque tagliate. Tutte le altre rilasciate con l'obiettivo del loro indebolimento e di contenere nel contempo il ricaccio di quelle totalmente eliminate (piano sottoposto) o diradate (piano dominante).

L'applicazione del taglio di avviamento secondo questi criteri e parametri ha portato al modellamento del soprassuolo originale in fustaie da pollone (così definite in base a un criterio fisionomico e richiamando nel termine l'origine agamica degli alberi) articolate su due piani verticali distinti per sviluppo e composizione specifica: quello principale che comprende cerro e pochi individui di specie diverse a formare la struttura di fustaia; quello subordinato (accessorio nella definizione originale di GUIDI) composto prevalentemente dalle altre latifoglie a costituire un piano dominato.

Il disegno iniziale nel seguito del monitoraggio

L'impostazione originale del protocollo su superfici unitarie relativamente piccole (900 m²) per questo tipo di indagine (tesi di trattamento di un soprassuolo forestale e monitoraggio di lungo periodo), privilegiava la ripetizione delle tesi rispetto alla dimensione delle parcelle per attuare un controllo di tipo statistico. L'applicazione di un disegno sperimentale pure semplice e coerente con lo scopo dello studio, rende conto tuttavia delle difficoltà oggettive di avere un numero adeguato di ripetizioni, omogeneità nei blocchi e soprattutto una dimensione sufficiente delle parcelle elementari, considerati lo spazio di crescita necessario in proiezione alle popolazioni monitorate ed il numero minimo di alberi (relativamente elevato) da assicurare fino al termine dell'esperimento. L'ambiente biologico di studio è poi particolarmente complesso per i differenti dendrotipi contenuti (polloni e matricine), le distribuzioni relative rispettivamente aggregata e casuale ed il duplice livello di interazione (ceppaie-individui) su cui si esercitano i fattori che determinano il risultato sperimentale. Anche la distanza interposta tra le tesi all'interno dei blocchi, superiore inizialmente all'altezza dei polloni dominanti, diviene pari a que-

st'ultima già all'inventario successivo per poi essere ampiamente superata. Vengono così progressivamente ad omogeneizzarsi le condizioni ecologiche interne tra tesi contigue (es. illuminazione laterale conseguente all'innalzamento delle chiome del soprassuolo principale), che viceversa avrebbero dovuto mantenersi differenziate per tutta la durata dell'esperimento. Il problema delle replicazioni in ambiente forestale è noto e già trattato da ASSMANN (*op. cit.*) come dimensione minima delle aree elementari (2.500-10.000 m²) in funzione del numero di alberi prevedibile a fine esperimento ed alla durata di questo. L'impostazione data da GUIDI rimane tuttavia interessante perché pone in termini reali la questione del disegno statistico e ne evidenzia i limiti per monitoraggi di lungo periodo, già discussi peraltro in uno dei primi testi di biometria dedicati al campo di applicazione specifico (BARBENSI 1965).

Per questi motivi, l'analisi dendro-auxometrica fa riferimento a ciascuna tesi come dato somma delle singole parcelle elementari riportato alla superficie convenzionale (ettaro). Si fa invece riferimento a singoli blocchi per la descrizione della dinamica e della composizione specifica delle popolazioni.

I rilievi successivi

Nel periodo di monitoraggio fino all'attualità, e successivamente ai rilievi del 1969 e 1972 riportati da GUIDI (*op. cit.*), sono stati eseguiti inventari di tipo dendrometrico e descrittivo della composizione specifica, dell'articolazione per piani sociali, della struttura orizzontale e verticale, della dinamica dimensionale della popolazione negli anni 1978, 1989, 1998 e 2004. Nel 1989 è stato realizzato il primo diradamento delle fustaie da pollone impostate con l'avviamento 20 anni prima. La soglia minima di misura del diametro a 1,30 m a tutti i censimenti è stata fissata a 3 cm.

Il diradamento della fustaia da polloni

A 20 anni dall'esecuzione del taglio di avviamento, corrispondenti all'età di 40 anni, la struttura principale si presentava articolata secondo il diverso sviluppo in altezza dei polloni rilasciati; la fisionomia generale delle chiome era ancora appressata e tipica dei dendrotipi originali. Il criterio adottato (AMORINI e FABBIO 1989a) ha teso a:

- i. eliminare i soggetti recessivi dal piano principale;
- ii. liberare i polloni migliori dalla concorrenza dei

vicini (molte delle coppie rilasciate al primo diradamento sono state ridotte ad un individuo; sono tuttavia stati rilasciati entrambi i polloni dove di pari sviluppo e conformazione);

- iii. favorire lo sviluppo laterale delle chiome aumentando lo spazio libero circostante;
- iv. distribuire quindi lo spazio di crescita secondo le potenzialità individuali;
- v. non intervenire sul piano accessorio, se non nei casi obbligati dal taglio, allestimento ed esbosco del materiale di risulta del diradamento.

Implementazione dei contenuti e degli strumenti di indagine

Ai protocolli dendrometrico e colturale, si sono affiancati nel seguito del lavoro altre ricerche utili a produrre maggiore conoscenza su aspetti specifici della dinamica del bosco monitorato. Il diradamento del 1989 ha consentito di provvedere analisi ulteriori quali modelli di stima del volume arboreo, dello sviluppo auxonomico dei polloni, delle relazioni clima-accrescimento legnoso.

Relazioni allometriche

Protocolli di lungo termine necessitano di strumenti di stima del volume del fusto (parametro di sintesi dell'accrescimento arboreo) lungo tutto il periodo di osservazione. L'intervallo temporale di validità di ciascun modello di previsione è fissato dal campo ipso-diametrico esplorato dal campione di alberi utilizzato e dalla variazione del dendrotipo arboreo con le dimensioni e quindi con l'età. Il coefficiente di riduzione del fusto varia poi in fasi biologiche precise segnalate ad esempio dalla riduzione dell'accrescimento corrente in altezza e dal riequilibrio meccanico e funzionale chioma-fusto-apparato radicale.

Sono stati per questo campionati e misurati 212 alberi nel campo di variazione ipso-diametrico della popolazione, sia tra il materiale reso disponibile dai diradamenti che integrando gli alberi dominanti con abbattimenti esterni all'area sperimentale. Con questo insieme è stata costruita una tavola locale a due entrate per la stima del volume del fusto (GHETTI e FABBIO, *dati non pubblicati*), utilizzata per gli inventari 1978 e 1989. Per gli ultimi due censimenti 1998 e 2004 è stata invece impiegata la relazione allometrica elaborata per i cedui di cerro della Toscana su 1400 osservazioni AMORINI *et al.* (2000), adeguata a rappresentare l'età del bosco ed il campo ipso-diametrico relativo.

Analisi auxonomica e dendro-ecologica

Analisi auxonomica: l'analisi del fusto, strumento classico utilizzato in passato prevalentemente per costruire modelli di accrescimento, assume oggi una valenza interpretativa elevata del fenomeno biologico. La possibilità di ricostruire nei parametri fondamentali l'intero andamento pregresso fino dalle fasi iniziali di vita del bosco e dallo stabilirsi delle relazioni interindividuali, consente una lettura completa che esplora quindi anche il periodo precedente l'inizio dello studio. Questo strumento si rivela particolarmente utile quando il soggetto manca completamente di riferimenti auxonomici come nel caso dei cedui oltre l'età della tradizionale utilizzazione (AMORINI e FABBIO 1986, 1989b, 1990a,b; FABBIO 1992, 1994). Allo scopo sono state eseguite le analisi del fusto su sub-campioni stratificati per posizione sociale. I risultati saranno oggetto di un contributo specifico.

Analisi dendro-ecologica: sono state verificate le relazioni tra la componente climatica stagionale dell'ambiente di crescita e l'accrescimento legnoso radiale. I risultati dell'applicazione di questa tecnica evidenziano sia il livello di adattamento della specie ai fattori considerati (piovosità e temperatura dell'aria), che la risposta a variazioni annuali e valori anomali. Il cambiamento in atto, segnalato dalla crescente infedeltà climatica, suggerisce un utilizzo sempre più diffuso di questo tipo di analisi che concorre a spiegare la variabilità dell'accrescimento corrente. A questo scopo sono state utilizzate sezioni legnose a 1.30 m prelevate sul medesimo campione di cui all'analisi precedente. I risultati saranno oggetto di un contributo specifico.

Indici descrittivi della struttura arborea

Con l'inventario 1989, all'interno di un blocco rappresentativo delle condizioni medie, sono stati realizzati transect permanenti per l'analisi della struttura, della composizione specifica e della loro evoluzione temporale in assenza e presenza di trattamento (MANETTI e GUGLIOTTA, *questo volume*).

Indici della copertura, della produttività del popolamento e dell'ambiente ecologico interno

Nel 1991 sono iniziati il monitoraggio della produzione annuale e composizione della lettiera, della fenologia, del clima radiativo interno, dell'indice di area fogliare (CUTINI *op. cit.*).

Biologia degli apparati radicali

Nello stesso periodo, successivamente all'esecuzione del secondo diradamento, sono stati realizzati rilievi sugli apparati radicali di polloni e matricine secondo il protocollo sperimentale messo a punto in occasione di un precedente, analogo lavoro svolto su un ceduo di faggio (AMORINI *et al.* 1990). Le tecniche utilizzate sono quelle dell'analisi dell'età, degli accrescimenti radiali e del ritmo di allungamento delle branche radicali, vale a dire delle tecniche dell'analisi del fusto adattate all'ambiente di crescita ed alla struttura anatomica dei tessuti radicali (*in preparazione*).

Quantità e livello di decadimento della necromassa legnosa in piedi ed a terra e degli stock di carbonio residenti nelle componenti la biomassa arborea, nella lettiera e nel suolo

Questo tema interessa le aree di controllo del ceduo in invecchiamento, dato che questa è l'opzione culturale in cui l'aumento degli *stock* di biomassa può essere uno degli obiettivi qualificanti la scelta di gestione (*in preparazione*).

Analisi dendro-auxometrica e strutturale

La dinamica dendro-auxometrica e strutturale è l'argomento trattato in questo contributo. Il lavoro utilizza il rilievo periodico (inventari successivi) delle variabili fondamentali (diametro ed altezza) ed il calcolo e la stima delle grandezze derivate: area basimetrica, altezza media e dominante, volume, incrementi medio e corrente di massa totale. Sono discussi l'andamento e le relazioni reciproche tra le singole variabili.

Sono quindi descritte la dinamica dimensionale della popolazione arborea (distribuzioni di frequenza per classi di diametro) nella tesi di controllo ed in una delle due tesi di avviamento (T1500) e la variazione temporale (presenza, abbondanza) delle specie componenti il piano accessorio nella fustaia da pollone (T1500). Il caso del blocco 2 T1100, in cui questo piano fu tagliato per errore in fase di avviamento, è citato come confronto con il protocollo adottato (rilascio integrale).

In relazione alla dinamica di sviluppo del piano accessorio, è stata calcolata la variazione della quota di inserzione delle chiome del piano superiore negli ultimi 15 anni per le tesi controllo e T1500.

Risultati

La cronologia dei parametri misurati, calcolati e stimati per ciascuna tesi e per unità di superficie attraverso l'intero periodo di osservazione (1969-2004), corrispondente all'intervallo di età 20-55 anni, è rappresentata nella Tabella 2a-b-c. Gli intervalli tra gli inventari sono relativamente costanti (9-11 anni), tranne l'ultimo, pari a 6 anni. Per le due tesi di avviamento, titolate sinteticamente con le differenti intensità di rilascio iniziale (T1500 e T1100), sono stati tenuti separati i due piani di vegetazione (principale ed accessorio). Le età dei diradamenti (20 e 40 anni) riportano la situazione *ante* e *post* ed i parametri dell'intervento. Agli ultimi due inventari (1998 e 2004), i due piani sono stati rilevati separatamente anche per la tesi di controllo (C). L'andamento dei dati principali è sviluppato anche in forma grafica: riduzione della densità dei polloni, progressione di area basimetrica e altezza dominante (Figura 1); variazione del numero di polloni (nel piano principale per le tesi di avviamento) e mortalità assoluta e percentuale (Figura 2); andamento relativo delle aree basimetriche correnti (i) totale, (ii) principale e (iii) accessoria (Figura 3); sviluppo dell'altezza media per piano e dell'altezza di inserzione delle chiome nel piano principale (Figura 4); massa totale (controllo + tesi di avviamento) e corrente (tesi di avviamento) (Figura 5); incrementi medio e corrente di massa totale (tutte le tesi) (Figura 6).

La *massa totale* esprime nelle tesi di avviamento la somma delle masse *corrente* e *intercalare* a meno della mortalità naturale e, nella tesi di controllo, la *massa principale naturale* (*sensu* HELLRIGL), ovvero la massa totale a meno della mortalità occorrente nel periodo di osservazione.

Il termine *massa*, è qui sinonimo di *volume arboreo* e riferito al volume del fusto intero o svettato, calcolato dalle relazioni allometriche utilizzate.

La dinamica dimensionale della popolazione per blocco attraverso i successivi inventari nelle tesi controllo e T1500 è illustrata in Figura 7a-b; la variazione di presenza/abbondanza specifica nel piano accessorio nella tesi T1500 è riportata in Figura 8a-b. Il caso del blocco 2 T1100 è rappresentato in Figura 9.

Età 20 anni (1969)

La densità di ceppaie è il primo parametro descrittivo della struttura del soprassuolo. Il loro numero varia da 2544 nella tesi di controllo a 2836 e 3029 rispettivamente nelle tesi T1500 e T1100. Questi valori esprimono una densità colma, cui corrisponde una superficie media di insidenza da 3,9 a 3,3 m². La densità dei polloni è compresa tra 4269 (controllo) e 5238 e 4988 (T1500 e T1100); ne deriva un numero medio per ceppaia pari a 1,6 -1,8 unità. L'area basimetrica è di 25,93 m² (controllo) e 28,78 e 27,61 m² (T1500 e T1100), il diametro medio è compreso tra 8 e 9 cm. L'altezza media varia da 11,9 a 13,5 m; l'altezza dominante tra 15 e 16 m. La differenza diametro medio-dominante

Tabella 2a - TESI DI CONTROLLO (C). Cronologia della dinamica di accrescimento attraverso i successivi inventari.
Control thesis (C). Chronology of growth dynamics over the subsequent inventories.

Inv. anno	Età	Ceppaie n ha ⁻¹	Piano	Polloni n ha ⁻¹	Mort./ing. (Δn)	Δn/nΔt *100	G m ² ha ⁻¹	% Piano acc./tot.	dg cm	d dom cm	hg m	h dom m	M. totale m ³ ha ⁻¹	Im M _i m ³	Ic M _i m ³
1969	20	2544	totale	4269			25,93		8,8	20,1	11,9	15,5	160,09	8,00	11,01
1978	29		totale	4191	78	0,2	35,43 (+36,6%)		10,4	24,9	13,7	18,7	259,15	8,94	8,33
1989	40	2339 (-8,6%)	totale	3589	602	1,3	41,30 (+16,6%)		12,1	29,3	16,2	22,6	350,78	8,77	3,77
1998	49		princ.	914			36,71	14,9	22,7	32,9	21,0	24,4	363,09	7,94	3,61
			acc.	2739		6,43	5,5		8,1	26,17					
			totale	3653	64	0,2	43,14 (+4,4%)		12,4				389,26		
2004	55		princ.	781			37,92	15,2	24,9	34,1	22,9	26,0	388,04	7,47	
			acc.	2636		6,81	5,8		8,6	22,86					
			totale	3417	236	1,1	44,73 (+3,7%)		13,0				410,90		

Tabella 2b - TESI 1500 (T1500). Cronologia della dinamica di accrescimento attraverso i successivi inventari.

Thesis T1500. Chronology of growth dynamics over the subsequent inventories. Note: pd = before thinning; ed = thinning removal; dd = after thinning, here and in the following tables and graphs.

Inv. anno	Età	Ceppaie Piano n ha ⁻¹	Polloni n ha ⁻¹	Mort./ing. (Δn)	Δn/nΔt *100	G m ² ha ⁻¹	% Piano acc./tot.	dg cm	d dom cm	hg m	h dom m	M. corrente m ³ ha ⁻¹	M. interc. m ³ ha ⁻¹	M. totale m ³ ha ⁻¹	Im M _i m ³	Ic M _i m ³
1969 pd *	20	2836	totale 5238			28,78		8,4	16,9	13,5	15,3	173,99		173,99	8,70	
1969 ed *	20		totale 1272			6,93 (-24,1%)		8,3					46,26			
1969 dd *	20		princ. 1500 acc. 2466 totale 3966			15,79 6,06 21,85	27,7	11,6 5,6 8,4	16,9	14,4	15,3	91,82 35,91 127,73		173,99		12,42
1978	29		princ. 1481 acc. 2542 totale 4023	19 76 57	0,1 0,3 0,2	26,48 6,68 33,16 (+51,8%)	20,1	15,1 5,8 10,2	22,2	16,2 9,2	18,2	205,05 34,42 239,47		285,73	9,85	7,00
1989 pd *	40		princ. 1292 acc. 1783 totale 3075	189 759 948	1,2 2,7 2,1	33,06 4,98 38,04 (+14,7%)	13,1	18,0 6,0 12,5	26,1	18,7 11,2	21,8	298,33 18,09 316,42		362,68	9,07	
1989 ed *	40		princ. 256 acc. 19 totale 275			5,83 0,35 6,18 (-16,2%)		17,0					52,16 2,26 54,42			
1989 dd *	40		princ. 1036 acc. 1764 totale 2800			27,23 4,63 31,86	14,5	18,3 5,8 12,0	26,0	18,8 10,9	21,8	246,17 15,83 262,00		362,68		6,43
1998	49		princ. 992 acc. 1811 totale 2803	44 47 3	0,5 0,3 0,0	32,23 4,5 36,73 (+25,9%)	12,3	20,4 5,6 13,0	29,2	20,7 8,3	23,3	304,34 15,50 319,84		420,52	8,58	5,36
2004	55		princ. 869 acc. 2183 totale 3052	123 372 249	2,1 3,4 1,5	33,89 6,00 39,89 (+7,9%)	15,0	22,4 5,8 13,0	31,1	21,9 8,6	25,1	328,42 23,59 352,01		452,69	8,23	

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

è sensibile in tutte le tesi ($d_{dom} = 20,1; 16,9$ e $18,1$ cm); a questa corrisponde una differenza altezza media-dominante di circa 2 m nelle due tesi di diradamento e di 3,6 m in quella di controllo, dove anche l'escursione $d_m - d_{dom}$ è superiore per la presenza di alcune matricine. Il volume della massa totale è compreso tra 160 (controllo), 174 e 168 m³ (T1500 e T1100), cui corrispondono incrementi medi pari a 8,0; 8,7 e 8,4 m³ nell'ordine.

Il diradamento, pari al 24,1% in area basimetrica (T1500) e al 24,8% (T1100), preleva 46 e 41 m³ per unità di superficie. L'area b. *post* intervento rimane pari a oltre 20 m² (21,85 e 20,76) distribuiti per circa $\frac{2}{3}$ nel piano principale e $\frac{1}{3}$ in quello accessorio. I valori diametrici medi variano da 5-6 a 11-13 cm nei due piani; il diametro dominante è compreso tra 17 e 18 cm. Il tipo di diradamento realizzato non modifica il valore di altezza dominante, mentre aumenta di circa 1 m

quello di altezza media; la differenza relativa si riduce quindi a 1 metro in entrambe le tesi.

Età 29 anni (1978)

Dopo 9 anni (secondo inventario), la tesi di controllo mostra una mortalità complessiva estremamente ridotta (-1,8%) ed un incremento corrente di area basimetrica di poco superiore ad 1 m² per anno (1,06) che porta il valore relativo a 35,43 m² (+36,6%). Il diametro medio dei polloni dominanti si differenzia progressivamente da quello medio della popolazione; l'altezza media e dominante hanno un incremento corrente pari a 0,20 e 0,36 m. L'altezza media degli alberi dominanti è prossima ai 19 m. Queste variazioni si traducono in un incremento di volume nel periodo di circa 100 m³, cui corrispondono un incremento medio maggiore di quasi un metro³ (da 8,0 a 8,9 m³) e un incremento corrente di 11,0 m³.

Anche nei soprassuoli diradati la mortalità nel periodo (schianti) nel piano principale si mantiene molto bassa (-1,3 T1500 e -0,4% T1100); l'incremento di area basimetrica, quasi completamente registrato nel piano principale, è pari a 1,26 e 1,11 m² anno e superiore a quello della tesi di controllo (+51,8% T1500 e +48,0% T1100). Il numero di polloni nel piano accessorio aumenta proporzionalmente all'intensità di diradamento del piano superiore, ma il peso relativo in area basimetrica sul totale diminuisce in entrambe le tesi da 27,7 a 20,1% (T1500), da 33,3 a 27,8% (T1100). Il diametro medio, ma soprattutto quello dominante, si incrementano a seguito della riduzione di densità; gli accrescimenti in altezza media e dominante sono simili a quelli registrati nella tesi di controllo. L'incremento medio di massa totale aumenta da 8,7 a 9,8 (T1500) e da 8,4 a 8,9 m³ (T1100). Il valore dell'incremento corrente è pari a 12,4 e 10,1 m³, rispettivamente.

Età 40 anni (1989)

A 11 anni di distanza, (terzo inventario) la riduzione della densità per mortalità naturale è del 14,4% nella tesi di controllo (3589 i polloni censiti), mentre il numero di ceppaie (dai 20 ai 40 anni) si riduce dell'8,6%, contro una mortalità complessiva di polloni nello stesso periodo del 15,9%. L'area basimetrica supera la soglia dei 40 m² (41,30) con un aumento nel periodo pari al 16,6% e un incremento corrente di 0,53 m², la metà circa di quello osservato nell'intervallo precedente. Continua la differenziazione dei diametri medio e dominante, mentre l'incremento corrente di altezza (0,23 h_{m.} e 0,35 m h_{dom.}) si mantiene ancora simile a quello misurato nel periodo 20-29 anni. La consistenza in volume è elevata per l'età (351 m³), ma il valore di incremento medio di poco inferiore (8,8) rispetto a quello stimato a 29 anni (8,9); la sua culminazione si colloca quindi nell'intervallo 29-40 anni. L'incremento

Tabella 2c - TESI 1100 (T1100). Cronologia della dinamica di accrescimento attraverso i successivi inventari.
Thesis T1100. Chronology of growth dynamics over the subsequent inventories.

Inv. anno	Età	Ceppaie Piano n ha ⁻¹	Polloni n ha ⁻¹	Mort./ing. (Δn)	Δn/nΔt *100	G m ² ha ⁻¹	% Piano acc./tot.	dg cm	d dom cm	hg m	h dom m	M. corrente m ³ ha ⁻¹	M. interc. m ³ ha ⁻¹	M. totale m ³ ha ⁻¹	Im M _i m ³	Ic M _i m ³
1969 pd * 20	20	3029	totale 4988			27,61		8,4	18,1	13,5	15,5	168,04		168,04	8,40	
1969 ed * 20	20		totale 1332			6,85		8,1					41,39			
						(-24,8%)										
1969 dd * 20	20		princ. 1093			13,84		12,7	18,1	14,7	15,5	82,03				
			acc. 2563			6,92	33,3	5,9				44,62				
			totale 3656			20,76		8,5				126,65		168,04		10,10
1978	29		princ. 1089	4	0,0	22,18		16,1	22,3	16,6	18,3	174,03				
			acc. 2959	396	1,7	8,55	27,8	6,1		9,6		43,50				
			totale 4048	392	1,2	30,73		9,8				217,53		258,92	8,93	
						(+48,0%)										7,52
1989 pd * 40	40		princ. 1037	52	0,4	29,54		19,0	26,5	19,5	21,9	268,41				
			acc. 2081	878	2,7	7,09	19,4	6,6		11,9		31,82				
			totale 3118	930	2,1	36,63		12,2				300,23		341,62	8,54	
						(+19,2%)										
1989 ed * 40	40		princ. 322			8,05		17,8				73,19				
			acc. 55			1,19						8,13				
			totale 377			9,24						81,32				
						(-25,2%)										
1989 dd * 40	40		princ. 715			21,49		19,5	26,5	19,7	21,9	195,22				
			acc. 2026			5,9	21,5	6,1		11,3		23,69				
			totale 2741			27,39		11,3				218,91		341,62		
																7,20
1998	49		princ. 664	51	0,8	26,51		22,7	31,2	21,5	23,9	262,06				
			acc. 2133	107	0,6	5,22	16,4	5,7		8,4		21,66				
			totale 2797	56	0,2	31,73		12,4				283,72		406,43	8,29	
						(+13,7%)										5,05
2004	55		princ. 578	86	2,2	28,26		25,0	33,7	23,0	25,9	290,97				
			acc. 2150	17	0,1	5,48	16,2	5,8		8,6		23,06				
			totale 2728	69	0,4	33,74		12,7				314,03		436,74	7,94	
						(+6,3%)										

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

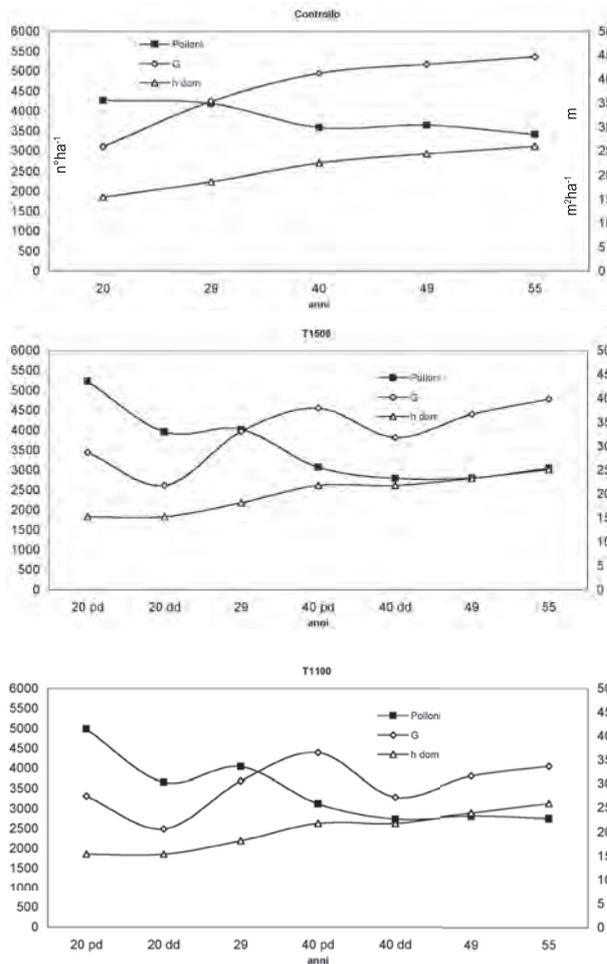


Figura 1 - Variazione del numero dei polloni, dell'area basimetrica e dell'altezza dominante ai successivi inventari.
Variation of shoot density, basal area and top height over the subsequent inventories (all theses).

corrente di volume (come già segnalato dal minore accrescimento in area basimetrica) ha un valore inferiore (8,3) a quello calcolato per il periodo precedente. La cronologia dei valori (Figura 6) posiziona la culminazione di i_{mv} tra i 30 e i 35 anni.

Per le tesi di avviamento, questa età corrisponde all'esecuzione del secondo diradamento. La situazione *ante* registra una riduzione numerica nel piano principale del 12,8 (T1500) e 4,8% (T1100) ed un incremento di area basimetrica (totale) del 14,7 e 19,2%, corrispondente a valori annui di 0,44 e 0,54 m², rispettivamente. Se però si considerano separatamente i piani, in quello principale gli incrementi aumentano al 24,8 e 33,2%,

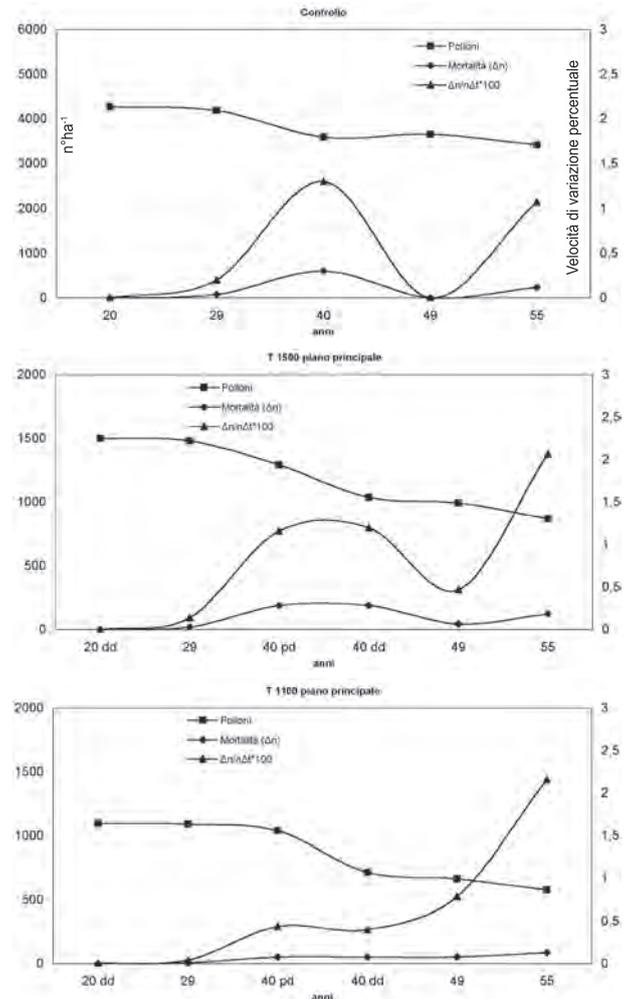


Figura 2 - Variazione del numero dei polloni, mortalità assoluta e percentuale nella tesi di controllo (C) (tutta la popolazione) e nelle tesi di avviamento T 1500-T 1100 (piano principale) ai successivi inventari.
Variation of shoot density and mortality rate (number and percentage) in the control (all tree population) and thinning theses (main crop layer) over the subsequent inventories

essendo il piano accessorio recessivo in entrambe le tesi di diradamento (13,1 e 19,4% dell'area basimetrica totale), secondo la tendenza già espressa nell'intervallo precedente. Altezza media e dominante mantengono incrementi correnti molto simili a quelli della tesi di controllo (0,24-0,26 e 0,33 m). L'incremento medio di volume calcolato sulla massa totale diminuisce a 9,1 (T1500) e 8,5 m³ (T1100), segnalando l'avvenuta culminazione. I valori dell'incremento corrente sono pari a 7,0 e 7,5 m³, rispettivamente. La culminazione di i_{mv} si colloca (Figura 6) prima dei 30 anni, precedente di alcuni anni quella osservata nella tesi di controllo.

Il diradamento, pari al 16,2% (T1500) e al 25,2%

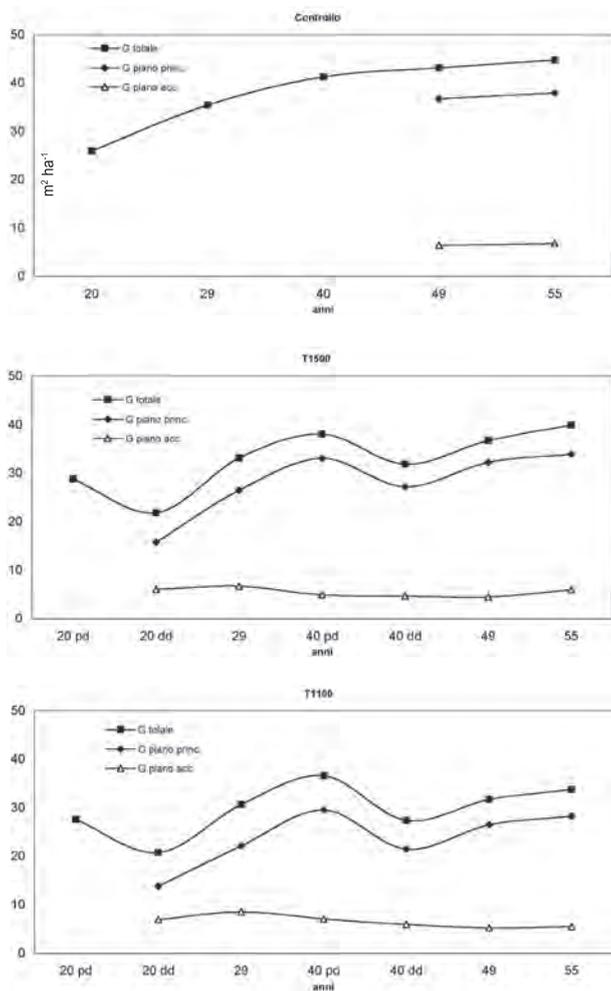


Figura 3 - Andamento dei valori di area basimetrica totale, nel piano principale e in quello accessorio in funzione dell'età (tutte le tesi).

Basal area trend (total population, main crop layer, subordinate layer) as a function of stand age (all theses).

(T1100) dell'area basimetrica totale, preleva rispettivamente 54 e 81 m³ per unità di superficie localizzati nel piano principale, a meno del taglio occasionale di polloni dominati per l'allestimento ed esbosco del materiale di risulta.

I parametri *post* diradamento descrivono densità di 1036 (T1500) e 715 (T1100) polloni nel piano principale e valori totali di 2800 e 2741; l'area basimetrica è di 31,86 e 27,39 m² rispettivamente (14,5 e 21,5% è la frazione rappresentata dal piano accessorio). Il diametro medio dei polloni dominanti è di 26 e 26,5 cm. L'altezza dominante è di poco inferiore ai 22 m in entrambe le tesi.

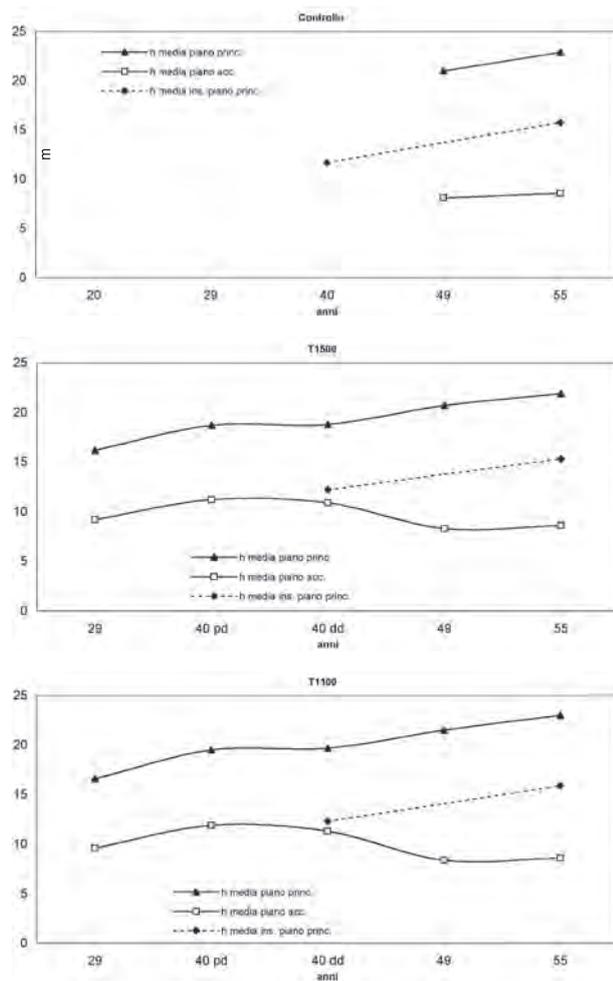


Figura 4 - Variazione delle altezze medie nel piano principale e in quello accessorio; altezza media di inserzione delle chiome del piano principale in funzione dell'età della popolazione (tutte le tesi).

Variation of mean tree height in the main crop and subordinate layer, mean height of crown insertion in the main crop layer as a function of age (all theses).

Età 49 anni (1998)

Con il quarto inventario si iniziano a registrare separatamente i parametri del piano principale ed accessorio anche per la tesi di controllo per consentire, a 30 anni dall'inizio del monitoraggio, il confronto strutturale con le tesi di diradamento. La densità complessiva è superiore a quella registrata a 40 anni (3653 contro 3589 polloni) per l'entrata alla soglia minima di misura (3 cm a 1,30 m) di nuovi polloni. Il piano principale è costituito da 914 unità, un'area basimetrica di 36,71 m², diametri medio e dominante di 22,7 e 32,9 cm. Le altezze media e dominante sono pari a 21 e 24,4 m. Il piano accessorio ha una consistenza

di 2739 polloni e 6,43 m² di area b., corrispondenti al 14,9% del valore complessivo. Il diametro medio è di 5,5 cm. Complessivamente, la tesi di controllo esprime 43,14 m² di area b. ed un volume di poco inferiore ai 400 m³. L'incremento corrente di area b. nell'intervallo 40-49 anni si riduce ancora della metà rispetto al periodo 29-40 anni (da 0,53 a 0,20 m²), l'accrescimento in altezza dominante inizia a rallentare per la prima volta sotto 0,30 m per anno (0,20). Gli incrementi medio e corrente di volume hanno andamenti coerenti: il primo prosegue una diminuzione lenta (7,9), il secondo si riduce in misura molto più sensibile a 3,8 m³.

Le due tesi di avviamento, nove anni dopo il secondo diradamento, hanno una consistenza numerica di 2803 (T1500) e 2797 (T1100) unità; la popolazione si articola in 992 e 664 polloni nel piano principale; 1811 e 2133 in quello accessorio. Il piano superiore esprime l'intero accrescimento in area basimetrica (32,23 e 26,51 m²), dato che quella residente nel piano inferiore rimane circa costante nell'intervallo e quindi scende dal 14,5 al 12,3% (T1500) e dal 21,5 al 16,4% (T1100) del valore complessivo. Gli incrementi di area b. sono di 4,87 e 4,34 m² (0,54 e 0,48 annuo), simili tra loro e di valore circa doppio a quello registrato nella tesi di controllo. I diametri medio e dominante sono pari a 20,4 e 29,2 cm (T1500) e 22,7 e 31,2 cm (T1100); le altezze media e dominante 20,7 e 23,3 m (T1500) e 21,5 e 23,9 m (T1100), con incrementi annui nel periodo compresi tra 0,17 e 0,22 m. L'incremento medio di volume segue un andamento simile a quello già descritto per la tesi di controllo (lenta discesa), mentre l'incremento corrente, pure se in diminuzione, mantiene valori più elevati che nella tesi non diradata.

Età 55 anni (2004)

L'ultimo inventario, a sei anni dal precedente, registra una diminuzione di densità nel piano principale della tesi di controllo (-133 unità) che porta la dotazione corrente a 781 polloni; il piano accessorio conserva una consistenza simile (2636 polloni). L'area basimetrica complessiva (44,73 m²) mantiene un incremento corrente circa uguale (0,26 m²) a quello rilevato nell'intervallo precedente; il piano accessorio lo stesso valore relativo (15%). Continua ad essere sostenuto l'accrescimento diametrico (24,9 e 34,1 cm i valori medio e dominante); l'altezza media ha un incremento (0,32) di poco superiore a quello dell'altezza dominante (0,27), che ritorna su valori vicini a quelli espressi tra 20 e 40 anni. Il volume in piedi supera i

400 m³ (410,9); entrambi gli incrementi (medio=7,5; corrente=3,6) mostrano analogo andamento con una diminuzione molto lenta.

Anche nelle tesi di avviamento la densità si riduce nel piano principale (-123 unità T1500 e -86 T1100); i valori risultanti (869 e 578 polloni) collocano queste densità in posizione intermedia rispetto alla tesi di controllo. Nel piano accessorio (2183 e 2150 polloni) la densità rimane inferiore a quella censita nella tesi non diradata. L'incremento corrente di area basimetrica, simile a quello registrato nell'intervallo precedente (0,53 T1500 e 0,34 m² T1100) e superiore a quello della tesi di controllo, porta i valori a 39,9 e 33,7 m² rispettivamente. La consistenza relativa del piano accessorio è circa uguale a quella misurata per la tesi di controllo (15 e 16,2%). L'accrescimento diametrico è ancora elevato (22,4 e 25,0 cm il d_m e 31,1 e 33,7 cm il d_{dom}); l'altezza registra incrementi di 0,20 m (h_m) e 0,30 m (h_a) (T1500), di 0,25 e 0,33 m (T1100). Il volume in piedi (massa corrente nelle tesi diradate) è pari a 352 (T1500) e 314 m³ (T1100); il volume intercalare (taglio di avviamento + diradamento) a 100,68 e 122,71 m³ ed il volume totale a 452,7 e 436,7 m³, rispettivamente. La massa intercalare rappresenta il 28,6 (T1500) e 39,1% (T1100) della massa corrente.

L'incremento medio (massa totale) diminuisce in misura molto lenta (8,2 e 7,9 m³); quello corrente si mantiene superiore a 5 m³ in entrambe le tesi.

Dinamica dimensionale nell'intervallo 20-55 anni

Le distribuzioni di frequenza della popolazione arborea per classi dimensionali (Figura 7a-b) descrivono la dinamica temporale risultato (i) della velocità di accrescimento progressivamente crescente dagli alberi dominati a quelli dominanti; (ii) della mortalità naturale, accidentale o prodotta dai diradamenti; (iii) dell'ingresso di nuovi alberi alla soglia minima di misura (3 cm a 1.30 m). Nella tesi di controllo (Figura 7a), la componente specifica *cerro* rappresenta la quasi totalità del piano principale del bosco, quella *altre specie* il piano accessorio. Le variazioni successive della popolazione *cerro* mostrano lo sviluppo da (i) una forma iniziale fortemente asimmetrica che si prolunga a destra in funzione della presenza di diametri medio-grossi e di matricine (rilasciate in questa tesi) a (ii) forme circa simmetriche, platicurtiche ed allungate, di norma bi o plurimodali, espressione della cumulazione nel tempo dei differenti ritmi di accrescimento radiale della popolazione. Nel piano accessorio (*altre specie*),

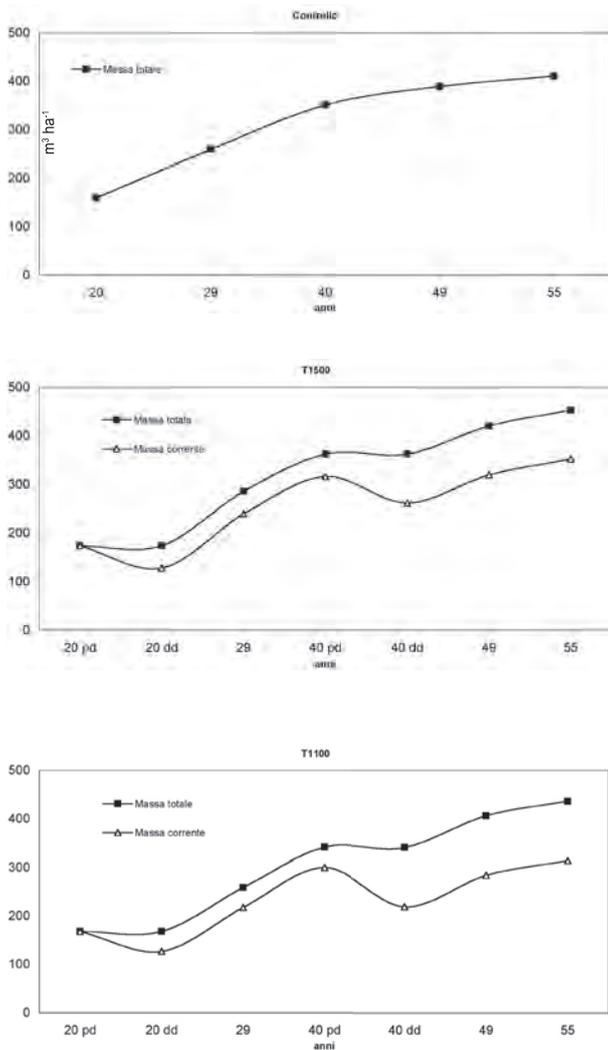


Figura 5 - Andamento della massa totale e della massa corrente attraverso i successivi inventari (tutte le tesi).
Development of total and current stand volume as a function of stand age (all theses).

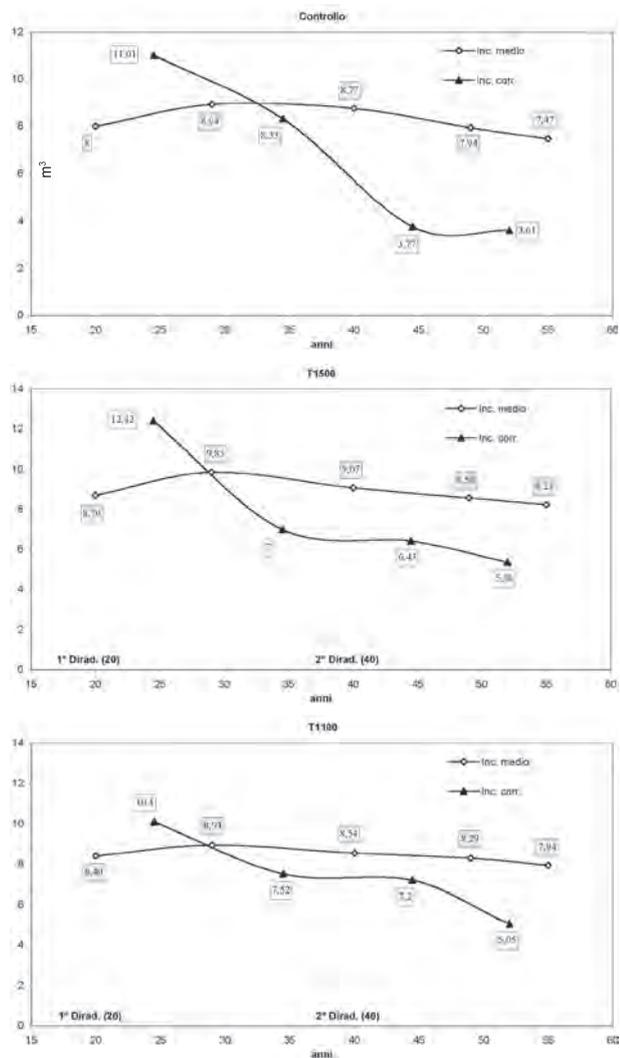


Figura 6 - Variazione degli incrementi medio e corrente di volume (massa totale) in funzione dell'età (tutte le tesi).
Variation of mean and current annual volume increment (total yield) as a function of stand age (all theses).

la forma della distribuzione si mantiene esponenziale in tutto l'intervallo osservato con una flessione evidente dei valori in entrata (sinistra), tranne che nel blocco 4, dove si evidenzia una moda in neoformazione.

Tesi diradata (T1500) (Figura 7b). Nel piano principale, la situazione subito dopo il taglio di avviamento e l'asportazione delle matricine, è descritta da una distribuzione già normalizzata (più evidente nei blocchi 1 e 3) che si allunga a destra attraverso i successivi intervalli fino a formare la moda principale che comprende i diametri medio-grossi. A sinistra si rileva ancora all'attualità traccia della moda che caratterizza

la popolazione iniziale. Nel piano accessorio, gli andamenti sono simili a quelli già descritti per la tesi di controllo. In alcuni blocchi (1 e 2), si evidenzia una moda in neoformazione sulla cui completa definizione interferiscono ancora i numeri elevati di alberi che continuano ad entrare a misura nella parte sinistra della distribuzione.

Dinamica numerica della componente accessoria nello stesso intervallo

La componente accessoria della popolazione arborea, già considerata in termini dimensionali (diametro

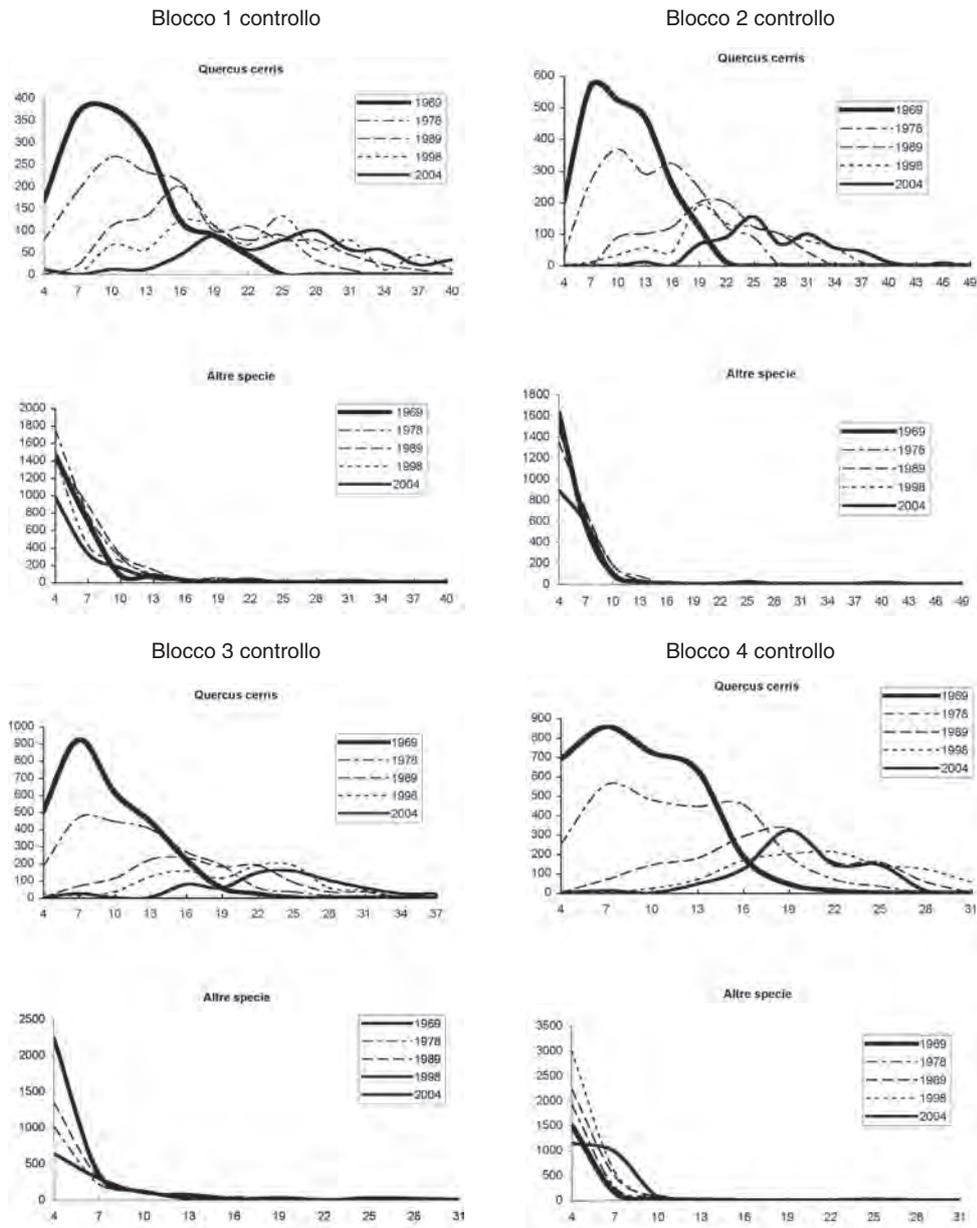


Figura 7a - Dinamica delle popolazioni attraverso i successivi inventari: variazione delle frequenze della distribuzione dimensionale (classi di diametro) per blocco nella tesi controllo C. Sono distinti il piano superiore (cerro) e quello accessorio (altre specie).
Dynamics of tree size (dbh) distribution over the subsequent inventories (1969-2004) in the control thesis (C). Turkey oak is the dominant species in the main crop layer; the other species build up the subordinate tree layer. Take note of the different scale in the ordinate.

e altezza medi), di peso relativo in area basimetrica attraverso i successivi inventari (Tabella 2 e Figura 3) e distributivo-dimensionali (Figura 7), viene qui descritta come numero di individui per specie nella tesi T1500 dei blocchi 1 - 4 (Figura 8). Nei grafici è riportata anche la variazione dell'area basimetrica nel

piano principale come *proxy* del grado di copertura superiore. Il caso del blocco 2 T1100 (Figura 9) rappresenta lo sviluppo parallelo a partire dalla ceduzazione delle ceppaie dominate all'atto dell'avviamento del soprassuolo principale, rispetto al suo mantenimento integrale.

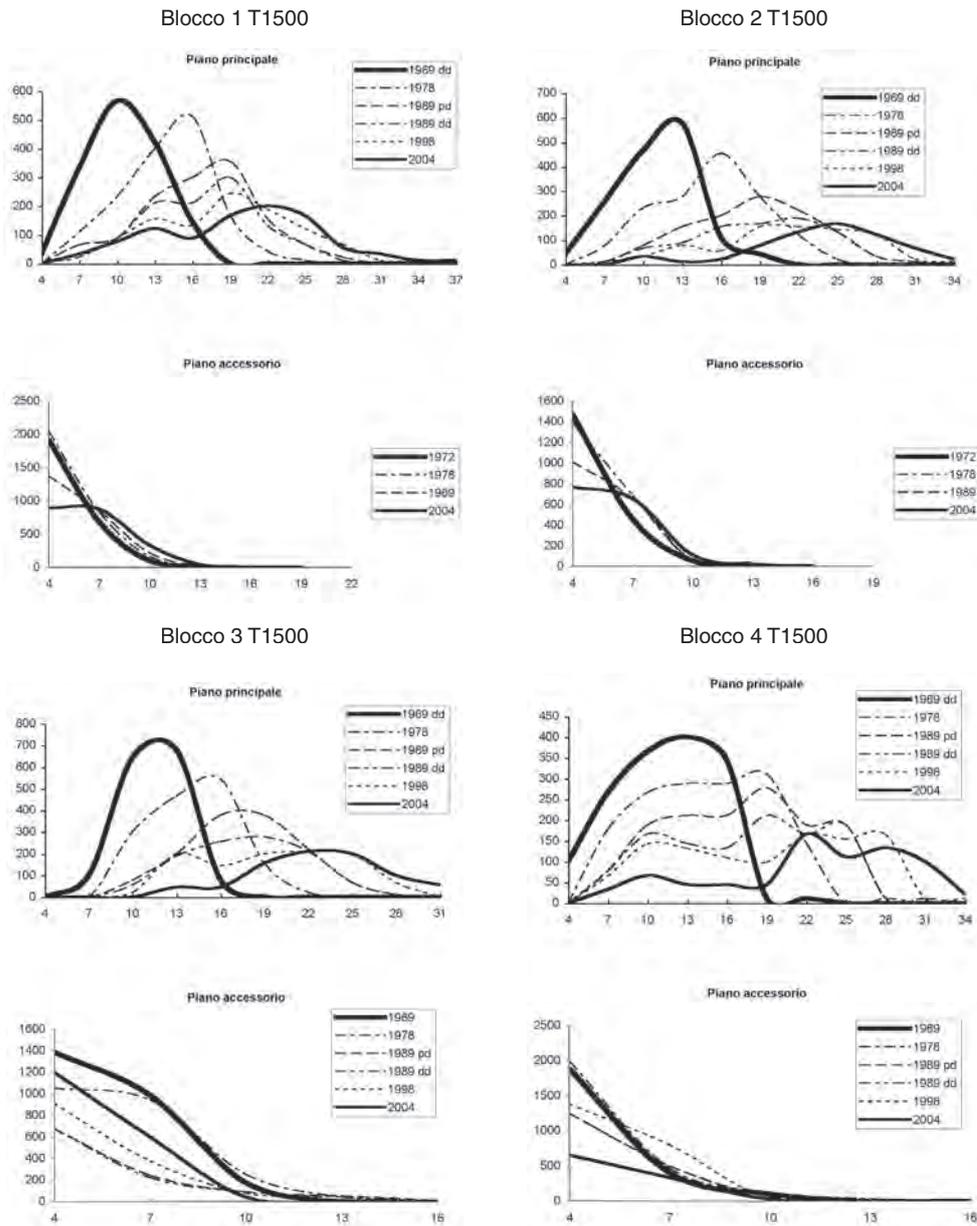


Figura 7b - Dinamica delle popolazioni attraverso i successivi inventari: variazione delle frequenze della distribuzione dimensionale (classi di diametro) per blocco nella tesi T1500. Sono distinti il piano principale (cerro) e quello accessorio (altre specie).

Dynamics of tree size (dbh) distribution over the subsequent inventories (1969-2004) in the thesis T1500. The main (Turkey oak dominated) and subordinate tree layer (other broadleaves) are shown in the graph. Take note of the different scale in the ordinate

Tesi T1500: ciascuna delle specie componenti mostra una dinamica propria; la presenza del *cerro* diminuisce nettamente con l'aumento della copertura superiore, raggiungendo il valore minimo prima del secondo diradamento (1989) in corrispondenza del massimo relativo in area basimetrica nel piano princi-

pale. *Lorniello* è la specie più abbondante e raggiunge più o meno rapidamente il picco di presenza, che poi mantiene indipendentemente dall'aumento della copertura superiore, tranne che nel blocco 4 dove è in flessione nell'ultimo periodo. *Olmo campestre* (blocchi 1, 2 e 3) e *acero campestre* (blocchi 1 e 2)

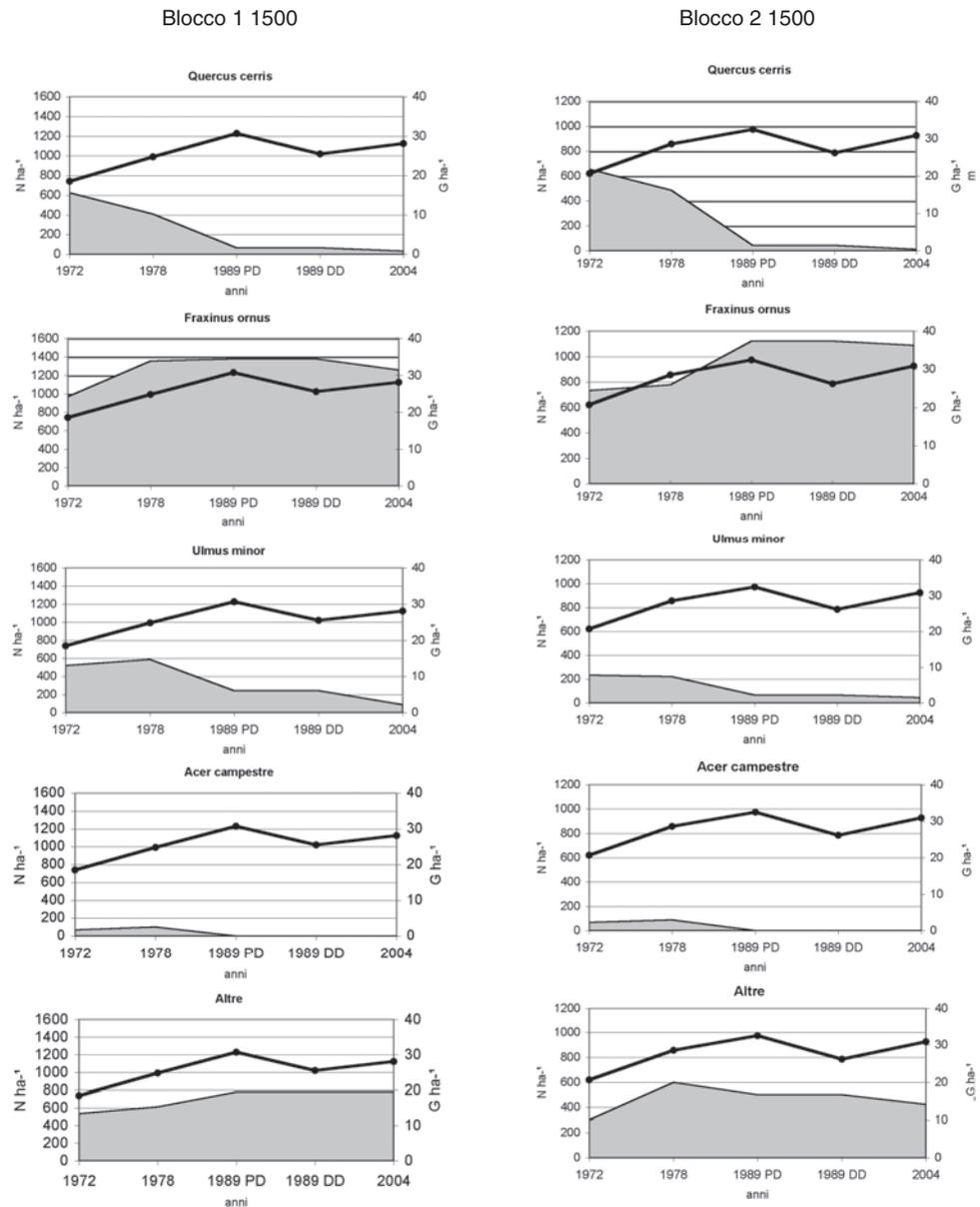
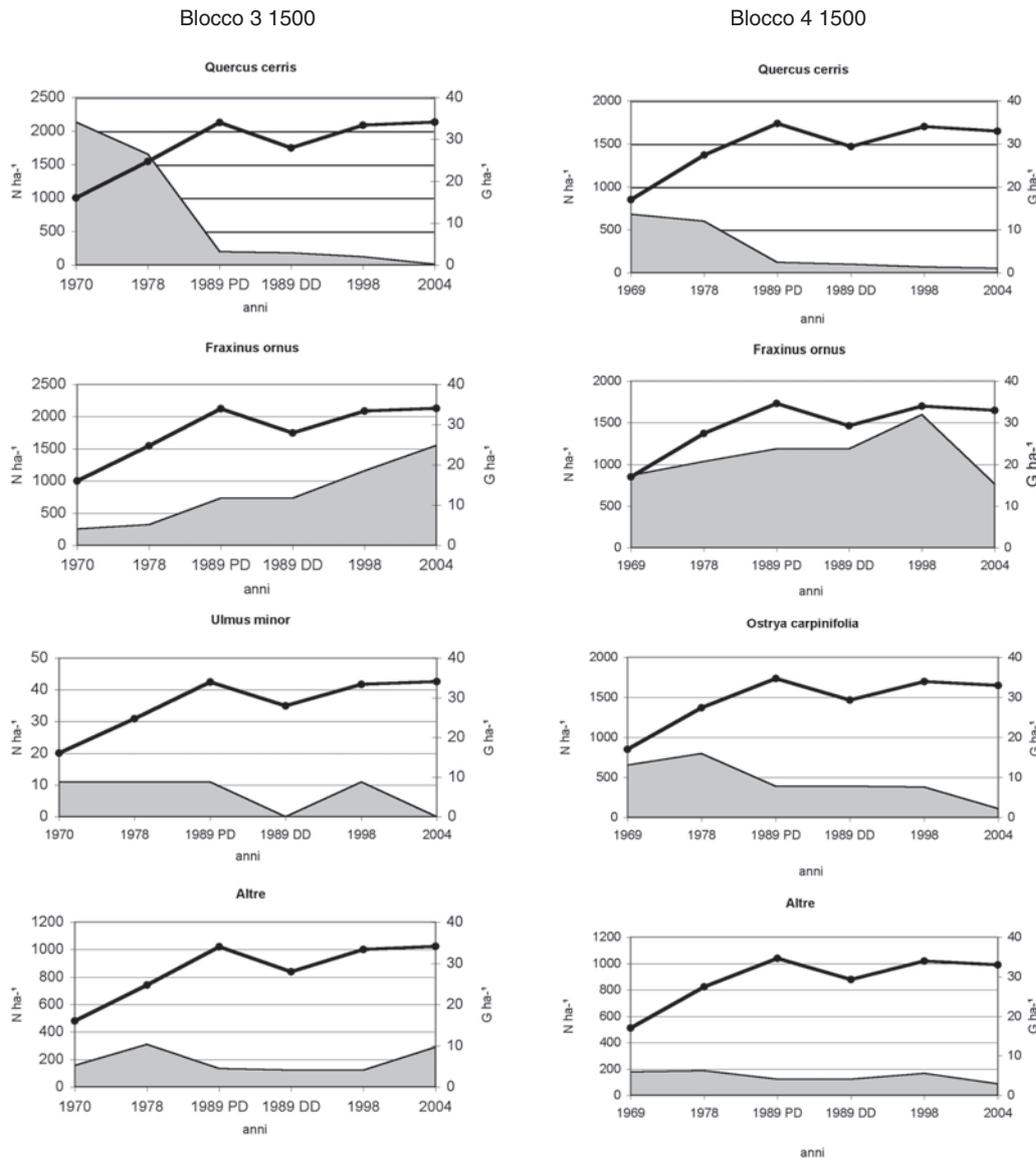


Figura 8 - Dinamica della presenza-abbondanza specifica nel piano accessorio nei 4 blocchi della tesi T1500. Nei grafici è riportata la variazione di area basimetrica nel piano principale. Nella lettura tenere presente le scale differenti in ordinata.
Presence/abundance dynamics of tree species in the subordinate layer over the observed period in T1500 (each block). The variation of basal area in the main crop layer is also reported as a proxy of the upper canopy cover. Take note of the different scale in the ordinate.

hanno una dinamica simile pure se con abbondanza differente. Entrambe le specie si dimostrano poco competitive al mutare delle condizioni ecologiche, l'acero soprattutto, che scompare entro l'età di 40 anni. Il carpino nero, presente soltanto nel blocco 4 dove è vicariante di olmo ed acero, raggiunge la presenza maggiore entro 10 anni dal primo diradamento, riduce poi progressivamente la sua consistenza con l'aumentare

della copertura e rimane quindi stabile fino all'inizio dell'ultimo intervallo, quando declina nettamente. Le specie sporadiche (altre nel grafico), qui leccio, fraxino ossifillo, sorbo domestico, carpino bianco, dopo l'aumento iniziale si mantengono stabili (blocco 1) o lentamente diminuiscono (blocco 2), oppure tendono a una presenza circa costante lungo tutto il periodo di osservazione (blocchi 3 e 4).



segue **Figura 8**

Tesi 1100 (blocco 2): in questa tesi e blocco, successivamente alla ceduzione del piano dominato occorsa per errore all'atto dell'avviamento (1969), sono state monitorate nella seconda metà del periodo di osservazione (1989-2004) le stesse specie rilevate nella T1500 tranne il *cerro*. *L'orniello*, a 20 anni dalla ceduzione (1989), è già presente a misura ed incrementa la sua abbondanza nell'intervallo successivo al secondo

diradamento per mantenersi poi costante fino all'attualità. *Acer* e *olmo campestre*, compaiono a misura 30 anni dopo la ceduzione ed a 10 anni dal secondo diradamento (1998); successivamente descrivono una tendenza simile a quella già osservata, con l'*acero* che registra ancora una presenza temporanea rispetto all'*olmo*. Le *specie sporadiche* (*altre* nel grafico = *leccio*), descrivono uno sviluppo simile all'*orniello*

ma sono in flessione all'attualità.

L'innalzamento medio del piano delle chiome negli ultimi 15 anni è di 4 e 3 m rispettivamente nella tesi di controllo e nella T1500 e procede parallelo all'aumento dell'altezza totale degli alberi (Figura 4).

Discussione

Caratteristiche del soprassuolo, criteri culturali applicati, dendro-auxonomia e struttura

I parametri di densità del bosco (numero di ceppaie e di polloni), pure elevati, sono inferiori a quelli riportati per un ceduo a prevalenza di cerro in ambiente appenninico della medesima età (sito di Valsavignone) da AMORINI e FABBIO (1988) e AMORINI, FABBIO e CANTIANI, *questo volume*). La tipologia di ceppaia con meno di due polloni portati in media (prodotto di un più precoce inizio e veloce progredire di selezione e mortalità) e la differenziazione marcata tra diametro medio e dominante suggeriscono una fertilità elevata, confermata dal valore di altezza dominante (15 m a 20 anni). Le dimensioni ridotte delle ceppaie e di conseguenza la loro numerosità sono caratteristiche della specie che, a differenza di altre (leccio, faggio, castagno), non tende ad allargare l'impronta al suolo attraverso i cicli di ceduzione per la rapida selezione dei polloni, tipica della specie eliofila. La stessa autoecologia specifica spiega il mantenimento nel tempo di una differenza ridotta altezza media-dominante per la "filatura" duratura dei polloni. Il sito di Caselli si caratterizza anche per un periodo vegetativo più prolungato rispetto a Valsavignone per il differente ritmo fenologico del cerro che, alla quota inferiore, anticipa mediamente di un mese e mezzo la foliazione e ritarda di uno la caduta delle foglie CUTINI (*op. cit.*). I valori di area basimetrica, compresi qui tra i 25 ed i 30 m² per ettaro a 20 anni di età, si collocano tra quelli massimi osservabili in siti che per quota, giacitura e qualità della stazione (suolo e clima) assecondano la capacità produttiva della specie.

Il tipo di diradamento applicato, originale nella formulazione di GUIDI e MAGINI e differente dall'impostazione data da GAMBI e MATTIOLI nell'analoga esperienza di Valsavignone (AMORINI, FABBIO e CANTIANI, *op. cit.*) presta attenzione particolare al controllo dei ricacci delle ceppaie tagliate o diradate ed all'indebolimento di quelle dominate rilasciate. Il criterio di esecuzione consente il mantenimento della copertura del suolo, a meno delle superfici di insidenza delle matricine

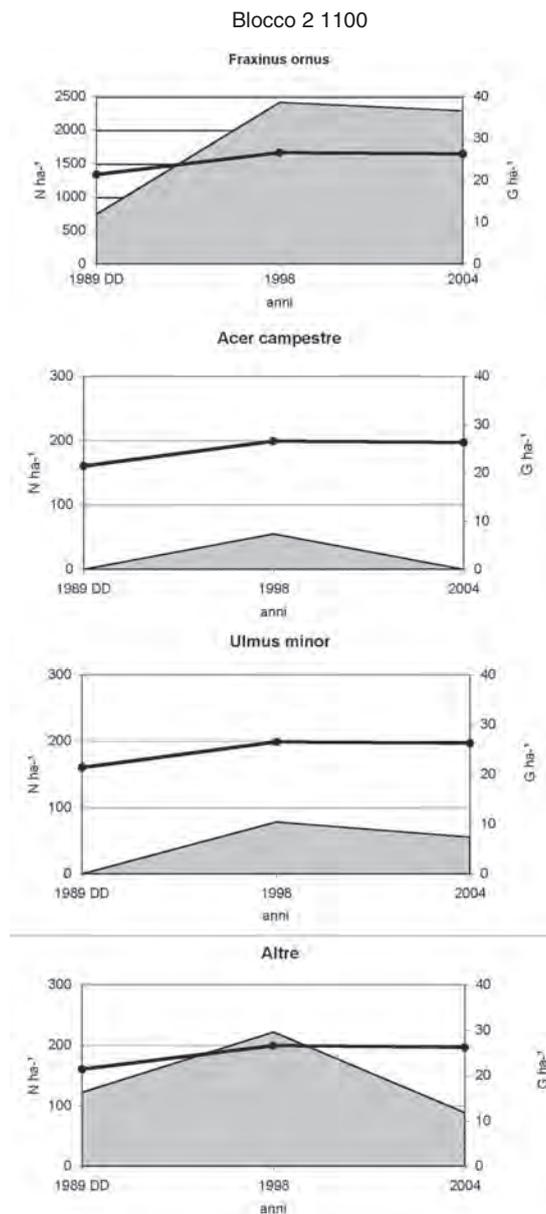


Figura 9 - Dinamica della presenza-abbondanza specifica nel piano accessorio della tesi T1100 (blocco 2). Nei grafici è riportata la variazione di area basimetrica nel piano principale. Nella lettura tenere presente le scale differenti in ordinata. *Presence/abundance dynamics of tree species in the subordinate layer over the observed period in T1100 (block 2). The variation of basal area in the main crop layer is also reported as a proxy of the upper canopy cover. Take note of the different scale in the ordinate.*

abbattute al momento del taglio di avviamento. Nel piano principale, la drastica riduzione di densità mira a stimolare il rapido incremento diametrico e a produrre l'ampliamento delle chiome dei polloni dominanti. A questo proposito, GUIDI riporta che le interruzioni della copertura si sono annullate per entrambe le tesi di diradamento a distanza di pochi anni, fatta eccezione per i vuoti creati dall'abbattimento delle matricine, e che il piano dominato assicura una copertura completa del suolo e contribuisce efficacemente a contenere lo sviluppo dei ricacci. Il rapido ripristino della copertura superiore successivamente ai diradamenti è un fenomeno comune osservato in altri siti sulla stessa tipologia e nel medesimo campo di età (CUTINI e BENVENUTI 1998; BENVENUTI e CANTIANI 2003).

Le due tesi di diradamento applicate hanno contenuto entrambe il prelievo entro $\frac{1}{4}$ dell'area basimetrica iniziale; la prevalenza rimane nel piano principale ($\frac{2}{3}$) ed il valore complessivo *post* intervento è ancora superiore a 20 m². GUIDI e MAGINI offrono una formulazione rigorosa dei criteri di diradamento che, senza ricorrere a riferimenti numerici o distanziali, impropri al tipo di soprassuolo ed alla fase iniziale del trattamento di avviamento ad altofusto, conferiscono tutti gli elementi necessari alla sua ripetibilità. Altezza media e dominante, densità di ceppaie e sviluppo verticale dei polloni rappresentano gli elementi su cui si imposta il taglio di avviamento che, asportata la componente sottoposta, incide decisamente sul piano dominante con il rilascio di 1 o 2 polloni per ceppaia. Gli elementi considerati, tutti facilmente misurabili, concorrono a definire tipo ed intensità dell'intervento, con l'indicazione sul numero dei rilasci quale unico elemento predeterminato, in funzione tuttavia dell'altezza dominante trovata. Così definiti tutti i parametri dell'intervento, si conferisce a ciascuna componente del soprassuolo (dominante, intermedia, dominata) un preciso ruolo culturale.

I criteri del secondo diradamento proseguono l'impostazione del precedente intervento e si limitano a perfezionare quanto fisionomicamente e strutturalmente espresso nel periodo. Obiettivo rimane la valorizzazione individuale ed il conseguimento di un maggiore equilibrio dei migliori soggetti, senza ridurre la funzione di protezione del suolo e la copertura esercitata dal piano dominato. Questi gli indicatori di gestione culturale espressi finora dal lavoro.

L'andamento dei parametri dendro-auxometrici nel primo intervallo (età 20-29 anni) dimostra essenzial-

mente (i) la prosecuzione di un accrescimento sostenuto nella tesi di controllo e (ii) l'innesto dell'effetto diradamento su un andamento naturale positivo che l'intervento va a sostenere e rendere più duraturo. La mortalità estremamente ridotta in tutte le tesi ridimensiona il timore di una possibile occorrenza di schianti, soprattutto nelle tesi diradate. Nonostante il ripristino della copertura superiore descritto già dopo alcuni anni da GUIDI, la struttura delle chiome dei polloni dominanti rimane tendenzialmente appressata (angoli della ramificazione primaria di circa 30°), perdurando la "filatura" in altezza che sembra controllare ancora ad età superiori la dinamica di accrescimento. Ciò contribuisce a ridurre la sensibilità al vento laterale nonostante le altezze prossime ai 19 m e i diametri in proporzione ancora ridotti (22 cm). L'incremento corrente di area basimetrica nella tesi di controllo superiore ad 1 m² per anno è l'indicatore più evidente della fase di accrescimento sostenuta; le tesi di diradamento mostrano valori incrementali superiori ma non differenze evidenti, data la tendenza espressa naturalmente in questo campo di età. La differenziazione diametro medio-dominante procede sensibile, mentre gli incrementi longitudinali non differiscono tra le tesi; essi sono quindi indipendenti dal diradamento. La densità della popolazione accessoria aumenta proporzionalmente all'intensità dell'intervento nel piano superiore, ma il suo peso relativo in area basimetrica sul complesso del soprassuolo diminuisce nel periodo in entrambe le tesi per la ridotta dimensione diametrica dei soggetti componenti. Il risultato auxometrico complessivo è espresso dall'incremento medio di volume (massa totale) in crescita e non ancora culminato.

La soglia successiva di 40 anni registra ancora una mortalità modesta in numero di polloni e di ceppaie nella tesi di controllo. L'area basimetrica supera i 40 m², ma il suo incremento corrente è la metà di quello misurato nell'intervallo precedente. La massa in piedi raggiunge i 350 m³ sostenuta dall'accrescimento in altezza che continua con incrementi simili a quelli registrati in precedenza. La fase di rallentamento dell'accrescimento radiale è confermata dalla culminazione dell'incremento medio di volume, che l'interpolazione dei valori calcolati alle età di inventario colloca tra i 30 ed i 35 anni.

Nelle tesi diradate il risultato incrementale è prodotto esclusivamente nel piano principale, data la recessione della consistenza del piano inferiore

che continua la tendenza iniziale. Gli incrementi di altezza registrano valori simili alla tesi di controllo confermando (20 anni dopo) la non influenza del diradamento su questa componente dell'accrescimento. La culminazione dell'incremento medio di volume ha luogo prima dei 30 anni, anticipata di alcuni anni rispetto al controllo.

Il secondo diradamento delle fustaie da pollone avviene quindi in una fase di rallentamento dell'accrescimento. Questo intervento ha una intensità di prelievo simile e doppia rispetto al primo (54 e 81 m³). I parametri di riferimento *post*-intervento sono le densità nel piano principale (1036 e 715 polloni), l'area basimetrica nello stesso piano (27,2 e 21,5 m²) e l'altezza dominante intorno ai 22 m nelle due tesi. Data la potenzialità di accrescimento del cerro in questa stazione e la culminazione precoce dell'incremento medio di volume, l'età del secondo diradamento poteva utilmente essere anticipata di alcuni anni nell'intento di accelerare la strutturazione dei soggetti dominanti.

L'età di 49 anni, quarto inventario, consente di esplorare ancora l'andamento naturale e l'effetto prodotto dal secondo diradamento. La separazione in piani anche nella tesi controllo permette il confronto strutturale delle popolazioni. La densità nel piano principale in questa tesi si colloca in posizione intermedia rispetto alle due tesi di diradamento. L'incremento di area basimetrica si riduce ancora a $\frac{1}{4}$. L'altezza dominante riduce per la prima volta l'incremento corrente di $\frac{1}{3}$. Il piano accessorio ha una consistenza in area basimetrica pari al 15% del totale, che raggiunge i 43.1 m²; il volume della massa in piedi è di 390 m³. Alla lenta diminuzione del valore di incremento medio di volume corrisponde un decremento molto maggiore di quello corrente, non più sostenuto dagli incrementi in area basimetrica ed altezza dominante. La soglia dei 50 anni conferma quindi che la popolazione entra in una fase di accrescimento più limitato, quando il diametro e l'altezza dominante hanno raggiunto i valori di 33 cm e 24 m.

Le tesi diradate, con densità superiore (T1500 = +78) e inferiore (T1100 = -250) rispetto al controllo nel piano principale (componente di confronto da questo inventario), registrano l'effetto del diradamento che si traduce in valori correnti di incremento di area basimetrica più che doppi. Ancora, l'accrescimento longitudinale esprime valori simili in tutte le tesi indipendentemente dal trattamento, così come il piano

accessorio che ha consistenza compresa tra il 12 ed il 16% del totale. L'area basimetrica corrente si attesta tra i 36,7 e i 31,7 m². L'incremento medio di volume (calcolato come massa totale) prosegue nella lenta discesa, mentre il corrente viene qui sostenuto dal maggiore accrescimento diametrico e quindi mantiene valori meno decrescenti che nella tesi controllo.

Il periodo successivo fino all'attualità, pari all'età assoluta del bosco di 55 anni, registra variazioni di densità nel piano principale relativamente importanti in tutte le tesi (-14,6% controllo; -12,4% T1500; -13,0% T1100) ma non modifica l'ordine relativo, con la tesi di controllo sempre in posizione intermedia. L'incremento di area basimetrica si mantiene ridotto e simile a quello dell'intervallo precedente in questa tesi, mentre continua ad essere maggiore nelle tesi diradate con valori tuttavia minori che nel periodo immediatamente successivo al secondo intervento. Il piano accessorio non modifica la sua consistenza relativa che si attesta in tutte le tesi intorno al 15%. L'altezza dominante compresa tra i 25 ed i 26 m ed i volumi (massa totale) superiori a 400 m³ (411 controllo; 453 T1500 e 437 m³ T1100) completano il quadro all'attualità.

L'andamento crescente della mortalità nell'ultimo intervallo e la riduzione dell'accrescimento nel piano principale segnalano le condizioni per un nuovo diradamento a distanza di 15 anni dal precedente. Se infatti l'accumulo di necromassa legnosa è un attributo positivo di questa fase dell'evoluzione per via naturale, la sua utilizzazione preventiva con i tagli intercalari può utilmente contribuire alla resa economica dell'intervento nell'avviamento.

Lo sviluppo auxonomico del bosco di origine cedua si dimostra positivo nell'intervallo osservato, dai 20 ai 55 anni. La spinta incrementale che sostiene il primo periodo da 20 a 40 anni si va progressivamente riducendo negli ultimi 15 anni fino all'attualità (Figure 1 e 5). Gli incrementi correnti di area basimetrica descrivono in modo aderente questo fenomeno e ribadiscono la capacità di risposta e la sensibilità di questo parametro nel monitoraggio della componente arborea (FABBIO e AMORINI 2000). L'andamento molto piatto dell'incremento medio di volume dopo la culminazione (Figura 6) registra la crescita progressivamente più ridotta, che consente tuttavia di raggiungere i parametri elevati osservati al termine del periodo di osservazione.

Dal punto di vista strutturale, si va a consolidare piuttosto rapidamente la differenziazione di un piano

dominante, che già all'età di 20 anni appare definito (Figure 3 e 4). Gli anni successivi alle età di tradizionale ceduzione esprimono quindi la potenzialità di questa componente sul complesso della popolazione. Il tipo e le intensità di diradamento applicate non modificano la direzione dell'evoluzione strutturale, ma si limitano a sostenere ulteriormente l'accrescimento diametrico; la seconda riduzione di densità a 40 anni rinnova la spinta incrementale.

Dati gli obiettivi del taglio di avviamento: (i) ridurre l'elevata competizione in atto; (ii) rilasciare i fenotipi migliori potenzialmente in grado di usufruire del maggior spazio di crescita disponibile; (iii) distribuire i soggetti rilasciati sulla superficie rispetto al tipico assetto raggruppato sulle ceppaie; (iv) ottenere una migliore allocazione spaziale della massa arborea (apparato radicale, fusto, rami e massa fogliare), la tesi T1500 si avvicina maggiormente al risultato atteso. Questa tesi appare infatti meglio tarata in origine e la più conservativa (minore intensità del secondo diradamento), dato che mantiene all'attualità una densità maggiore di quella espressa naturalmente dal controllo nel piano principale ed esprime nel contempo un vantaggio incrementale rispetto alla T1100. I valori più elevati e la differenza relativa in area basimetrica della T1500 sulla T1100 all'età di 40 anni prima del secondo diradamento ed alla fine del periodo di osservazione, confermano questo giudizio su due punti significativi della cronologia.

A proposito della mortalità corrente, si rileva come gli schianti nel piano principale siano avvenuti a carico soprattutto di individui in coppia sulla stessa ceppaia, a significare la maggiore fragilità strutturale della convivenza obbligata. Appare infatti più difficile ripristinare un migliore equilibrio meccanico tra massa fuori terra e ancoraggio basale del fusto quando la matrice ceppaia è condivisa tra due soggetti di sviluppo circa paritario, ciascuno dei quali mantiene chiome asimmetriche sviluppate sulla direzione esterna rispetto all'asse verticale. Questo punto è di importanza non secondaria in soggetti che hanno superato i 25 m di altezza e la migliore stabilità meccanica indotta dal diradamento delle ceppaie rappresenta un valore aggiunto della soluzione avviamento.

Le osservazioni sulla fisionomia dei polloni dominanti segnalano la variazione del dendrotipo arboreo intorno ai 50 anni, con la strutturazione della ramificazione che tende ad allargarsi contemporaneamente alla riduzione dell'incremento corrente in altezza.

L'ampliamento delle chiome sarebbe coerente con le dimensioni raggiunte dai soggetti del piano superiore e la riduzione di densità misurata nell'ultimo intervallo consente una variazione in questo senso. Il fenomeno necessita di verifiche auxonomiche mirate a definire il maggiore accrescimento radiale del fusto nelle quote prossimali alla base della ramificazione principale, l'allungamento e ingrossamento dei rami di primo ordine, l'incremento della massa fogliare. È questo uno dei temi di interesse per il seguito del monitoraggio. La variazione positiva dei parametri della copertura nell'ultimo periodo (1990-2004) nel controllo come nella tesi diradata con maggiore intensità è segnalata da MANETTI e GUGLIOTTA (*questo volume*).

La diversità specifica nel piano principale, *frassino ossifillo*, *orniello*, le matricine di *leccio* e *roverella* presenti nella tesi di controllo e perfettamente inserite oggi nella struttura verticale, assicurano una base di diversità per la futura generazione del soprassuolo. La loro rimozione all'avviamento nelle tesi diradate appare all'attualità più una perdita di diversità potenziale che un vantaggio, anche se lo spazio così creato nella tessitura orizzontale è stato utilmente colonizzato dalle specie arboree presenti nel piano accessorio e ha contribuito a muovere la struttura di complesso del bosco.

Dinamica della popolazione arborea

Il soprassuolo è caratterizzato da un campo diametrico ampio cui corrisponde una variazione molto più ridotta tra i valori di altezza media e dominante per la "filatura" evidente del cerro, che da un lato consente di alimentare per molti anni la competitività dei polloni recessivi dal piano principale (accesso ridotto all'illuminazione superiore) e posticipa quindi ad età superiori la mortalità naturale, dall'altro mantiene chiome generalmente appressate e rami impostati ad angolo acuto rispetto al fusto. Le forme distributive nel piano superiore, che all'ultima età osservata (55 anni) ancora evidenziano una situazione molto dinamica, presumibilmente tenderanno a concentrare le frequenze intorno ad una moda principale che definirà il nucleo portante del soprassuolo ad età maggiori, fino alla fase di rinnovazione. Il soprassuolo diradato anticipa questa evoluzione per il modellamento operato nella struttura dimensionale della popolazione in cui si distinguono nettamente, dopo l'avviamento, un piano principale ed uno accessorio. Il piano principale, trainante dello sviluppo del bosco, ha una dinamica de-

mografica a una via, volta cioè soltanto alla riduzione della densità con l'età; nell'intero intervallo osservato molto limitati sono stati infatti i casi di reclutamento sociale di nuovi alberi dal piano accessorio a quello principale. Il fenomeno non è lineare, ma alterna fasi di stabilità demografica (20→29 e 40→49 anni) a periodi di relativa mortalità (29→40 e 49→55 anni) (Figura 2).

Il piano accessorio, oltre a rappresentare un supporto strutturale fondamentale per l'intera comunità, si dimostra anche un importante "laboratorio" di diversità specifica e funzionale, nella cui complessa dinamica interagiscono nuove entrate alla soglia di misura e mortalità naturale. Entrambi i fenomeni hanno intensità diversa nel tempo e nello spazio e si sviluppano secondo le combinazioni variabili dei fattori locali dell'ambiente di crescita che realizzano quella che HUTCHINSON (1957 in OLIVER e LARSON 1990) definisce "la nicchia multidimensionale". Tra questi fattori, l'intercettazione della radiazione, l'umidità, la disponibilità di nutrienti e acqua nel suolo, la capacità di assunzione degli apparati radicali, la disponibilità fisica dello spazio di crescita. Tutti i possibili gradienti combinati di questo ambiente si rapportano quindi continuamente con l'auto-ecologia delle specie componenti e la competitività individuale. L'organizzazione spaziale che la comunità acquisisce nel tempo è inoltre in grado di influenzare i meccanismi del *turn-over* specifico ed in definitiva i tempi ed i sentieri dinamici della comunità forestale (CAMPETELLA *et al.* 1999 e 2004; PÉLISSIER e GOREAUD 2001; MORAVIE e ROBERT 2003). Premesso che il protocollo di rilievo (assunzione di un valore minimo di misura e intervallo decennale nel censimento della popolazione arborea) non consente di rilevare la natalità e la mortalità effettive avvenute sotto la soglia dimensionale fissata e che quindi si osserva non il fenomeno *complessivo* ma quello *censito*, la forma della distribuzione risultante è di tipo esponenziale. Questa forma distributiva registra la progressiva entrata a misura dei polloni e dei semenzali nati successivamente. Alla riduzione dei nuovi ingressi, segnalata dall'abbassamento delle frequenze iniziali, non segue ancora una variazione complessiva della curva perché la mortalità naturale compensa lo spostamento delle frequenze verso la parte destra della distribuzione.

La ricchezza di specie misurata nel piano accessorio è sicuramente favorita dalla collocazione della stazione, ma coerente con quanto osservato in studi

molto recenti su cedui in invecchiamento (CAMPETELLA *et al. op. cit.*; DECOCQ 2004; CANULLO *et al.* 2006). Se la foliazione relativamente tardiva del cerro favorisce le specie precoci che vivono nel piano dominato e possono così avere un vantaggio competitivo nella parte iniziale della stagione vegetativa, questa non è sufficiente a stabilizzare nel tempo la loro presenza che tende a differenziarsi secondo le esigenze specifiche e la capacità di tollerare la progressiva ricostituzione della copertura superiore. I polloni dominati e i semenzali di cerro, che non si avvantaggiano della foliazione anticipata, tendono a scomparire con la richiusura del piano principale e non si riprendono dopo la riduzione operata dal secondo diradamento. L'orniello si dimostra la specie meno sensibile alle variazioni ecologiche dell'ambiente di crescita e la più competitiva inizialmente e nel tempo. Questa specie infatti, se non aduggiata, presenta particolari capacità adattative alla crescita sotto copertura con notevoli incrementi annuali in altezza. Olmo e acero campestre perdono importanza nel medio periodo (acero soprattutto). Il carpino nero, presenza topograficamente vicariante alle due precedenti, mostra maggiore abbondanza ma una tendenza simile a quella dell'olmo campestre. Le altre specie, raggruppate insieme perché sporadiche, utilizzano nicchie specifiche esistenti o create (es. i vuoti dall'abbattimento delle matricine o chiarie per schianti nel piano principale), da cui la loro distribuzione localizzata; ciascuna trova poi condizioni di competitività diverse in rapporto all'ambiente di crescita. A vantaggio di alcune (cerro, frassino ossifillo, orniello, leccio), gli individui dominanti presenti che garantiscono, già in questa fase, la possibilità di rinnovazione da seme.

La stabilità del piano accessorio in termini di area basimetrica successivamente all'aumento del primo periodo dopo il taglio di avviamento (Figura 3) suggerisce alcune considerazioni (i) fenomeni opposti (natalità e mortalità) possono produrre una apparente equivalenza quantitativa nel tempo, pure in presenza di specie diverse e di una variazione del loro numero e abbondanza relativa; (ii) questo avviene a distanze relativamente brevi dall'occorrenza dell'ultimo disturbo (ceduazione) e in sistemi semplificati dalla forma di governo precedente; (iii) la fase descritta può connotare periodi relativamente lunghi rispetto al tempo di permanenza funzionale della popolazione; (iv) la variazione rapida del numero di specie e abbondanza relativa è caratteristica di sistemi in fase di resilienza

come il ceduo in evoluzione naturale, in cui una dinamica più accelerata è attesa rispetto a sistemi o fasi più stabili (FABBIO *et al.* 2006).

L'innalzamento del piano delle chiome nel piano principale ed il mantenimento di uno spessore medio circa costante negli ultimi 15 anni, non influenzano l'altezza media nel piano accessorio che anzi diminuisce dopo il secondo diradamento per stabilizzarsi successivamente. La dinamica di questo piano appare in questa fase indipendente dallo spazio verticale disponibile, quanto piuttosto dipendente dal livello di copertura superiore.

I tempi di recupero del piano accessorio dopo la sua ceduzione all'atto dell'avviamento (caso esaminato nella tesi T1100) sono compresi tra meno di 20 e 30 anni. Non si modificano né la composizione, tranne che per il cerro non più presente, né i tempi di permanenza delle altre specie.

Conclusioni

Il lavoro sperimentale contiene, in quanto espressione di ricerca applicata, una serie ampia di riferimenti al caso reale. La massa di dati prodotta e riportata, che può apparire fin troppo analitica ad una lettura integrale, ha motivo di essere nel voler fornire una serie più completa possibile di indicatori utili al trasferimento dei risultati. Si suggeriscono quindi, secondo gli obiettivi, scale di lettura diverse che possono prescindere in prima fase anche dall'analisi di dettaglio, che rimane tuttavia sede di approfondimento.

Tra gli indicatori, il numero iniziale di ceppaia per unità di superficie, la densità di polloni e la loro distribuzione verticale, la presenza e la qualificazione delle matricine, l'altezza dominante, i valori dei parametri dendro-auxometrici in presenza ed in assenza di trattamento alle età censite. Questi i riferimenti utili a verificare la distanza con i casi di applicazione. Per quanto attiene l'evoluzione dendro-strutturale, l'area basimetrica si conferma parametro capace di interpretare in modo puntuale la dinamica della popolazione arborea. Essa consente anche di qualificare l'accrescimento quando si preveda di stratificare le componenti residenti nei diversi ambienti ecologici che si sviluppano nel profilo del bosco. Le variabili altezza e diametro concorrono a spiegare la sintesi incrementale prodotta dalla stima del volume arboreo. Gli incrementi medio e corrente definiscono invece la fase auxonomica corrente rispetto a soglie fonda-

tali quali quelle di culminazione. Il complesso delle variabili misurate, calcolate e stimate, tutte di tipo quantitativo, esprime l'*accrescimento* come variabile esplicativa dello stato bio-ecologico e della tendenza funzionale del sistema.

I risultati dell'analisi auxonomica e strutturale ampliano ed aggiornano, ad età superiori ai 50 anni, la base di dati disponibile da prove analoghe condotte in ambiente appenninico e richiamate in premessa. Un periodo superiore a tre volte il turno tradizionale non porta a crolli della struttura del bosco, ma ad un naturale sviluppo della componente portante già selezionata all'età di 20 anni nel complesso del soprassuolo. Era questa una delle due ipotesi iniziali da verificare. La peculiarità del sito sta nella dinamica molto veloce dei processi per le caratteristiche stagionali che assecondano la potenzialità di accrescimento del cerro. L'altra ipotesi, l'avviamento, si dimostra una valida alternativa quando si intenda accelerare nei soggetti rilasciati la perdita della fisionomia e dei caratteri ereditati dalla forma di governo precedente quali: la condivisione della stessa matrice ceppaia, lo sviluppo non armonico delle chiome, la dipendenza radicale originale, la distribuzione raggruppata della tessitura orizzontale del bosco.

Lo sviluppo successivo all'avviamento indica che un'età intorno ai 20 anni può essere considerata ottimale, sia perché la selezione tra i polloni e le ceppaie ha già evidenziato la struttura portante del soprassuolo indicando di fatto come operare il diradamento, sia perché questo si va ad inserire in una dinamica naturale molto positiva. Gli andamenti auxometrici seguenti indicano ancora che, in stazioni di fertilità elevata, l'intervallo ottimale dei diradamenti non dovrebbe superare i 15 anni per utilizzare tutta la potenzialità della specie ed anticipare l'acquisizione di quei caratteri fisionomico-strutturali individuali attesi a preparare la maturità del soprassuolo di origine agamica (migliore distribuzione sul terreno, ampliamento delle chiome, maggiore equilibrio nella massa fuori terra, sviluppo e affrancamento dell'apparato radicale).

Il confronto finale tra le tesi evidenzia come, nelle condizioni analizzate, la tesi di avviamento più conservativa (T1500) produca un vantaggio rispetto alla soluzione dell'evoluzione naturale. Le masse intercalari indicano al tecnico gestore quale può essere, ai prezzi correnti, il costo o la redditività di ciascun intervento, ma rendono anche possibile una valutazione extra monetaria in rapporto ai benefici

attesi e dimostrati.

Per quanto attiene la selvicoltura dell'avviamento, la formulazione dei criteri di diradamento di GUIDI e MAGINI offre una base precisa su cui poter calibrare gli interventi, rende disponibili i parametri di riferimento, motiva le scelte operate, individua i benefici attesi. La soluzione colturale del rilascio integrale del piano dominato sopra l'altezza di ripulitura si dimostra un'utile opzione per diverse ragioni: mantiene la copertura del suolo in una fase pure transitoria di forte riduzione della copertura principale; apporta sostanza organica e consente un migliore utilizzo dell'acqua; mantiene un "laboratorio di diversità" che rappresenta il potenziale serbatoio di ricchezza specifica per la futura fase di rinnovazione. La sua eliminazione fortuita in fase di avviamento ha dimostrato come questo piano accessorio si ricostituisca comunque naturalmente con tempi variabili tra i 20 ed i 30 anni, non modificandosi la capacità competitiva di quasi tutte le specie presenti rispetto alla loro permanenza iniziale.

Si conferma la validità dei protocolli di monitoraggio su lungo periodo non solo come sorgente diacronica di dati, ma per possibilità di seguire in tempo reale l'evoluzione corrente (l'età attuale del bosco di Caselli corrisponde a quelle massime prevalenti, oggi osservabili per il bosco di origine cedua). Se le stesse opzioni colturali e di gestione che avevano motivato l'impostazione del lavoro sperimentale di GUIDI nei primi anni '70 si diffondono poi ad interessare superfici importanti nell'area già governata a ceduo, le possibili ricadute applicative aumentano in parallelo.

Alla base dell'impostazione di questo, come degli altri lavori impostati sul medio-lungo periodo, è un approccio di ricerca orientato a prevedere i problemi, produrre maggiore conoscenza del fenomeno biologico e del risultato colturale, acquisire soluzioni fondate e validate dalla prassi sperimentale, quindi concretamente applicabili nella gestione del bosco.

Ringraziamenti

Si ringraziano Giulio GUIDI, che ci ha dato la responsabilità di seguire il lavoro da lui impostato; Silvano GHETTI, per l'analisi e l'elaborazione dei dati fino al 1990; Luigi MENCACCI, Mario ROMANI, Umberto CEROFOLINI, Galeazzo SCAIOLI, Eligio BUCCHIONI, Walter CRESTI, Claudia BENVENUTI, per i numerosi rilievi sempre condotti con professionalità; Alessandro BITINI e Fabio BENCI, per i rilievi più recenti, Maurizio PIOVOSI per il rilievo, l'elaborazione dei dati, l'impostazione

numerica e grafica dei dati successivi al 1990; Giada BERTINI, assegnista di ricerca, per il controllo e la verifica di congruenza dei dati dendro-auxometrici, svolti nell'ambito del tema di specializzazione. Si ringraziano infine i due revisori 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., GAMBÌ G., 1979 - *Il metodo dell'invecchiamento nella conversione dei cedui di faggio*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, VIII (1977): 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., 1989a - *Criteri di diradamento delle fustaie da polloni*. Istituto Sperimentale Selvicoltura, Arezzo (documento interno).
- AMORINI E., FABBIO G., 1989b - *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., 1990a - *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., 1990b - *Il metodo auxometrico: applicazioni in Selvicoltura*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XIX (1988): 9-46.
- AMORINI E., FABBIO G., 1991 - *Ricerche sull'invecchiamento dei cedui: riflessi sul trattamento di conversione*. L'It. For. Mont., XLV (3): 193-204.
- 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., 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 altofusto 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, vol. 33 (2002-04): 115-132.

- ANDERSSON F., FUHRER E., FARRELL E.P., 2000 - *Pathways to the wise management of forests in Europe*. Forest Ecology and Management (132): 3-4.
- ASSMANN E., 1970 - *The principles of forest yield study*. Pergamon Press, 506 p.
- BAGNARESI U., 1980 - *Il problema dei cedui e i vincoli all'uso dei boschi*. Natura e Montagna, (3): 7-13.
- BAGNARESI U., 1981 - *Il ceduo: una coltura attuale?* Dendronatura, (2): 13-31.
- BARBENSI G., 1965 - *Elementi di biometria applicati alle scienze forestali*. Acc. It. Scienze For. Tip. Coppini, Firenze, 354 p.
- BARONI A., CANTIANI M., 1975 - *Piano colturale della foresta demaniale di Caselli 1973-1987*. Istituto di Assestamento Forestale dell'Università di Firenze. 41 p.
- BENASSI A., 1981 - *Aspetti economici e sociali del bosco ceduo e della sua conversione in fustaia*. Ann. Acc. It. Sci. For. XXX: 303-314.
- 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., XXXV (1): 1-24.
- BERNETTI G., 1981 - *Ipotesi sullo sviluppo dei boschi cedui e relative considerazioni selvicolturali e assestamentali*. Monti e Boschi, 32 (5): 61-66.
- BERNETTI G., 1983 - *Il trattamento a saltamacchione modificato*. Monti e Boschi, 34 (1): 16-20.
- BERNETTI G., 1987 - *I cedui di querce caducifoglie nell'Italia centrale: proposte di dinamica forestale*. Cellulosa e Carta, 38 (5): 4-10.
- BIANCHI M., 1976 - *Esperienze di conversione dei boschi cedui di faggio nell'alta valle del Serchio*. L'It. For. Mont., XXXI (6): 231-240.
- BIANCHI M., 1981 - *Le fustaie di faggio di origine agamica della Toscana: tavola di produzione per i boschi coetanei*. Ann. Acc. It. Sci. For. XXX: 247-283.
- BUCCIANTI M., 1977 - *Avviamento del ceduo all'altofusto sì, altofustomania no*. Monti e Boschi, 28 (6): 61-62.
- CAMPETELLA G., CANULLO R., BARTHA S., 1999 - *Fine-scale spatial pattern analysis of the herb layer of woodland vegetation using information theory*. Plant Biosystems, 133 (3): 277-288.
- CAMPETELLA G., CANULLO R., BARTHA S., 2004 - *Coenostate descriptors and spatial dependence in vegetation: derived variables in monitoring forest dynamics and assembly rules*. Community Ecology, 5 (1): 105-114.
- CANTIANI M., BERNETTI G., 1963 - *Piano di assestamento della foresta dell'Abetone 1961-72*. Firenze, 357 p.
- CANULLO R., CAMPETELLA G., ALLEGRI M.C., 2006 - *Aspects of biological diversity in the CONECOFOR plots. II. Species richness and vascular plant diversity over the period 1999-2003*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 30 Suppl.2: 29-41.
- CIANCIO O., NOCENTINI S., 2004 - *Il bosco ceduo. selvicoltura. Assestamento. Gestione*. Acc. It. Sci. For. Tip. Coppini, Firenze, 721 p.
- CLAUSER F., 1975 - *Il "bosco ceduo" 22 anni dopo*. L'It. For. Mont., XXX (5): 211-216.
- CLAUSER F., 1981 - *Un'ipotesi auxonomica da verificare*. Monti e Boschi, XXXII (2/3): 97-98.
- CRISTOFOLINI F., 1981 - *Conversione in fustaia dei cedui dell'Italia settentrionale*. Ann. Acc. It. Sci. For. XXX: 87-115.
- CUCCHI C., 1966 - *Prospettive colturali dei boschi cedui in Liguria*. L'It. For. Mont., XXI (6): 267-283.
- 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, vol 27 (1996) special issue MEDCOP: 65-70.
- DECOCQ G., AUBERT M., DUPONT F., ALARD D., SAGUEZ R., WATTEZ-FRAN-GER A., DE FOUCAULT B., DELELIS-DUSOLLIER A., BARDAT J., 2004 - *Plant diversity in a managed temperate deciduous forest: understory response to two silvicultural systems*. Journal of Applied Ecology (41): 1065-1079.
- DI TOMMASO P.L., SARTINI F., 1988 - *Il bosco di Renzano*. Ann. Acc. It. Sci. For. XXXVII: 95-109.
- FABBIO G., 1992 - *La dinamica strutturale del bosco: un approccio sperimentale*. L'It. For. Mont. XLVI (1): 15-28.
- 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., 2000 - *Tree growth survey and increment assessment. Contribution to the integrated evaluation of ecosystem's status*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 30 (1999): 81-89.
- FABBIO G., MANETTI M.C., BERTINI G. 2006 - *Aspects of biological diversity in the CONECOFOR plots. I. Structural and species diversity of the tree community*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, 30 Suppl.2: 17-28.
- GAMBI G., 1968 - *Le conversioni dei cedui in altofusto sull'Appennino tosco-emiliano*. Ann. Acc. Naz. di Agric., III serie LXXVIII: 1-49.
- GHETTI S., FABBIO G., 1990 - *Relazione allometrica per la stima del volume del fusto in funzione del diametro e dell'altezza dei polloni*. Istituto Sperimentale Selvicoltura, Arezzo (documento interno).
- GIANNINI R., PIUSSI P., 1976 - *La conversion des taillis en fustaie: l'expérience italienne*. In: Proceedings XVI IUFRO World Congress, Norway Div. I: 388-396.
- GUIDI G., 1976 - *Primi risultati di una prova di conversione in un ceduo matricinato di cerro*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, VI (1975): 255-278.
- HELLRIGL B., (s.d.) - *Appunti di dendroauxonomia*. A cura di C. Colpi e G. De Mas. Università di Padova, anno accademico 1987/88, 239 p.

- HIPPOLITI G., 1978.- *A proposito della utilizzazione dei cedui*. LIIt. For. Mont. XXXIII (2): 97-98.
- HOFMANN A., 1963 - *La conversione dei cedui di faggio*. Ann. Acc. It. Sci. For. XII: 145-163.
- HUTCHINSON G.E., (1957) - *Concluding remarks*. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, 22: 415-427.
- MAGINI E., 1969 - *Relazione inedita*.
- MANETTI M.C., GUGLIOTTA O., 2006 - *Effetto del trattamento di avviamento ad altofusto sulla diversità specifica e strutturale in un ceduo di cerro*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, vol. 33 (2002-04): 105-114.
- MINGHELLI F., 1981 - *Avviamento all'altofusto dei cedui nell'Appennino modenese*. Economia montana, XIII (4): 21-26.
- MONDINO G.P., BERNETTI G., 1998 - *I tipi forestali*. In: *Boschi e macchie della Toscana*. Regione Toscana, 358 p.
- MORAVIE M-A., ROBERT A., 2003 - *A model to assess relationships between forest dynamics and spatial structure*. J. Veg. Sci., 14: 823-834.
- OLIVER C.D., LARSON B.C., (1990) - *Forest stand dynamics*. Biological resource management series. Mc Graw-Hill, 467 p.
- PADULA M., 1981 - *Utilizzazioni ed interventi di miglioramento nei boschi cedui*. Natura e Montagna, (2-3): 27-34.
- PÉLISSIER R., GOREAUD F., 2001 - *A practical approach to the study of spatial structure in simple cases of heterogeneous vegetation*. J. Veg. Sci., 12: 99-108.
- POGGI U., 1979 - *Conversione da un ceduo di faggio in Garfagnana*. In: *valorizzazione delle risorse forestali italiane*, Accademia dei Georgofili, Firenze.
- PREMUDA G., 1957 - *La conversione dei boschi cedui di faggio in fustaia nelle Foreste Demaniali Pistoiesi*. Monti e Boschi, VIII (3): 109-114.
- SUSMEL L., 1981 - *Ceduo o altofusto? Motivo di una filosofia*. Economia montana, XIII (4): 2-5.
- VOLPINI *et al.*, 1979 - *Analisi della situazione attuale e prospettive di valorizzazione dei cedui italiani*. In: *Il miglioramento dei cedui italiani*. Acc. Naz. di Agric., Bologna: 1-157.

Effetto del trattamento di avviamento ad altofusto sulla diversità specifica e strutturale delle specie legnose in un ceduo di cerro[§]

Maria Chiara Manetti^{1*}, Orazio Ivan Gugliotta¹

Accettato il 28 agosto 2006

Riassunto – Questo contributo si propone di quantificare e qualificare i mutamenti apportati alla struttura e alla biodiversità specifica di un popolamento ceduo di cerro (*Quercus cerris* L.) in seguito a differenti scelte gestionali: evoluzione naturale e avviamento ad altofusto. Obiettivo del lavoro è definire la complessità strutturale, apprezzare le dinamiche evolutive in atto e valutare l'effetto del trattamento di avviamento ad altofusto attraverso l'analisi dei principali caratteri della copertura e la determinazione di indici di diversità strutturale e specifica. Lo studio è stato condotto nella Foresta di Caselli (Monteverdi Marittimo – Pisa) in un ceduo matricinato a prevalenza di cerro di circa 55 anni in un protocollo sperimentale impostato nel 1969 - 1970. Le due tesi poste a confronto sono caratterizzate da struttura bistratificata costituita da un soprassuolo principale nel quale predomina il cerro cui si associa il frassino meridionale (*Fraxinus oxycarpa* Bieb.), e da un popolamento subordinato composto da specie secondarie tra le quali domina l'orniello (*Fraxinus ornus* L.). Lo studio dettagliato della struttura orizzontale e verticale è stato realizzato attraverso la delimitazione di transect; i rilievi sono stati eseguiti nel 1989, 1998 e 2004. L'analisi dei dati ha permesso di quantificare alcuni parametri della copertura e definire indici sintetici di diversità strutturale e specifica. I risultati hanno evidenziato una maggiore variabilità strutturale e una migliore capacità di salvaguardare la mescolanza specifica nel ceduo in evoluzione naturale rispetto al soprassuolo avviato ad altofusto. D'altra parte i due interventi di diradamento, eseguiti nel 1972 e 1989, con il rilascio del soprassuolo subordinato, hanno avuto la prerogativa di anticipare le dinamiche naturali, mantenere nel tempo una soddisfacente complessità strutturale e conservare la biodiversità specifica.

Parole chiave: diradamento, biodiversità, struttura, indici sintetici.

Abstract – Impact of the conversion into high forest on tree specific and structural diversity in a Turkey oak coppice. Structural and tree specific diversity variations in a turkey oak (*Quercus cerris* L.) coppice stand are quantified and analysed in relation to two different management goals: natural evolution and conversion into high forest. The aims of the paper are to define the structural complexity, to appreciate the evolutive dynamics and to evaluate the effects of the conversion into high forests by the analysis of canopy cover and the use of structural and specific diversity indices. The study was carried out in a 55 years old turkey oak coppice with standards located on Caselli forest (Monteverdi Marittimo – Pisa) where the experimental design was established in 1970. Both thesis show a two layered structure; the main stand is dominated by turkey oak with *Fraxinus oxycarpa* Bieb. as an associated species, the underlayer is characterised by secondary species with the prevalence of *Fraxinus ornus* L.. Structural transects were established to describe in detail horizontal and vertical structure; the surveys were carried out in 1998, 1998 and 2004. Data analysis allowed to quantify some canopy cover parameters and to define synthetic indices of structural and specific diversity. The results showed a higher structural variability and a better capacity to preserve specific mingling in the coppice under natural evolution than in the conversion into high forests coppice. However the thinnings, carried out in 1972 and 1989 with the preservation of the underlayer tree species, had the feature to advance the natural dynamics, maintain a satisfactory structural complexity and preserve the tree specific diversity.

Key words: thinning, biodiversity, structure, synthetic indices.

F.D.C.: 228.0: 242: 222: 176.1 Quercus cerris (450.52)

Introduzione

I cedui di cerro (*Quercus cerris* L.) costituiscono una formazione forestale ampiamente diffusa in Italia, le cui modalità di gestione si sono differenziate dalla seconda metà del secolo scorso in funzione dei cambiamenti socio-economici che hanno interessato le aree rurali e marginali (FABBIO e AMORINI, *questo volume*). L'intensa pressione antropica esercitata per secoli su questi popolamenti – periodico azzeramento della biomassa ad intervalli di tempo ravvicinati - ha

fortemente semplificato la struttura e la composizione specifica avvantaggiando soprattutto il cerro quale specie capace di riprodursi per via vegetativa, eliofila e con una maggiore capacità di accrescimento soprattutto in fase giovanile. La sospensione delle utilizzazioni o i trattamenti finalizzati al cambiamento della forma di governo hanno poi innescato processi dinamici evolutivi, naturali o guidati, che hanno modificato i meccanismi competitivi tra gli individui, i rapporti tra le specie presenti e la distribuzione nello spazio orizzontale e verticale.

[§]Lavoro realizzato nell'ambito del progetto "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e culturale di differenti modalità di matricinatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno" promosso e finanziato dall'ARSA-REGIONE TOSCANA.

* Autore corrispondente mariachiara.manetti@entecra.it. Il lavoro è stato svolto dagli autori in parti uguali.

¹ C.R.A. - Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo.

Negli ultimi decenni la salvaguardia della biodiversità è divenuta un argomento centrale nelle politiche di gestione delle risorse ambientali. In questa ottica le foreste, nelle quali si concentra larga parte della diversità, rivestono un ruolo fondamentale. Diverse sono le motivazioni per la protezione della biodiversità: economici (KOO e WRIGTH 1999; NORTON 2000; ANDERSSON *et al.* 2000; NUNES e VAN DE BERGH 2001; CHOPRA e KUMAR 2004) etici (CALLICOTT 1991; BARTHOD 1996; BOURG 1996; NORTON *op. cit.*) ed ecologici, legati quest'ultimi alla possibilità, ancora poco sperimentata, di un riflesso positivo della biodiversità sulla funzionalità e stabilità di un ecosistema forestale (LARSEN 1995; SIMBERLOFF 1999; BENGTTSSON *et al.* 2000). Durante il summit di Rio (1992) è stata sottolineata, oltre alla rilevanza della diversità genetica e specifica, anche quella della diversità a livello di habitat necessaria per la sopravvivenza di comunità diversificate di piante e animali. La traduzione di quest'ultimo livello di biodiversità nel campo della gestione forestale attribuisce valore alla variabilità strutturale all'interno dei popolamenti forestali.

La struttura arborea riproduce le modalità di aggregazione e di organizzazione nello spazio orizzontale e verticale e, in quanto espressione di un processo dinamico, è conseguenza dell'interazione tra diversi fattori, quali forma di governo, autoecologia della specie, caratteristiche stagionali, fattori di disturbo naturali o indotti. Tra questi ultimi, gli interventi selvicolturali sono quelli che incidono in modo più eclatante e determinante nei processi modificativi sia della struttura arborea sia dell'ambiente ecologico.

L'intervento selvicolturale può essere considerato, per alcuni aspetti, alla stregua di un fattore di disturbo naturale in quanto apporta cambiamenti a livello macro e microstrutturale, a volte di lieve entità ma spesso decisivi per l'evoluzione del soprassuolo. Lo schianto o il prelievo di piante all'interno di un popolamento forestale rendono disponibile una aliquota di spazio vitale e un surplus di risorse ecologiche, riassumibili in una maggiore disponibilità di luce, acqua e nutrienti. Questa maggiore dotazione di risorse, spesso temporanea, modifica il processo di competizione fra gli alberi rimasti in piedi, i quali reagiscono intensificando il dinamismo, modificando la fisionomia e, in alcuni casi, le relazioni sociali all'interno del soprassuolo.

Per avvalorare scelte gestionali o definire modalità di trattamento è spesso utile quantificare e qualificare i mutamenti che vengono apportati attraverso lo stu-

dio dell'eterogeneità spaziale e la valutazione delle dinamiche temporali e compositive.

A tale scopo numerosi autori hanno mostrato interesse per l'applicazione di indici sintetici in grado di discriminare le strutture forestali, monitorare la diversità, valutare l'entità dei disturbi e definire la capacità di recupero di un sistema (PRETZSCH 1997, 1999; MANETTI *et al.* 2000; NEUMANN e STARLINGER 2001; POMMERENING 2002; DEL RIO *et al.* 2003; KINT *et al.* 2004; ONAINDIA *et al.* 2004; BIANCHI *et al.* 2005; MONTES *et al.* 2005; FABBIO *et al.* 2006). Questa serie di indagini, condotta principalmente sulle fustaie, risulta di basilare importanza per analizzare le varie fasi di crescita dei popolamenti in evoluzione naturale, definire strategie di gestione ecologicamente ed economicamente proponibili e determinare sistemi selvicolturali in grado di proteggere la diversità biologica sia a scala di popolamento che di paesaggio.

Il presente lavoro si inserisce nel contesto delle ricerche condotte nell'ambito del progetto ARSIA-REGIONE TOSCANA "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui" e si caratterizza per un duplice obiettivo:

- 1) definire la complessità strutturale, apprezzare le dinamiche evolutive in atto e valutare l'effetto del trattamento di avviamento ad altofusto applicato a un popolamento ceduo di cerro attraverso l'analisi dei principali caratteri della copertura e la determinazione di indici di diversità strutturale e specifica;
- 2) valutare se gli indici di diversità strutturale, applicati a popolamenti di origine agamica, quantificano realmente le differenze strutturali originate dal trattamento selvicolturale.

Materiale

Lo studio è stato condotto nella Foresta di Caselli (Monteverdi Marittimo – Pisa) all'interno di un protocollo sperimentale impostato nel 1969-1970 (GUIDI 1975) in un ceduo matricinato a prevalenza di cerro di circa 20 anni. Il popolamento oggetto di analisi (figura 1) è ubicato in prossimità della costa tirrenica (43° 14' N, 10° 42' E) a un'altitudine di 305 m s.l.m., esposizione prevalente N-NO e pendenza media di 15°.

Il regime pluviometrico (CUTINI 1997) è di tipo sub mediterraneo con piovosità annuale di 841 mm e siccità estiva che si prolunga dalla metà di giugno ad agosto (116 mm); la temperatura media annua è di 15.4°C e quella del mese più caldo di 24.5°C.



Figura 1 - Localizzazione dell'area oggetto di studio.
Location of the study area.

L'obiettivo originario era definire la modalità e l'intensità degli interventi selvicolturali necessari per il cambiamento della forma di governo.

Il protocollo era articolato in 3 tesi e 4 blocchi (superficie delle singole parcelle sperimentali pari a 900 m²). Le 3 tesi erano suddivise in una tesi di controllo (tesi T = evoluzione naturale) e due differenziate per intensità di diradamento (tesi A = rilascio di 1100 polloni; tesi B = rilascio di 1500 polloni a ettaro). L'intervento, a carico del piano dominante e di tutte le matricine, ha interessato il 27% di area basimetrica (G) per la tesi A e il 24% per la tesi B. Un secondo diradamento (16% di G per la tesi A e 25% per la tesi B) è stato poi effettuato nel 1989 (a 40 anni di età) ed ha interessato esclusivamente il soprassuolo principale. I principi ispiratori e le modalità di esecuzione degli interventi sono dettagliatamente descritte da GUIDI (*op. cit.*) e da FABBIO e AMORINI (*questo volume*).

Nel 1989, prima del secondo diradamento, furono delimitati transesti (25 x 8 m) per la descrizione dettagliata della struttura spaziale sia nella tesi testimone sia in quelle diradate del blocco 3. La scelta del blocco ha seguito il criterio della rappresentatività delle condizioni medie dell'intero protocollo.

In questo contributo sono state prese in considerazione due parcelle sperimentali (di 900 m² ciascuna) rappresentative delle tesi A e T. La tesi B è stata esclusa dall'analisi per due ordini di motivi. In primo luogo l'analisi dei dati relativi al 1970 (prima del taglio di avviamento) ha indicato una struttura molto più semplificata e una biodiversità sensibilmente più ridotta rispetto alle altre due parcelle. In secondo luogo si

ritiene che l'effetto del trattamento e la verifica degli indici strutturali possono essere meglio esaminati analizzando le situazioni estreme.

La struttura attuale del bosco, bistratificata, è costituita da un soprassuolo principale di circa 55 anni (Hd = 26,0 m) a prevalenza di cerro, a cui si associa saltuariamente il frassino meridionale (*Fraxinus oxycarpa* Bieb.), e da un soprassuolo subordinato, che si sviluppa fino ad un'altezza massima di 15 m e comunque sempre al di sotto dell'inserzione delle chiome del piano principale, composto da specie secondarie tra le quali domina l'orniello (*Fraxinus ornus* L.). La vegetazione del sottobosco, non oggetto di indagini specifiche, è caratterizzata dalla diffusa presenza di pungitopo (*Ruscus aculeatus* L.) e, in minor misura, di eleboro (*Helleborus foetidus* L.), ciclamino (*Cyclamen hederifolium* Aiton), smilax (*Smilax aspera* L.), anemone (*Anemone* sp.), viola (*Viola* sp.).

Il tipo forestale può essere riferibile alla cerreta termoigrofila mediterranea (MONDINO e BERNETTI 1998) che a livello fitosociologico corrisponde al *Fraxino oxycarpae - Quercetum cerridis* Foggia e Selvi 1997.

Metodo

I rilievi strutturali sono stati effettuati nel 1989, 1998 e 2004. All'interno del transect tutti i soggetti sono stati numerati; di ogni individuo con diametro a 1.3 m superiore a 2.5 cm è stata rilevata la specie, la posizione sociale attribuita utilizzando la classificazione di Kraft, l'origine (seme o pollone), il diametro ad 1.3 m, l'altezza totale e quella di inserzione del primo ramo verde, la posizione topografica espressa secondo coordinate cartesiane relative al punto di origine del transect e l'area di insidenza della chioma (8 raggi secondo le direzioni geografiche per il soprassuolo principale e 4 raggi per quello subordinato).

La restituzione grafica del profilo orizzontale e verticale ha permesso la valutazione del grado di copertura (C - percentuale di superficie di terreno realmente occupata dalle chiome), il calcolo della percentuale di ricoprimento (R - sommatoria dell'area di insidenza delle chiome riferita alla superficie di riferimento) e la stima dei valori medi di area di insidenza delle chiome. Ulteriori elaborazioni hanno riguardato la determinazione degli indici di diversità specifica e strutturale, misurata lungo il piano orizzontale e il profilo verticale.

Per la determinazione della distribuzione spaziale

degli individui è stato utilizzato l'indice di Cox espresso dalla notazione:

$$CI = \frac{s_x^2}{\bar{x}} \left| \begin{array}{l} s_x^2 = \text{varianza}; \bar{x} = \text{media del numero di} \\ \text{unità (ceppaie) presenti all'interno delle} \\ \text{10 subaree (4x5 m) in cui è stato suddiviso} \\ \text{il transect.} \end{array} \right.$$

I polloni inseriti su una stessa ceppaia sono stati considerati come unità omogenee per la comune origine dei singoli individui. I dati relativi al numero di individui presenti nelle subaree sono stati suddivisi in base all'appartenenza al soprassuolo principale o a quello subordinato. Valori dell'indice superiori a 1 indicano una distribuzione degli individui di tipo aggregata, uguale a 1 una distribuzione casuale e minore di 1 una distribuzione di tipo regolare (NEUMANN e STARLINGER *op. cit.*; DEL RIO *et al. op. cit.*; MONTES *et al. op. cit.*).

La variabilità strutturale lungo il profilo verticale è stata analizzata sia attraverso la stima del coefficiente di variazione (*cv*) delle altezze misurate all'interno del transect (SOKAL e ROHLF 1981 in LATHAM *et al.* 1998), sia utilizzando l'indice di SHANNON-WEAVER (1948) modificato secondo la formula proposta da PRETZSCH (*op. cit.*) con la suddivisione del popolamento in 3 livelli di altezze (0-50%, 50-80% e 80-100% dell'altezza massima).

$$A = -\sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^z p_{ij} \cdot \ln p_{ij} \left| \begin{array}{l} S = \text{numero di specie;} \\ Z = \text{numero di strati considerati;} \\ p_{ij} = n_{ij} / N; \\ n_{ij} = \text{numero di individui} \\ \text{della specie } i \text{ nello strato } j; \\ N = \text{numero complessivo di} \\ \text{individui.} \end{array} \right.$$

In entrambi i casi all'aumentare dei valori corrisponde un aumento della complessità strutturale.

Per la stima della biodiversità è stata presa in considerazione la componente arborea del soprassuolo; l'analisi è stata ampliata sia a livello spaziale (intera superficie delle parcelle sperimentali considerate, pari a 900 m² ciascuna) sia a livello temporale, a partire dal primo diradamento (1970). La valutazione della biodiversità ha tenuto conto dei risultati relativi a:

- i) N = ricchezza specifica espressa dal numero di specie presenti all'interno dell'area di saggio.
- ii) Indice SH di SHANNON-WEAVER calcolato sul numero dei fusti/polloni (diametro a 1.3 > 2.5 cm) afferenti a ciascuna specie censita:

$$SH = -\sum_{i=1}^s p_i \cdot \log p_i \left| \begin{array}{l} S = \text{numero di specie;} \\ p_i = n_i / N; \\ n_i = \text{numero di individui} \\ \text{della specie } i; \\ N = \text{numero totale di individui.} \end{array} \right.$$

Il valore di SH aumenta all'aumentare del numero di specie presenti e può assumere valori compresi fra 0 e ∞.

- iii) Indice S di SIMPSON (1949), anche in questo caso riferito al numero di fusti/polloni relativi a ciascuna specie:

$$S = 1 / \sum_{i=1}^s p_i^2 \left| \begin{array}{l} S = \text{numero di specie;} \\ p_i = \text{frequenze delle specie } p_i = n_i / N; \\ n_i = \text{numero di individui della specie } i; \\ N = \text{numero totale di individui.} \end{array} \right.$$

A differenza dell'indice precedente, l'indice di SIMPSON prende in considerazione la dominanza di una specie rispetto alle altre; il suo valore aumenta all'aumentare della biodiversità e varia tra 0 e 1.

In molti casi, per la valutazione della biodiversità mediante l'uso di indici sintetici, oltre al numero di individui afferenti a una determinata specie, sono utilizzati altri parametri quali l'area basimetrica o il grado di copertura (STAUDHAMMER e LEMAY 2001). In questo studio si è optato per il numero di individui poiché la storia selvicolturale dei popolamenti cedui di cerro fa sì che la diversità specifica si concentri principalmente nel piano subordinato, di sviluppo diametrico ridotto e quindi di peso trascurabile in area basimetrica ma essenziale per assicurare la mescolanza nella fase successiva di rinnovazione del soprassuolo.

Risultati

Caratteristiche della copertura

L'analisi della copertura effettuata attraverso la rappresentazione grafica ha permesso, in funzione del tempo e del trattamento selvicolturale applicato, sia di analizzare la distribuzione individuale nello spazio orizzontale e verticale (figura 2 e 3) sia di quantificare alcuni parametri descrittivi della copertura (tabella 1).

All'inizio dello studio (anno 1989 - prima del secondo diradamento), le differenze strutturali e compositive registrate tra le due aree risentono ancora del primo

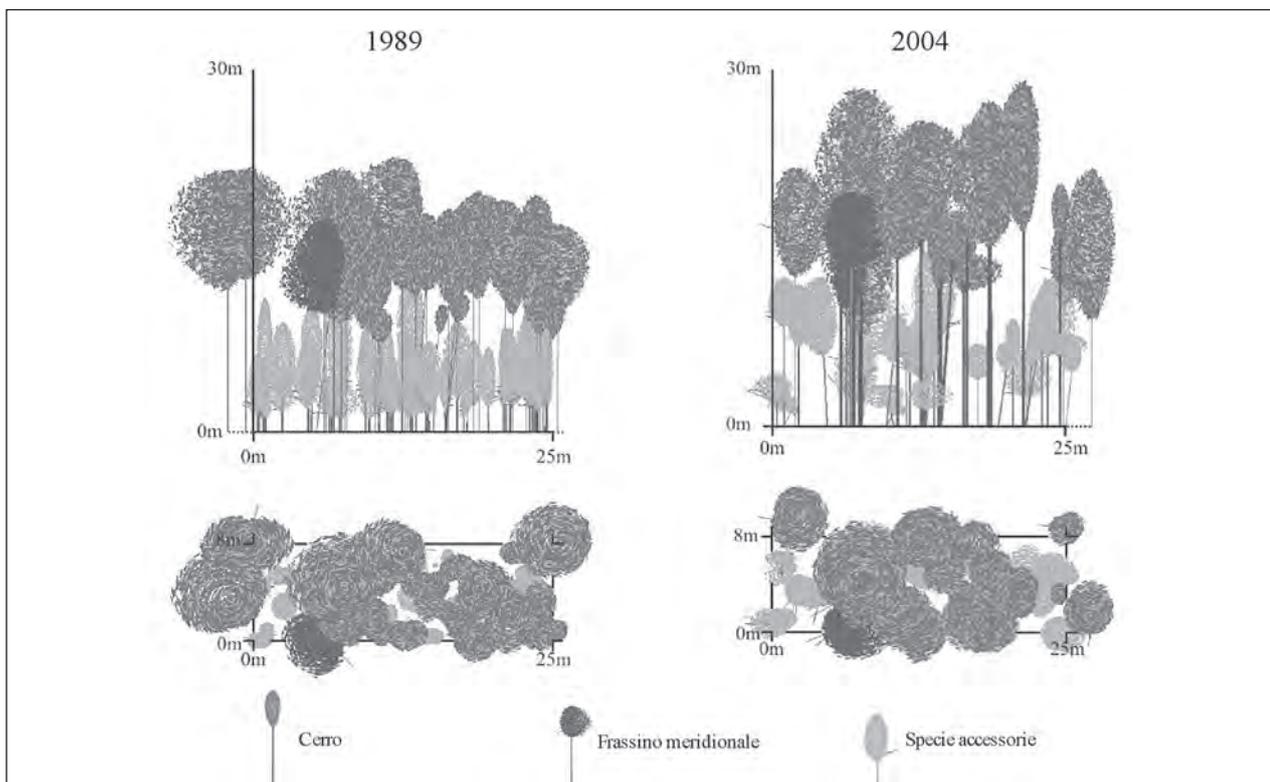


Figura 2 - Struttura orizzontale e verticale del soprassuolo in evoluzione naturale (area T) nel 1989 e nel 2004.
Horizontal and vertical structure of experimental plot under natural evolution (area T) in 1989 and 2004.

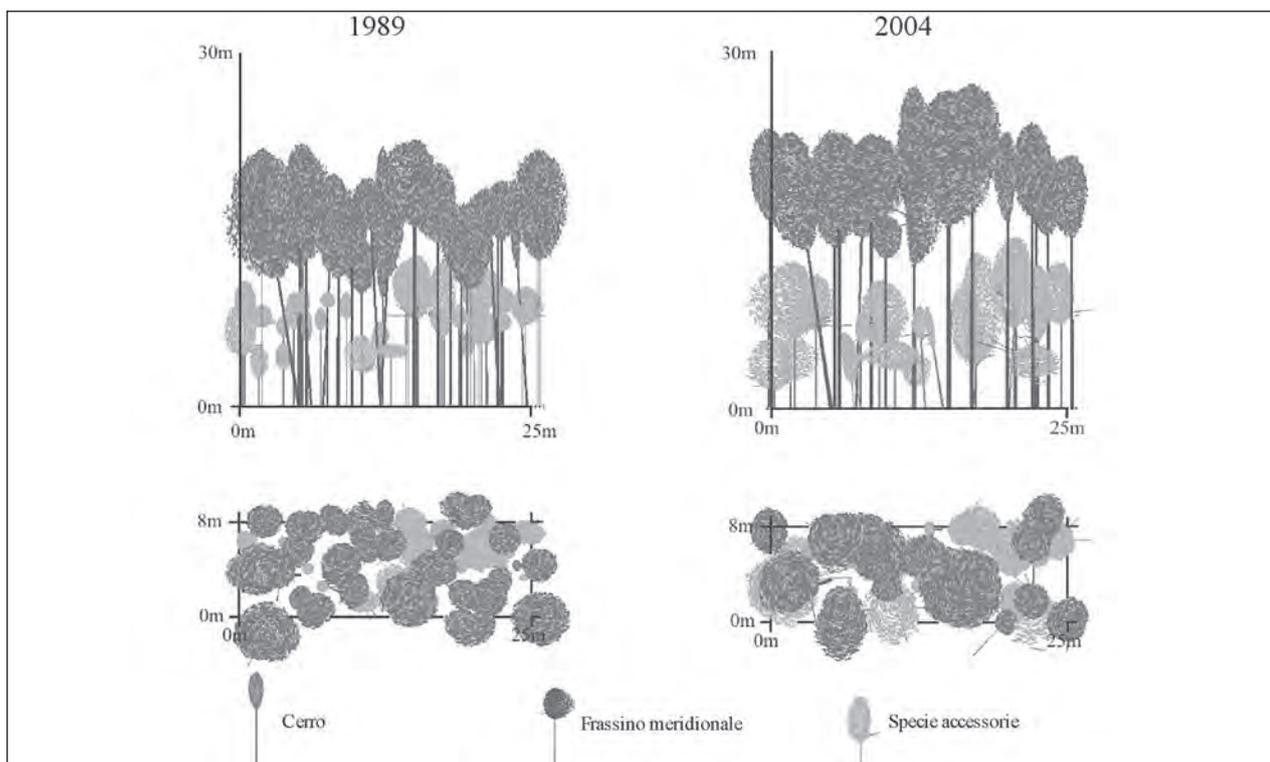


Figura 3 - Struttura orizzontale e verticale del soprassuolo diradato (area A) nel 1989 prima del diradamento e nel 2004.
Horizontal and vertical structure of the thinned plot (area A) in 1989 before thinning and in 2004.

Tabella 1 - Principali parametri della copertura (grado di ricoprimento per strato e totale, grado di copertura, indice di complessità strutturale, area media delle chiome) nelle due aree, nei tre inventari.
Main canopy parameters (crown overlapping per layer and total, canopy cover, structural complexity, mean crown area) in both areas and at each inventories.

	Ricoprimento (R %)			Copertura (C %)	Complessità Strutturale (R-C)	Area chiome (m ² ±es)	
	princ.	sub.	Totale			princ.	sub.
Area T							
1989	100	41	141	82	59	8.3±1.8	1.4±0.1
1998	68	46	114	73	41	10.0±2.0	2.0±0.2
2004	101	60	161	86	75	16.6±2.6	4.3±0.6
Area A							
1989 pd	71	31	102	76	26	7.1±1.0	1.8±0.3
1989 dd	49	28	77	63	14	7.8±1.3	1.8±0.3
1998	69	47	116	81	35	13.2±2.3	3.8±0.6
2004	81	46	127	82	45	16.1±2.0	5.2±1.0

intervento di diradamento effettuato nel 1972. A fronte di una struttura bistratificata e di un grado di copertura simile, l'importanza dei due strati e l'indice di complessità strutturale si diversificano in funzione del trattamento adottato. Il secondo diradamento, effettuato dal basso e a carico esclusivamente del soprassuolo principale, ha ridotto la copertura e semplificato ulteriormente la struttura. A 9 anni dall'intervento (1998) le dinamiche in atto nel popolamento, accelerate dal trattamento, si traducono nel recupero totale dei valori dei parametri analizzati. Nello stesso periodo (1989-1998), l'elevata mortalità del popolamento principale registrata nell'area T (27%), ha agito alla stregua di un disturbo di scarsa entità e di breve durata, quale l'effetto di un diradamento dal basso e ha determinato da una parte la riduzione del grado di ricoprimento e copertura e dall'altra l'aumento dell'area di insidenza media delle chiome. I dati relativi all'ultimo inventario (2004) descrivono ancora popolamenti diversificati in funzione del trattamento applicato.

Distribuzione orizzontale

Prima dell'intervento colturale la distribuzione delle ceppaie nel piano orizzontale si presentava aggregata in entrambe le aree; questo tipo di struttura è risultata più evidente nell'area T dove i valori dell'indice di Cox erano leggermente più alti rispetto alla A (tabella 2). La riduzione numerica del popolamento principale, a seguito del diradamento o determinata da mortalità naturale, e la presenza di soggetti che nel corso dell'esperienza hanno raggiunto la soglia di cavallettamento in quello subordinato, hanno modificato le modalità di organizzazione delle piante nello spazio orizzontale e sono alla base delle oscillazioni riscontrate nei valori dell'indice di Cox durante il periodo di osservazione.

La divisione tra soprassuolo principale e subordina-

to ha permesso di analizzare le dinamiche interne e di esaminare separatamente gli effetti del diradamento. L'intervento, effettuato nel 1989, ha in un primo momento aumentato leggermente il grado di aggregazione nel soprassuolo principale poiché l'abbattimento di alcune piante ha frazionato la struttura orizzontale definendo piccoli nuclei all'interno dell'area. In seguito, a 15 anni dal diradamento, si osserva invece una casualità nella distribuzione orizzontale. Anche nell'area testimone si riscontra, nell'ultimo inventario, una riduzione del valore dell'indice di Cox.

Per quanto concerne il soprassuolo subordinato, in entrambe le aree si osserva inizialmente una distribuzione aggregata. Questa disposizione persiste e aumenta progressivamente durante tutto l'arco temporale di osservazione nell'area T, mentre nell'area A si ha una graduale diminuzione dei valori dal primo all'ultimo inventario, nel quale le piante si dispongono in maniera vicina alla casualità.

Distribuzione verticale

I valori della variabilità strutturale lungo il profilo verticale delle due aree sono riportati in tabella 3. L'indice di PRETZSCH riferito all'anno 1989, prima del secondo intervento, indica una distribuzione delle piante

Tabella 2 - Struttura orizzontale. Valori dell'indice di Cox nelle due aree (1989-2004).

Horizontal structure. Cox index in the examined areas (1989-2004).

	1989 pd	1989 dd	1998	2004
Area T				
Totale	1.42	1.42	1.14	1.55
Principale	1.75	1.75	1.74	1.40
Subordinato	1.21	1.21	1.93	2.28
Area A				
Totale	1.26	1.33	1.42	0.98
Principale	1.00	1.12	1.23	1.05
Subordinato	1.72	1.76	1.50	0.93

Tabella 3 - Struttura verticale. Valori dell'indice di Pretzsch (H) e del coefficiente di variazione delle altezze (CV) nelle due aree (1998-2004).
Vertical structure. Pretzsch index (H) and variation coefficient (CV) in the examined areas (1998-2004).

	H				CV			
	1989 pd	1989 dd	1998	2004	1989 pd	1989 dd	1998	2004
Area T	1.73	1.73	1.62	1.64	45	45	57	54
Area A	1.51	1.48	1.57	1.46	43	42	55	55

più articolata nell'area T. In seguito al diradamento si palesano delle leggere variazioni dei valori dell'indice durante il periodo di analisi. L'evoluzione dell'indice nel tempo sembra tuttavia indicare una diminuzione delle differenze tra le due aree, pur rimanendo il valore dell'area T più elevato.

L'analisi del coefficiente di variazione conferma i risultati precedenti: le differenze diminuiscono nel tempo e l'area T mostra comunque la maggiore variabilità strutturale.

Biodiversità specifica

I dati, reperiti su tutta la superficie delle aree considerate, evidenziano che l'area T presenta un più alto numero di specie legnose rispetto alla A già a partire dall'inizio dell'esperienza e, in generale, per tutto il periodo esaminato (tabella 4).

Fra le specie dell'area T, oltre al cerro mantengono una presenza costante durante tutto l'arco temporale di osservazione anche l'orniello, il frassino meridionale, il leccio (*Quercus ilex* L.), la roverella (*Q. pubescens* Willd.) e il biancospino (*Crataegus monogyna* Jacq.). Nell'area A erano invece presenti nel 1970 sette specie: cerro, orniello, frassino meridionale, acero campestre, carpino nero, leccio e roverella; di queste, quattro (cerro, orniello, carpino nero e leccio) si mantengono fino all'ultimo inventario.

Nel corso degli anni è stato registrato un aumento degli indici di diversità specifica in entrambe le aree; l'indice di SHANNON mostra i valori più alti nell'area testimone, anche se all'inizio dell'indagine i due popolamenti risultavano paragonabili. Parallelamente all'aumento dell'indice di biodiversità di SHANNON, l'indice di SIMPSON denota una netta diminuzione della dominanza del cerro rispetto alle altre specie associate.

Discussione

Il diradamento attuato nell'area A ha sensibilmente ridotto il grado di copertura. D'altra parte anche

nell'area T i crolli progressivi, che si sono verificati nel corso degli anni, hanno presumibilmente determinato dei vuoti più o meno estesi. In entrambi i casi il popolamento ha reagito ampliando la superficie di chioma e allo stato attuale la copertura si trova sui valori massimi registrati. Questo comportamento, ascrivibile alla relativa giovane età delle piante e alle caratteristiche ecologiche della specie dominante, è stato riscontrato anche da CUTINI e BENVENUTI (1996) su cerrete di 35 anni sottoposte a diversi sistemi di trattamento. In tale studio sono stati evidenziati, nei 3 anni successivi all'intervento di diradamento (50% di area basimetrica), un graduale recupero dell'indice di area fogliare (LAI) e una diminuzione dei vuoti nella copertura e della radiazione fotosinteticamente attiva (PAR). Allo stesso modo BENVENUTI e CANTIANI (2003) hanno riscontrato, in una cerreta dell'alta Valtiberina dopo 5 stagioni vegetative dal taglio di diradamento (29% di area basimetrica), una quasi completa chiusura del piano delle chiome.

In relazione all'utilizzo di indici sintetici nell'analisi strutturale, pochi studi (FABBIO *et al. op. cit.*, MANETTI *et al. op. cit.*) hanno riguardato l'analisi dei boschi cedui, probabilmente perché poco diffusi nell'Europa continentale. Le peculiarità del governo a ceduo complicano non poco l'analisi microstrutturale a causa dei processi di competizione che interessano 2 livelli (spaziali e temporali): in un primo momento l'interno della ceppaia e, successivamente, le ceppaie adiacenti (FABBIO 1994).

La struttura orizzontale del soprassuolo analizzato risente della complessità di questi fenomeni, enfatizzati dalla presenza in entrambe le aree di un denso soprassuolo subordinato formato da ceppaie con più polloni. L'elevato dinamismo dei boschi cedui, che nel caso in esame si palesa con processi di mortalità, ingressi a misura e affrancamento, si riflette nell'andamento temporale dell'indice di Cox con fluttuazioni periodiche, ora verso una distribuzione casuale ora verso una distribuzione aggregata, all'interno dello stesso tipo di trattamento. Le differenze riscontrate fra le due aree all'anno 2004 sembrerebbero tuttavia

Tabella 4 - Diversità specifica. Numero di specie (N), indice di Shannon (SH), indice di Simpson (1-S) nelle due aree (1970-2004).
Specific biodiversity. Number of tree species (N), Shannon index (SH), Simpson index (1-S) in both areas (1970-2004).

	Numero di specie (N)		Indice di Shannon (SH)		Indice di Simpson (1-S)	
	Area T	Area A	Area T	Area A	Area T	Area A
1970 pd	9	7	1.05	0.90	0.48	0.46
1970 dd		6		0.87		0.46
1973	9	9	1.17	1.06	0.55	0.54
1978	10	9	1.29	1.00	0.60	0.54
1989 pd	10	7	1.57	1.07	0.73	0.60
1989 dd		7		1.12		0.62
1998	11	6	1.65	1.05	0.76	0.57
2004	8	5	1.51	1.06	0.74	0.59

confermare la positiva correlazione fra pattern di distribuzione orizzontale di tipo casuale e interventi culturali osservati in alcune fustaie (PRETZSCH *op. cit.*, MONTES *et al. op. cit.*). Relativamente a popolamenti di origine agamica, nello studio di MANETTI *et al. (op. cit.)* è stata evidenziata una distribuzione da casuale a regolare in popolamenti sottoposti a interventi di diradamento regolari nel tempo e una distribuzione di tipo aggregato nel caso di interventi sporadici di forte intensità.

La scomposizione del soprassuolo in due componenti rende forse più agevole la descrizione delle dinamiche del popolamento e permette di fornire alcune indicazioni sui fenomeni di competizione che intercorrono fra gli individui. Questi ultimi sono certamente meno rilevanti nel popolamento principale, in quanto i fenomeni di mortalità che intercorrono in entrambe le aree sono quasi esclusivamente da ascrivere a problemi di stabilità meccanica, retaggio delle modalità di esecuzione delle precedenti ceduzioni. Tuttavia il confronto fra le due aree rende evidente l'azione degli interventi selvicolturali a favore di una distribuzione di tipo casuale.

Nel popolamento subordinato, l'andamento dei valori dell'indice di Cox risulta opposto nelle due aree e può essere ricondotto alla diversa modalità di allocazione spaziale delle risorse ecologiche (OLIVER e LARSON 1996). Mentre nell'area T a tratti di soprassuolo caratterizzati da una maggiore concentrazione – in corrispondenza dei crolli – se ne alternano altri in cui il ricoprimento eccessivo dello strato superiore non ha permesso lo sviluppo del piano subordinato, in A, il taglio intercalare ha presumibilmente favorito un certo livellamento delle condizioni microstazionali. A tal proposito FABBIO *et al. (2003)*, riferendosi ai boschi italiani lasciati in abbandono culturale, parlano di “naturale disomogeneità” raffrontandola alla “regolare omogeneità” dei boschi tradizionalmente gestiti.

Le modifiche che i diradamenti inducono sulla

fisionomia del soprassuolo sono risultate evidenti anche nell'analisi dei parametri della struttura verticale, costantemente più articolata nel testimone. La specificità del trattamento in A, dal basso ma quasi esclusivamente a carico della componente principale, ha presumibilmente creato delle soluzioni di continuità lungo il profilo verticale che, rendendo più evidenti le distinzioni sociali, si riflettono sui valori dell'indice di PRETZSCH. Il recupero della copertura del soprassuolo principale, limitando lo sviluppo in altezza di quello subordinato, ha mantenuto nel tempo le soluzioni di continuità derivate dagli interventi culturali.

Gli indici di SHANNON e SIMPSON indicano, relativamente a questo stadio di sviluppo del popolamento, un maggior livello di biodiversità della componente arborea nell'area lasciata ad evoluzione naturale. È però da segnalare che, per le peculiarità dell'intervento applicato, un lieve aumento della biodiversità specifica è stato registrato anche nel soprassuolo diradato. I valori crescenti degli indici registrati nelle due aree sono da ascrivere non ad un incremento del numero di specie ma alla capacità del sistema di salvaguardare la composizione iniziale e di ampliare il peso relativo delle specie del popolamento subordinato rispetto al principale. Le piante appartenenti al piano subordinato assumono in questo contesto una notevole importanza ecologica poiché la loro potenziale affermazione potrebbe condurre alla costituzione di soprassuoli caratterizzati da un maggior grado di mescolanza specifica e naturalità (AMORINI 1994 e 2002).

Conclusioni

La struttura di un soprassuolo forestale ha un ruolo decisivo per lo sviluppo futuro del popolamento stesso in quanto, interagendo con i fattori ecologici, regola i processi di competizione fra gli individui, quindi la mescolanza specifica, l'accrescimento, la rinnovazione, lo sviluppo della vegetazione del sottobosco.

L'azione selvicolturale rappresenta uno strumento capace di influenzare, modificando i parametri strutturali, i processi sopraenunciati e, conseguentemente, di assecondare le scelte gestionali fatte in sede di pianificazione colturale.

Nel caso esaminato la realizzazione di diradamenti finalizzati all'avviamento ad altofusto e la scelta di rilasciare praticamente intatto il piano dominato, scelta effettuata nel 1970 sia per ragioni economiche sia per evitare il ricaccio vigoroso delle specie accompagnatrici, si sono configurate come pratiche ecologicamente ammissibili. Il diradamento ha anticipato le dinamiche naturali, comunque in atto nel testimone, mentre il rilascio del soprassuolo subordinato ha permesso di mantenere nel tempo una buona complessità strutturale e la tutela della biodiversità specifica.

Il ceduo in evoluzione naturale, pur rivelando un dinamismo verso strutture tipiche dei soprassuoli con fisionomia ad altofusto denota tuttavia, in questa fase, una maggiore variabilità strutturale e una migliore capacità di salvaguardare la mescolanza specifica. Inoltre, il mancato prelievo di parte della componente legnosa determina maggiori quantitativi di necromassa in piedi e a terra, con riflessi positivi sull'evoluzione del suolo, la conservazione e l'incremento della biodiversità complessiva e lo stoccaggio del carbonio.

L'analisi degli effetti degli interventi selvicolturali sulla diversità strutturale e specifica, effettuata attraverso l'applicazione di indici sintetici, si è rivelata una metodologia di indagine efficace per quantificare, anche in un soprassuolo ceduo, le differenze strutturali derivate dal trattamento selvicolturale. L'azione semplificatrice del taglio di avviamento e dei successivi diradamenti è infatti ben descritta dagli indici strutturali scelti che sottolineano una minore aggregazione e articolazione della struttura del soprassuolo diradato.

Questo tipo di indagine, pur avendo fornito risultati interessanti, necessita di ulteriori approfondimenti e verifiche in quanto la ridotta dimensione delle parcelle e l'assenza di replicazioni non permettono di generalizzare i risultati ottenuti, che rimangono comunque validi per il caso di studio. La metodologia adottata per lo studio della diversità strutturale è stata infatti applicata in un protocollo sperimentale impostato nel 1972 e ampliato poi nel 1989 con la realizzazione di transect in un solo blocco allo scopo di fotografare l'evoluzione delle strutture nel tempo.

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*. Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura, vol. 23 (1992), Arezzo: 7-40.
- AMORINI E., 2002 – *Selvicoltura di ripristino nei boschi di origine cedua: opportunità e limiti*. In: Atti del Seminario «Tra limiti ed opportunità», Ponte Buriano (Arezzo), 12 giugno 2002. Suppl. n. 2 al n. 91 di Sherwood, p. 9-12.
- ANDERSSON F.O., FEGER K., HÜTTL R.F., KRÄUCHI N., MATSSON L., SALLNÄS O., SJÖBERG K., 2000 – *Forest ecosystem research – priorities for Europe*. Forest Ecology and Management 132: 111-119.
- BARTHOD C., 1996 – *La gestion durable des forêts tempérées: aux racines du débat international actuel*. In: La gestion durable des forêts tempérées. Revue forestière française, numéro spécial, 13-22.
- BENGTSSON J., NILSSON S.G., FRANC A., MENOZZI P., 2000 – *Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests*. Forest Ecology and Management 132 (1): 39-50.
- BENVENUTI C., CANTIANI P., 2003 – *Il trattamento selvicolturale delle fustaie transitorie di cerro. Interventi propedeutici alla fase di rinnovazione*. IV Congresso S.I.S.E.F. “Meridiani foreste”, Rifreddo (Pz), 7-10 Ottobre 2003: 27-31.
- BIANCHI L., PACI M., TASSINARI F., 2005 – *Dinamiche strutturali nelle abetine delle foreste casentinesi*. Sherwood, anno 11, numero 8 (114): 13-17.
- BOURG D., 1996 – *Le débat sur la gestion durable et les grands courants de la pensée écologiste*. In: La gestion durable des forêts tempérées. Revue forestière française, numéro spécial, 31-42.
- CALLICOTT J.B., 1991 – *The wilderness idea revisited: the sustainable development alternative*. The Environmental Professional 13 (3): 235-247.
- CHOPRA K., KUMAR P., 2004 – *Forest biodiversity and timber extraction: an analysis of the interaction of market and non-market mechanisms*. Ecological Economics 49: 135-148.
- CUTINI A., 1997 – *Drought effects on canopy properties and productivity in thinned and unthinned Turkey oak stands*. Plant Biosystem 131 (1): 59-65.
- CUTINI A., BENVENUTI C., 1996 – *Effects of silvicultural treatment on canopy cover and soil water content in a Quercus cerris L. coppice*. Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura, vol. 27, Special Issue MEDCOP, Arezzo: 65-70.
- DEL RÍO M., MONTES F., CAÑELLAS I., MONTERO G., 2003 – *Diversidad estructural en masas forestales*. Invest. Agrar. Sist. y Recur. For. 12 (1): 159-176.
- FABBIO G., 1994 – *Dinamica della popolazione arborea in un ceduo di cerro in invecchiamento*. Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura, vol. 23, Arezzo (1992): 41-72.

- FABBIO G., MERLO M., TOSI V., 2003 – *Silvicultural management in maintaining biodiversity and resistance of forests in Europe-the Mediterranean region*. Journal of Environmental Management, 67: 67-76.
- FABBIO G., MANETTI M.C., BERTINI G., 2006 – *Aspects of biological diversity in the CONECOFOR plots. I. Structural and species diversity of the tree community*. Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura, vol. 30, Suppl. 2: 17-28.
- FABBIO G., AMORINI E., 2006 – *Avviamento ad altofusto e dinamica naturale nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 35 anni dalla sua impostazione. Il protocollo Caselli (Pisa)*. Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura, vol. 33 (2002-2004): 79-104.
- GUIDI G., 1975 – *Primi risultati di una prova di conversione in un ceduo matricinato di cerro (Quercus cerris L.)*. Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura, vol.6, Arezzo: 253-278.
- KINT V., DE WULF R., LUST N., 2004 – *Evaluation of sampling methods for the estimation of structural indices in forest stands*. Forest Ecology and Management 180: 461-476.
- KOO B., WRIGTH B.D., 1999 – *The role of biodiversity products as incentives for conserving biological diversity: some instructive examples*. The Science of the Total Environment 240: 21-30.
- LARSEN J.B., 1995 – *Ecological stability of forests and sustainable silviculture*. Forest Ecology and Management 73: 85-96.
- LATHAM P.A., ZUURING H.R., COBLE D.W., 1998 – *A method for quantifying vertical forest structure*. Forest Ecology and Management 104: 157-170.
- MANETTI M.C., AMORINI E., BECAGLI C., 2000 – *Gestione selvicolturale e tipologie strutturali nei popolamenti di castagno del Pratomagno Casentino*. Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura, vol.31, Arezzo: 109-118.
- MONDINO G.P., BERNETTI G., 1998 – *I tipi forestali. Boschi e Macchie della Toscana*. Regione Toscana, Firenze, 338 p.
- MONTES F., SÁNCHEZ M., DEL RÍO M., CAÑELLAS I., 2005 – *Using historic management records to characterize the effects of management on the structural diversity of forests*. Forest Ecology and Management 207 (1-2): 279-293.
- NEUMANN M., STARLINGER F., 2001 *The significance of different indices for stand structure and diversity in forest*. Forest Ecology and Management 145 (1-2): 91-106.
- NORTON B.G., 2000 – *Biodiversity and environmental values: in search of a universal earth ethic*. Biodiversity and Conservation 9: 1029-1044.
- NUNES P.A.L.D., VAN DE BERGH J.C.J.M., 2001 – *Economic valuation of biodiversity: sense or nonsense?*. Ecological Economics 39: 203-222.
- OLIVER C.D., LARSON B.C., 1996 – *Forest Stand Dynamics*. Updated ed., Wiley, New York 520 p.
- ONAINDIA M., DOMINGUEZ I., ALBIZU I., GARBISU C., AMEZAGA I., 2004 – *Vegetation diversity and vertical structure as indicators of forest disturbance*. Forest Ecology and Management 195 (3): 341-354.
- POMMERENING A., 2002 – *Approaches to quantifying forest structures*. Forestry, 75 (3): 305-324.
- PRETZSCH H., 1997 – *Analysis and modeling of spatial stand structures. Methodological considerations based on mixed beech – larch stands in Lower Saxony*. Forest Ecology and Management 97 (3): 237-253.
- PRETZSCH H., 1999 – *Structural diversity as a result of silvicultural operations*. In: Management of mixed-species forest: silviculture and economics. Olsthoorn A.F.M., Bartelink H.H., Gardiner J.J., Pretzsch H., Hekhuis H.J., Franc A. (Eds.). IBN Scientific Contributions 15: 157-174.
- SHANNON C.E., 1948 - *The mathematical theory of communication*. In: Shannon C.E., Weaver W. (Eds.), The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana: 29-125.
- SIMBERLOFF D., 1999 – *The role of science in the preservation of forest biodiversity*. Forest Ecology and Management 115 (2-3): 101-111.
- SIMPSON E.H., 1949 – *Measurement of diversity*. Nature 163, 688 pp.
- SOKAL R.R., ROHLF F.J., 1981 - *Biometry*. W.H. Freeman, New York, 859 pp.
- STAUDHAMMER C.L., LEMAY V.M., 2001 – *Introduction and evaluation of possible indices of stand structural diversity*. Canadian Journal of Forest Research 31: 1105-1115.

Avviamento ad altofusto 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)[§]

Emilio Amorini,^{1*}Gianfranco Fabbio¹, Paolo Cantiani¹

Accettato il 28 agosto 2006

Riassunto – Si riferisce su una prova sperimentale di confronto tra avviamento ad altofusto ed evoluzione per via naturale, iniziata nel 1970 in un ceduo a prevalenza di cerro e carpino nero di 20 anni in una stazione appenninica (Valsavignone-Arezzo). Obiettivo del lavoro era quello di verificare i modi ed i tempi dell'avviamento a fustaia del soprassuolo ceduo "invecchiato" oltre l'età della normale utilizzazione e di seguire in parallelo il modello di sviluppo per via naturale. I primi 35 anni di monitoraggio indicano la progressione della mortalità e l'accrescimento sostenuto della tesi di riferimento (controllo), che producono le culminazioni dell'incremento medio di massa totale e del valore di area basimetrica intorno ai 40 anni. Questa età segna l'inizio di una nuova fase in cui, insieme alla regressione del valore di area basimetrica corrente per la maggiore incidenza percentuale della mortalità naturale, si continua a registrare l'incremento di tutti gli indicatori dendrometrici (diametri ed altezze medi e dominanti). Il trattamento di avviamento ad altofusto, applicato con criterio culturale e tre tesi differenziate per densità, accelera lo sviluppo dendro-strutturale e produce una migliore utilizzazione dello spazio di crescita. L'intervallo ottimale di ripetizione dei diradamenti si dimostra compreso tra i 15 ed i 20 anni. Intorno ai 50 anni, termine dell'attuale periodo di monitoraggio, si registra un rallentamento del ritmo incrementale in tutte le tesi di avviamento, a segnalare una dinamica meno sostenuta nel complesso del soprassuolo. La componente dominata della struttura iniziale, ceduata al taglio di avviamento, forma nel tempo un piano di vegetazione subordinato che accoglie, dopo 30 anni, sia le specie inizialmente presenti che altre latifoglie, anche di pregio, rinnovatesi da seme. Queste aprono una prospettiva interessante per la composizione del soprassuolo nel ciclo successivo.

Parole chiave: *Quercus cerris, ceduo, evoluzione naturale, avviamento ad altofusto, dendro-auxonomia, struttura arborea, diversità specifica, selvicoltura.*

Abstract – *Conversion to high forest and natural pattern into ageing Quercus cerris L.-dominated coppices. Results from 35 years of monitoring. The Valsavignone site (Apennines-Tuscany).* The results of a trial established in 1970 in a Turkey oak and hop hornbeam coppice aged 20 and aimed at comparing coppice conversion into high forest vs. natural ageing, are reported 35 years later. The unthinned stand (control thesis) highlighted the progression of regular mortality and a positive growth trend which reached its maximum at about the age of 40 in terms of mean volume increment. This age pointed out the accomplishment of a biological phase and the beginning of a further stage still in progress. This further phase of forest crop development is marked out by the current reduction of basal area because of the major incidence of regular mortality in spite of the actual growth measured in all basic parameters (dbh and tree height) up to the age of 52, end of the monitoring period. The silvicultural operations, originating different numbers of released stems per unit area (3 thinned theses), increased and hastened the growth rate of standing crop and produced a better use of the available growth space. A 15-20 years time is recognizable as the optimal interval between thinnings. The age of 50 highlighted the slowing down of growth in all the theses, it foreseeing that a further dynamics will take place. The dominated layer in the original coppice structure, harvested at the first thinning at the age of 20, has regenerated and 30 years later has established a subsidiary layer where a number of broadleaves, also from seed, are present. These will possibly provide a chance for the tree species composition in the following stand life-cycle.

Key words: *Quercus cerris, aged coppice forest, natural evolution, conversion into high forest, mensurational parameters, growth pattern, stand structure, tree species diversity, silviculture.*

F.D.C.: 226: 228.1: 56: 176.1 Quercus cerris: (450.52)

Premessa

Le motivazioni alla base di questo studio sono comuni a quelle espresse nell'introduzione al contributo su Caselli, dato il medesimo periodo di impostazione

delle due prove sperimentali. Il protocollo di Valsavignone rappresenta un ulteriore caso di studio sulla stessa tipologia, ha gli stessi obiettivi generali, esplica criteri diversi nel metodo, si sviluppa in ambiente appenninico.

[§]Lavoro svolto nell'ambito dei progetti "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e culturale di differenti modalità di matrici-natura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno" promosso e finanziato dall'ARSA-REGIONE TOSCANA e RISELVTALIA AREA 3 "Selvicoltura e sostenibilità" PROGETTO 3.2 " Selvicoltura, funzionalità e gestione sostenibile dei cedui nell'area appenninica e mediterranea".

* Autore corrispondente amorini@selvicoltura.org Il lavoro è stato svolto dagli autori in parti uguali.

¹ C.R.A. - Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo.

Si riferisce qui sulla prova impostata da GAMBÌ e MATTIOLI nel 1972 in un ceduo matricinato a prevalenza di cerro, di 20 anni di età, in alta Valtiberina (località Valsavignone) nel comune di Pieve S. Stefano (Arezzo). L'area, di proprietà demaniale e non ceduata alla scadenza del turno (nel demanio superiore ai 14 anni minimi previsti allora dalle Prescrizioni di massima) iniziò ad essere avviata alla fine degli anni '60 nell'ambito dei programmi ASFD di ricostituzione e miglioramento. In questo contesto si inserì la prova sperimentale.

Lo studio è stato oggetto di contributi precedenti che riportano, per temi diversi della ricerca, i risultati fino ai primi anni '90. Si è ritenuto tuttavia opportuno, relativamente al tema trattato della dinamica dendro-auxonomica, riassumere qui l'intero periodo di osservazione, rimandando alle pubblicazioni citate per gli approfondimenti. Ciò, sia per facilitare la lettura dei dati lungo i 35 anni di monitoraggio, che per consentire il confronto contestuale con i risultati dell'analoga prova realizzata a Caselli (*questo volume*). Il lavoro si articola nel confronto tra tesi differenziate di diradamento del bosco ceduo ed il controllo dell'evoluzione per via naturale. Altri contributi (*questo volume e successivi*) tratteranno altri aspetti della ricerca.

Materiale e metodi

Il sito

Il soprassuolo oggetto dello studio si colloca nella fascia vegetazionale sub-montana pre-appenninica a prevalenza di querce caducifoglie e carpino nero che caratterizza la parte alta del bacino del Tevere. L'alta Valtiberina si presenta come un'incisione stretta ad andamento nord-sud. La morfologia è acclive ed i bacini laterali originano affluenti a regime torrentizio ed apporto solido notevole. L'area sperimentale è ubicata in località Fratelle, alla quota di 700 m s.l.m. ed esposizione fredda N-NE sul bacino del torrente Savignone. Il territorio è oggi compreso nel demanio regionale amministrato dalla Comunità Montana "Alto Tevere". Il substrato prevalentemente marnoso e arenaceo e la morfologia acclive hanno sviluppato profonde incisio-

ni ma scarsi fenomeni franosi in presenza di copertura boschiva; le aree disboscate o già messe a coltura ed oggi in via di abbandono sono viceversa oggetto di erosione idrica superficiale. Il suolo è riferibile a due tipi: litosuoli (A)C od AC sottili, associati a frequenti affioramenti rocciosi, neutri, argilloso-limosi, e rankers o suoli bruni A(B)C, poco profondi, argilloso-fini, moderatamente drenati, da neutri ad acidi. La capacità di ritenuta idrica è, per i due tipi, da scarsa a moderata (BINI 1982). L'indirizzo di ricostituzione di boschi misti di latifoglie intrapreso allora dall'ASFD appare coerente nella situazione descritta di orografia accidentata e suoli a potenzialità moderata per l'azione di regolazione idrica e protezione del suolo esercitata dalla copertura arborea. Il clima Tabella 1 (da CUTINI 1997), umido, mesotermico e con deficit idrico estivo ridotto, è influenzato dall'andamento N-S della catena appenninica e dai rilievi pre-appenninici e riferibile a quello di zone interne. Il regime pluviometrico (in 80-100 giorni piovosi) è di tipo sub-mediterraneo montano con massimo autunnale, buona precipitazione invernale e primaverile e minimo estivo. L'esposizione fredda favorisce la permanenza della neve a fine inverno.

Il soprassuolo

Il ceduo, di buona fertilità rispetto alla media dei boschi locali, si presentava a densità colma, dotato di un numero elevato di ceppaie e scarsamente matricinato con soggetti giovani e di sviluppo simile a quello dei polloni dominanti. La composizione specifica era formata da cerro (*Quercus cerris* L.) e carpino nero (*Ostrya carpinifolia* Scop.), con partecipazione secondaria di orniello (*Fraxinus ornus* L.), acero opalo (*Acer opalus* L.), acero campestre (*Acer campestre* L.) e presenza sporadica di sorbo domestico (*Sorbus domestica* L.), faggio (*Fagus sylvatica* L.), nocciolo (*Corylus avellana* L.), perastro (*Pyrus pyraeaster* L.), ciliegio (*Prunus avium* L.). Le ceppaie di cerro, più numerose e distribuite uniformemente sulla superficie, avevano selezionato un numero ridotto di soggetti già all'età di 20 anni; quelle di carpino, più localizzate e portanti molti polloni, avevano un accesso limitato al piano dominante, caratterizzato dal cerro. Le altre

Tabella 1 - Sito di Valsavignone. Parametri del clima.
Site of Valsavignone. Climate parameters.

Quota m	Piovosità media		Temperatura media		Classificazione di Thornthwaite		
	annuale mm	estiva mm	anno °C	mese più caldo °C	tipo	indice di aridità	periodo secco giorni
700	1083	157	11,6	20,6	B ₄ B' ₁ rb' ₄	13,1	63

specie accedevano solo sporadicamente al piano superiore. Il bosco è associabile alla *cerreta mesofila collinare* secondo MONDINO e BERNETTI (1998).

Il protocollo sperimentale

Il disegno era impostato su quattro aree di 5000 m² (50x100m) articolate in tre tesi di diradamento e una di controllo, senza ripetizioni. Le quattro parcelle erano contigue a coppie e inserite nella più ampia area in avviamento da parte dell'ente gestore. L'area di controllo era circondata da una fascia di isolamento. L'approccio di GAMBÌ, ripetuto in altri protocolli negli stessi anni, è stato quello di realizzare aree sufficientemente grandi da assorbire e mediare le variazioni di tessitura e microfertilità e contenere una popolazione iniziale numericamente sufficiente per un monitoraggio di lungo periodo. La scelta di operare su superfici ampie era dovuta anche alla necessità di applicare un diradamento eminentemente colturale senza il condizionamento imposto da aree più piccole e quindi numeri più limitati di ceppaie, quali si sarebbero avuti replicando il disegno sperimentale. La differenza di altezza dominante tra le quattro aree, complessivamente inferiore al metro (Tabella 2), indica un livello di fertilità simile.

I criteri del diradamento, formulati da GAMBÌ secondo il *metodo del taglio di avviamento* descritto in AMORINI e FABBIO (1987 e 1988), tecnica colturale di conversione indiretta per via naturale (CIANCIO e NOCENTINI 2004), erano così definiti: diradamento delle ceppaie del ceduo "invecchiato" rispetto all'età minima prevista (da $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ del turno) con un intervento di tipo basso o misto che seleziona i migliori soggetti (allievi) a costituire una struttura monoplana a densità sufficientemente elevata (1500-2500 piante ad ettaro). Un successivo diradamento entro un periodo di 10-15

anni. Nella formulazione di GAMBÌ, i due interventi si integrano e modellano il soprassuolo in una fisionomia di giovane fustaia coetanea, la cui gestione colturale fino ai tagli di rinnovazione non differirà nelle linee essenziali da quella di un popolamento nato da seme.

Nell'applicazione al caso di studio, il taglio di avviamento ha regolato la composizione specifica originale, rilasciando il cerro e tutti gli individui di specie diverse presenti nel piano dominante e riducendo la presenza del carpino nero, la specie più diffusa dopo il cerro. Operativamente il taglio ha eliminato quasi completamente le ceppaie dominate e rilasciato nelle altre uno o al massimo due polloni scelti tra quelli meglio inseriti sulla ceppaia, di buona forma, con chioma inserita in alto. Il criterio spaziale ha teso ad ottenere una distribuzione relativamente omogenea per ridurre l'ampiezza dei vuoti, accelerare la ricostituzione della copertura superiore, evitare la probabile emissione di rami epicormici, limitare il ricaccio delle ceppaie dominate. Soggetti intermedi sono stati rilasciati per l'educazione dei fusti migliori; anche le giovani matricine, bene integrate nella struttura verticale, sono state tutte rilasciate. Le densità complessive risultanti sono state di 1848 (T1), 2358 (T3) e 1560 (T4) polloni ad ettaro.

La differente densità di rilascio nelle tre aree avviate ad altofusto non ha avuto il significato di differenziare vere e proprie tesi di trattamento, ma è piuttosto il risultato dell'applicazione puntuale di un criterio colturale alla struttura reale del soprassuolo ed alla diversa densità iniziale delle stesse parcelle, come segnalato dalla progressione dei valori di volume in piedi a parità di altezza dominante prima del diradamento (Tabella 2).

L'eliminazione di un numero consistente di ceppaie dominate in alternativa al loro rilascio come

Tabella 2a - TESI DI CONTROLLO (T2c). Cronologia della dinamica di accrescimento attraverso i successivi inventari.
Control thesis (T2c). Chronology of growth dynamics over the subsequent inventories.

Inv. anno	Età	Ceppaie n ha ⁻¹	Polloni n ha ⁻¹	Mort./ing. ceppaie	Δn) polloni	Δn/nΔt*100 ceppaie	polloni	Var. diam. cm	G m ² ha ⁻¹	dg cm	d dom cm	hg m	h dom m	M. totale m ³ ha ⁻¹	lmM _i m ³	lc M _i m ³
1972	20	3254	8316					3 - 24	24,23	6,1	14,5	7,1	12,2	107,09	5,35	
1984	32	2554	5416	700	2900	1,8	2,9	3 - 28	30,05	8,4	19,9	12,2	20,3	210,32	6,57	8,60
1990	38	2312	4052	242	1364	1,6	4,2	3 - 32	33,27	10,2	25,2	14,5	21,7	262,85	6,92	8,76
1996	44	1682	2778	630	1274	4,5	5,2	3 - 39	34,95	12,7	30,9	16,2	24,5	305,58	6,95	7,12
1999	47	1620	2338	62	440	1,2	5,3	3 - 40	34,53	13,7	31,9	17,0	24,8	310,95	6,62	1,79
2004	52	1472	2058	148	280	1,8	2,4	3 - 42	33,14	14,3	33,7	17,4	25,9	312,36	6,01	0,28

Tabella 2b - TESI DI AVVIAMENTO (T1). Cronologia della dinamica di accrescimento attraverso i successivi inventari.*Thinned thesis (T1). Chronology of growth dynamics over the subsequent inventories.**Note: pd = before thinning; ed = thinning removal; dd = after thinning, here and in the following tables and graphs.*

Inv. anno	Età	Polloni n ha ⁻¹	Mort./ing. (Δn)	Δn/nΔt *100	Var. diam. cm	G m ² ha ⁻¹	dg cm	d dom cm	hg m	h dom m	M. corrente m ³ ha ⁻¹	M. interc. m ³ ha ⁻¹	M. totale m ³ ha ⁻¹	ImM _t m ³	Ic M _t m ³
1972 dd * 20		1848			4 - 24	12,35	9,2	14,9	9,6	12,4	59,69	51,97	111,66	5,58	11,69
1984 pd * 32		1840	8	0,0	5 - 32	26,57	13,6	21,4	16,3	20,1	199,93	51,97	251,90	7,87	
1984 ed * 32		1048				9,58	10,8		14,4			68,31			
1984 dd * 32		792			9 - 32	16,99	16,5	21,4	18,0	20,1	131,62	120,28	251,90	7,87	11,29
1990	38	782	10	0,2	9 - 36	22,81	19,3	25,9	18,8	21,2	199,38	120,28	319,66	8,41	
1996	44	782	0	0,0	10 - 39	28,76	21,6	29,0	21,0	23,8	278,86	120,28	399,14	9,07	8,88
1999 pd * 47		784	2	-0,1	10 - 40	31,02	22,5	30,4	21,4	24,3	305,51	120,28	425,79	9,06	
1999 ed * 47		352				10,21	19,2		19,9			94,17			
1999 dd * 47		432			14 - 40	20,82	24,8	30,3	22,3	24,3	211,34	214,45	425,79	9,06	7,84
2004	52	428	4	0,2	14 - 40	23,11	26,2	31,8	23,8	25,9	250,42	214,45	464,87	8,94	

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

Tabella 2c - TESI DI AVVIAMENTO (T3). Cronologia della dinamica di accrescimento attraverso i successivi inventari.*Thinned thesis (T3). Chronology of growth dynamics over the subsequent inventories.*

Inv. anno	Età	Polloni n ha ⁻¹	Mort./ing. (Δn)	Δn/nΔt *100	Var. diam. cm	G m ² ha ⁻¹	dg cm	d dom cm	hg m	h dom m	M. corrente m ³ ha ⁻¹	M. interc. m ³ ha ⁻¹	M. totale m ³ ha ⁻¹	ImM _t m ³	Ic M _t m ³
1972 dd * 20		2358			4 - 19	12,73	8,3	14,0	7,9	12,0	60,39	37,88	98,27	4,91	9,77
1984 pd * 32		2354	4	0,0	4 - 26	24,38	11,5	19,2	14,9	19,2	177,59	37,88	215,47	6,73	
1984 ed * 32		1348				9,03	9,2		13,1			62,00			
1984 dd * 32		1006			8 - 27	15,35	13,9	19,2	16,5	19,2	115,59	99,88	215,47	6,73	8,79
1990	38	1004	2	0,0	6 - 30	20,69	16,2	22,0	17,2	20,0	168,32	99,88	268,20	7,06	
1996	44	1014	10	-0,2	8 - 33	26,17	18,1	24,6	19,4	22,3	236,33	99,88	336,21	7,64	7,11
1999 pd * 47		996	18	0,6	6 - 33	28,03	18,9	25,8	19,8	22,7	257,66	99,88	357,54	7,61	
1999 ed * 47		444				9,94	16,9		18,7			87,03			
1999 dd * 47		552			11 - 33	18,10	20,4	25,4	20,5	22,6	170,63	186,91	357,54	7,61	6,68
2004	52	548	4	0,1	12 - 35	20,44	21,8	26,9	21,8	24,3	204,02	186,91	390,93	7,52	

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

Tabella 2d - TESI DI AVVIAMENTO (T4). Cronologia della dinamica di accrescimento attraverso i successivi inventari.*Thinned thesis (T4). Chronology of growth dynamics over the subsequent inventories.*

Inv. anno	Età	Polloni n ha ⁻¹	Mort./ing. (Δn)	Δn/nΔt *100	Var. diam. cm	G m ² ha ⁻¹	dg cm	d dom cm	hg m	h dom m	M. corrente m ³ ha ⁻¹	M. interc. m ³ ha ⁻¹	M. totale m ³ ha ⁻¹	ImM _t m ³	Ic M _t m ³
1972 dd * 20		1560			4 - 22	12,37	10,0	15,7	10,1	12,8	60,40	75,24	135,64	6,78	11,23
1984	32	1552	8	0,0	5 - 29	25,49	14,5	22,3	16,8	20,5	195,17	75,24	270,41	8,45	
1990	38	1542	10	0,1	5 - 32	31,57	16,2	25,1	17,2	21,0	260,69	75,24	335,93	8,84	
1996 pd * 44		1436	106	1,1	7 - 36	37,18	18,2	28,3	19,4	23,6	343,15	75,24	418,39	9,51	13,74
1996 ed * 44		744				11,21	17,0		18,8			90,73			
1996 dd * 44		692			9 - 36	25,97	21,9	28,3	21,1	23,6	252,42	165,97	418,39	9,51	7,14
2004	52	668	24	0,4	12 - 40	29,65	23,8	30,8	22,8	25,8	309,50	165,97	475,47	9,14	

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

soprasuolo accessorio (GUIDI 1976; FABBIO e AMORINI, *questo volume*) aveva l'obiettivo di agevolare il taglio, l'allestimento e l'esbosco del materiale di risulta del diradamento in un ambiente montano meno facile per le maggiori pendenze e la topografia più accidentata, ma anche quello di prelevare un volume intercalare non trascurabile destinato altrimenti a trasformarsi in necromassa.

I rilievi successivi

Nel seguito del monitoraggio fino all'attualità, e successivamente al rilievo iniziale del 1972, sono stati eseguiti inventari di tipo dendrometrico e descrittivo della composizione specifica, dell'articolazione per piani sociali, della struttura orizzontale e verticale, della dinamica della popolazione negli anni 1984, 1990, 1996, 1999 e 2004. La soglia minima di misura del diametro a 1,30 m è stata sempre pari a 3 cm.

I diradamenti della fustaia da polloni

A 12 anni dall'esecuzione del taglio di avviamento (32 anni), sono state diradate le due parcelle a densità di rilascio superiore (T3) ed intermedia (T1). L'intervento è stato posticipato nella tesi a minore densità iniziale (T4) per valutare un maggiore intervallo dal primo diradamento. Due gli obiettivi di questi interventi: completare il modellamento iniziato con l'avviamento e sostenere l'accrescimento successivamente alla ricostituzione della copertura, completata già nella prima metà del periodo. Il criterio adottato ha individuato in primo luogo i polloni (e le matricine) che, per stato vegetativo, posizione sociale (predominanti e dominanti), forma del fusto, conformazione e sviluppo della chioma, distribuzione spaziale, potevano costituire i punti di riferimento fino alla maturità del soprasuolo. Particolare attenzione è stata data anche in questa occasione agli individui di specie diverse inseriti nel piano principale, liberandoli dove necessario dalla concorrenza dei vicini della specie prevalente cerro. Polloni intermedi ai dominanti sono stati poi rilasciati con funzioni di allevamento e per mantenere una copertura relativa del suolo. Sono stati viceversa totalmente eliminati i polloni già dominati rilasciati per i medesimi motivi al taglio di avviamento.

Il primo diradamento della tesi (T4) è stato effettuato 24 anni dopo l'esecuzione del taglio di avviamento (età 44 anni). Le tesi (T1) e (T3) sono state nuovamente diradate nel 1999, a distanza di 15 anni dal precedente intervento. Il metodo seguito, coerente

ai criteri adottati in precedenza, si è adattato alla struttura reale del soprasuolo tenendo fermi i due criteri generali del rilascio dei migliori soggetti e del mantenimento di una copertura regolare del suolo.

Implementazione dei contenuti e degli strumenti di indagine

Ai protocolli dendrometrico e colturale si sono affiancati, nel seguito del lavoro, altri rilievi e indagini utili a produrre maggiore conoscenza su aspetti specifici della dinamica del bosco.

Due successive relazioni allometriche sono state costruite per stimare la massa corrente ed intercalare alle età di 20 e 32 anni (AMORINI e FABBIO 1988). La seconda relazione è stata utilizzata anche per l'inventario successivo (38 anni) (AMORINI 1994). Nel seguito del monitoraggio, la disponibilità del modello di previsione costruito per i soprasuoli della Toscana (AMORINI *et al.* 2000) ha consentito di ricalcolare i volumi a 38 anni con l'equazione generale che possiede una migliore copertura del campo ipso-diametrico per questa età. Lo stesso modello è stato poi utilizzato per i successivi inventari (così come per il sito di Caselli). I volumi all'età di 38 anni riportati nella Tabella 2 sono per questo superiori a quelli stimati da AMORINI (*op. cit.*) tra il 5 ed il 7%.

Due contributi (AMORINI e FABBIO 1988 e 1989) esaminano nel dettaglio la dinamica dendro-strutturale ed auxonomica nei primi 12 anni di monitoraggio. Altri contributi comprendono il terzo inventario (1990) e trattano: della dinamica della popolazione arborea nella tesi di controllo in funzione della competizione interindividuale e del ruolo svolto dalle specie componenti (FABBIO 1994); dell'evoluzione della struttura, composizione specifica ed accrescimento per l'intero protocollo (AMORINI *op. cit.*); della stima dell'indice di area fogliare e della produzione di lettiera e di altri indici di produttività (CUTINI 1994a,b, 1997 e CUTINI e HAJNY, *questo volume*); della presenza/frequenza e comportamento eco-fisiologico delle specie principali ed accessorie (GRIGNETTI, VITALE e MANES 1994); dei caratteri del suolo in rapporto alla selvicoltura applicata (DOWGIALLO e PASQUINI 1994).

Risultati

Analisi dendro-auxonomica e strutturale dai 20 ai 52 anni

La cronologia dei parametri misurati, calcolati e stimati per ciascuna tesi e unità di superficie (ettaro)

attraverso l'intero periodo di osservazione (1972-2004) è rappresentata nella Tabella 2a-b-c-d. Si analizzano di seguito lo sviluppo dendro-auxonomico e strutturale per la tesi controllo (T2c) e per le tre tesi di diradamento (T1, T3 e T4). Gli intervalli tra gli inventari sono variabili da 12 a 3 anni in funzione delle diverse età dei diradamenti alle quali è stato realizzato anche l'inventario complessivo. Per ciascun intervento sono riportati la situazione *ante*, *post* ed i parametri relativi. L'andamento dei dati principali rappresentati nella Tabella 2 è sviluppato anche in forma grafica: la riduzione della densità e la progressione dei valori di area basimetrica e altezza dominante (Figura 1); la variazione del numero di polloni e di ceppaie e l'andamento della mortalità nella tesi di controllo (Figura 2); la collocazione dell'area di mortalità e della componente dominante nella distribuzione complessiva all'ultimo inventario nella tesi controllo (Figura 3); la variazione del numero dei polloni e lo sviluppo della mortalità nelle tesi di avviamento (Figura 4); gli andamenti della massa totale e corrente nelle tesi di controllo e diradate (Figura 5); gli incrementi medio e corrente di volume (massa totale) in Figura 6.

Una notazione sulla definizione di *massa totale* e dei relativi incrementi, così come riportata nelle tabelle e nei grafici. Nelle tesi diradate *massa totale* = *corrente* + *intercalare* a meno della mortalità naturale occorrente tra i successivi interventi. Nella tesi di controllo *massa totale* esprime propriamente la *massa principale naturale* (*sensu* HELLRIGL), cioè la massa totale a meno della mortalità. Il termine *massa*, è utilizzato come sinonimo di *volume arboreo* e riferito al fusto intero o svettato.

Il rapporto percentuale in area basimetrica tra le specie e per l'intero periodo di osservazione e per tesi è descritto nella Figura 7.

La dinamica distributiva della popolazione per tesi fino al 1990 è illustrata nella Figura 8 dove sono distinte la specie principale (cerro), il carpino nero (seconda per ordine di presenza), le altre specie (accessorie). Il periodo successivo 1990-2004 è riportato in Figura 9.

La tesi di controllo (T2c)

La densità iniziale elevata (8316 polloni) (Tabella 2a) si riduce nel periodo 20-52 anni a poco più di 2000 soggetti (2058) con un andamento non lineare come evidenziato anche dalla curva di mortalità (Figura 2). Dividendo il periodo di osservazione negli intervalli

fissati dai successivi inventari, si ha una forte riduzione nei primi 12 anni (-2900 unità [20-32 anni]), un ritmo di mortalità di poco inferiore nei successivi 6 anni (-1364 unità [32-38 anni]) che porta la consistenza della popolazione a circa la metà di quella iniziale. Segue ancora un andamento simile nell'intervallo successivo di 6 anni (-1274 unità [38-44 anni]). Quest'ultima soglia di età segna l'inizio di un tasso di mortalità decisamente minore (-720 unità) negli ultimi 8 anni (fino a 52).

Il numero di ceppaie complessivamente considerate, indipendentemente quindi dalla specie (cerro, carpino nero o altre specie) e dal rango sociale dei polloni portati (da almeno 1 dominante fino a tutti dominati) mostra viceversa due picchi simili ma distinti di mortalità; il primo tra i 20 e i 32 anni, il secondo tra i 38 ed i 44 anni. La diversa combinazione polloni/ceppaie tra le due specie prevalenti (cerro e carpino nero) in termini di numerosità, consistenza numerica per unità ceppaia e posizione nella struttura verticale, è illustrata fino all'età di 38 anni nei lavori già editi, cui si rimanda.

L'area basimetrica registra una progressione circa uguale intorno a 0,5 m²/ettaro/anno dai 20 (24,23 m²) ai 38 anni (33,27 m²), quindi una flessione dell'incremento (0,28) tra i 38 ed i 44 anni. Si ha quindi la culminazione del parametro all'età di 44 anni (34,95 m²) e successivamente un decremento di quasi 2 m² fino ai 52 anni. Il valore di mortalità in termini di area basimetrica registrato all'ultimo inventario (52 anni), che somma però soltanto le piante trovate morte in piedi (442 su 720 morte nell'intervallo 1996-04), è pari a 2,17 m² ad ettaro. Questo dato parziale, già superiore al decremento assoluto misurato nello stesso periodo sulla popolazione viva (-1,81 m²), segnala che la mortalità supera l'accrescimento reale e che non vi è quindi presenza di stagnazione incrementale. L'area di mortalità nella distribuzione dimensionale è illustrata nella Figura 3. Il grafico descrive la sua collocazione nella frazione dominata della popolazione, il rapporto con le frequenze complessive e con la componente dominante, interessata solo marginalmente dal fenomeno.

La variazione dei diametri medio e dominante nell'intero periodo di osservazione è ampia (6,1→14,3 e 14,5→33,7 cm, rispettivamente). I due parametri continuano ad aumentare anche nell'ultimo intervallo, a conferma dell'accrescimento reale nonostante la regressione del valore di area basimetrica corrente.

L'altezza media, calcolata sulla curva ipsometrica

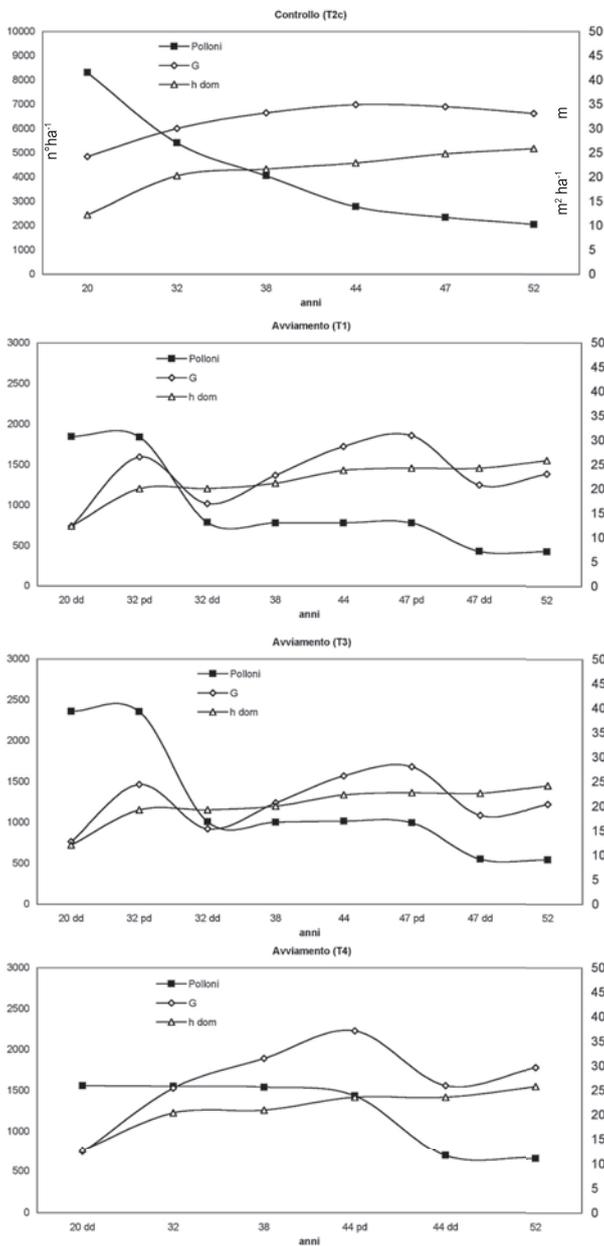


Figura 1 - Variazione del numero dei polloni, dell'area basimetrica e dell'altezza dominante ai successivi inventari (tutte le tesi).
Variation of shoot density, basal area and top height over the subsequent inventories (all theses).

a ciascuna età in base all'albero di g_{media} , ha una variazione complessiva da 7,1 (20 anni) a 17,4 m (52 anni) e un incremento corrente lentamente decrescente da 0,42 (20-32 anni) a 0,33 (32-44 anni) a 0,15 m (44-52 anni). L'altezza dominante varia da 12,2 m (20 anni) a 25,9 m (52 anni) con incremento corrente variabile

da 0,7 (20-32 anni) a 0,35 (32-44 anni) a 0,18 m (44-52 anni). Come già osservato per il diametro, anche i valori di altezza continuano a crescere, seppure in misura sempre più ridotta, fino al termine dell'attuale periodo di osservazione.

La massa totale (a meno della mortalità naturale non censita) varia da 107,09 (20 anni) a 312,36 m³ (52 anni); la progressione dell'accrescimento (Figura 5) è esplicitata dai valori incrementali (Figura 6). La culminazione dell'incremento medio avviene subito i 40 anni con un valore di quasi 7 m³; successivamente la diminuzione è di circa 1 m³ fino ai 52 anni. L'incremento corrente ha un valore iniziale di 8,60 m³ ed è ancora crescente tra i 32 ed i 38 anni (8,76); il valore crolla successivamente 0,28 m³.

Il rapporto percentuale in area basimetrica tra le due specie principali e le *altre* specie attraverso l'intero periodo di osservazione (Figura 7) evidenzia rapporti relativamente costanti dai 20 ai 32 anni (1984), una successiva divaricazione tra cerro (\uparrow) e *altre* (\downarrow) fino ai 44 anni (1996) con il carpino che mantiene una presenza invariata, ancora un aumento del cerro e delle *altre* specie fino ai 52 anni (2004) ed una flessione del carpino nero. I valori iniziali 61,4 (cerro) 31,6 (carpino nero) e 7,0 (*altre*) diventano rispettivamente 64,0 \uparrow ; 31,0 \downarrow e 5,0 \downarrow all'età di 44 anni e 66,5 \uparrow ; 26,5 \downarrow e 7,0 \uparrow a 52 anni, ultima età documentata.

La dinamica dimensionale della popolazione per le specie componenti (cerro, carpino nero, *altre* specie) (Figure 8 e 9), mostra la progressiva normalizzazione delle frequenze di diametro per le due specie principali da una forma esponenziale (tipica delle popolazioni giovani) ad una gaussiana fortemente asimmetrica a sinistra che, nel caso del cerro, va a formare mode secondarie nella parte destra in corrispondenza del maggiore sviluppo diametrico dei polloni dominanti. Le *altre* specie (sporadiche) mantengono la forma esponenziale e riducono progressivamente le frequenze iniziali di entrata a misura fino all'ultimo periodo quando, in corrispondenza del decremento in area basimetrica complessiva, si inverte la tendenza e le specie accessorie registrano positivamente l'effetto *mortalità* a carico delle principali.

La distribuzione spaziale delle ceppaie è irregolare; la superficie comprende piccole aree inerbite ma prive di qualsiasi forma di ricolonizzazione arborea (le vecchie aie carbonili) e chiare naturali od originate da schianti, che rappresentano gli unici vuoti della copertura superiore altrimenti piena (90-100%). Le ceppaie

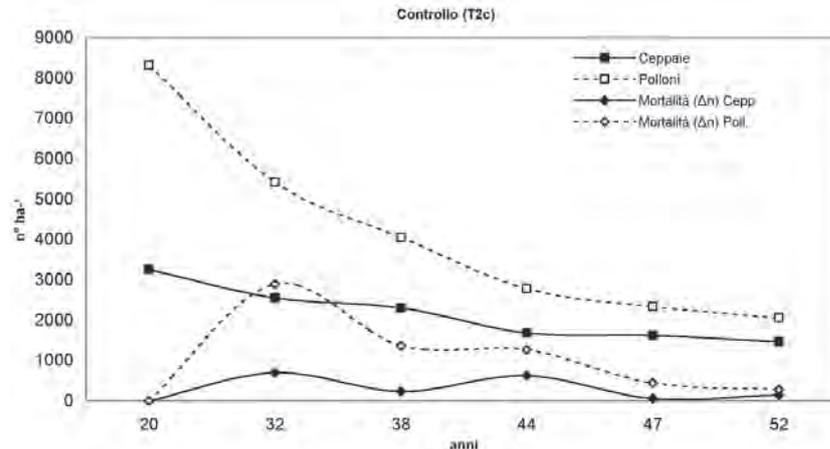


Figura 2 - Variazione del numero dei polloni e delle ceppaie e mortalità assoluta nella tesi di controllo (T2c) ai successivi inventari. *Variation of shoot and stool density and mortality rate (number) in the control thesis (T2c) (all tree population above the minimum threshold = 3 cm) over the subsequent inventories.*

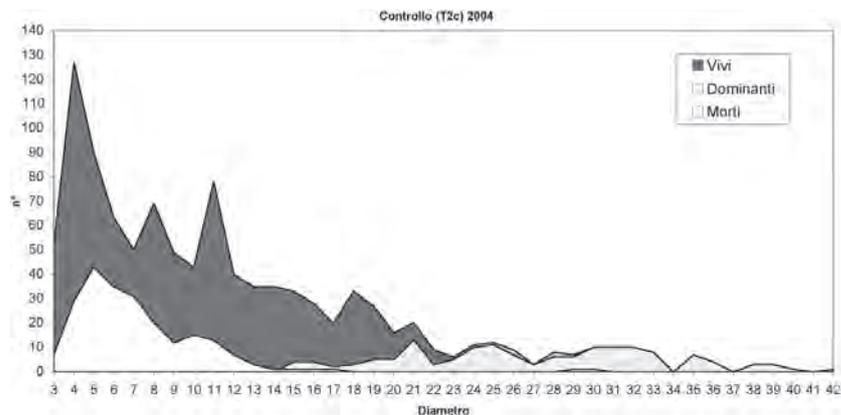


Figura 3 - Distribuzione delle frequenze diametriche degli alberi vivi, morti e della componente dominante nella tesi di controllo (T2c) all'inventario 2004. *Frequency distributions per dbh classes: living trees, dead trees and dominant tree population in control thesis (T2c) at the inventory 2004.*

dominate rappresentano la parte residuale del piano inferiore in precedenza molto più sviluppato e diffuso, in cui maggiormente ha inciso la mortalità naturale. Le specie presenti sono carpino nero, orniello, acero campestre e opalo, sorbo domestico; in forma sporadica faggio, carpino bianco, acero montano, ciavardello, sorbo montano, nocciolo, ciliegio e perastro. Tra gli arbusti, il biancospino, il corniolo e la sanguinella. Nei punti dove la pendenza aumenta (50-70%), il carpino nero prevale sul cerro. Presente rinnovazione da seme (2-3 anni) di cerro, faggio, ciliegio, acero montano e orniello. La struttura verticale si articola in ceppaie vigorose disposte irregolarmente e alternate a vuoti

su cui si allargano le chiome dei polloni dominanti. In questo piano, specie accessorie al cerro sono il carpino nero ed alcuni ciliegi di grossa taglia.

Le tesi di avviamento (T1, T3 e T4)

Le tre aree, di cui sono disponibili (Tabella 2bcd) la stima della massa prima dell'avviamento variabile da 98 (T3) a 112 (T1) e 136 m³ (T4) e le masse diradate rispettivamente di 38, 52 e 75 m³ pari al 38,6; 46,5 e 55,5 % della consistenza iniziale, sono descritte successivamente all'intervento. Questo realizza densità unitarie di 2358 (T3), 1848 (T1), 1560 (T4) polloni, ma valori molto simili di area basimetrica (circa 12

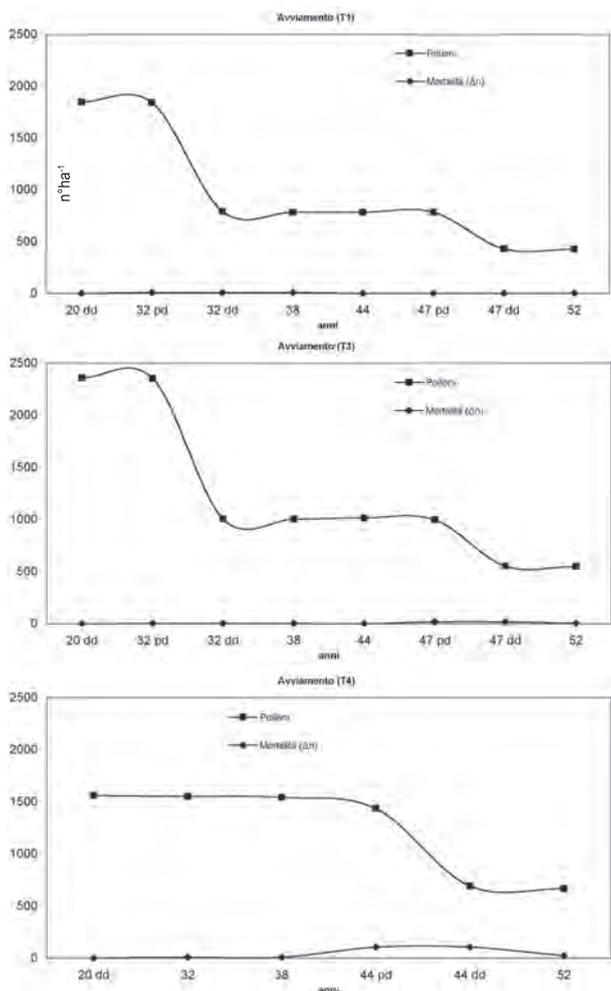


Figura 4 - Variazione del numero dei polloni e mortalità assoluta nelle tesi di avviamento ai successivi inventari.
Variation of shoot density and mortality pattern (number) in the thinned theses (all tree population above the minimum threshold = 3 cm) over the subsequent inventories.

m²), diametro (8-10 cm) ed altezza (8-10 m) medi, che originano una massa principale di circa 60 m³. La variazione demografica successiva (Figura 4) è dovuta soprattutto ai diradamenti perché la mortalità naturale o accidentale è trascurabile od assorbita da quella colturale (prelievi) attraverso l'intero intervallo di osservazione.

La progressione media annuale dell'area basimetrica è elevata fino ai 32 anni in tutte le aree: 1,18 (T1); 0,97 (T3); 1,09 m² (T4); nei successivi 12 anni (→ 44 anni) e dopo il primo diradamento nelle tesi T1 e T3 (32 anni), l'incremento si mantiene circa uguale pari a 0,98 (T1) e 0,90 m² (T3). Anche la tesi T4, non diradata,

mantiene nello stesso intervallo il valore di 0,98 m², di poco inferiore al precedente. Nei tre anni successivi, che precedono il secondo diradamento nelle tesi T1 e T3 (47 anni), i valori diminuiscono a 0,75 e 0,62 m². L'ultimo periodo di cinque anni (47-52), nonostante l'effetto atteso dell'intervento, registra la diminuzione dell'incremento intorno a 0,5 m²/anno (0,46-0,47), uguale a quello della tesi T4 (0,46) negli otto anni (44-52) successivi all'unico diradamento.

Il taglio di avviamento ed i successivi diradamenti producono un effetto sensibile sui valori di diametro medio dagli 8-10 cm iniziali ai 22-26 cm all'età massima osservata, contro una variazione totale di 6→14 cm registrata nella tesi di controllo. Il diametro dominante non è influenzato dal trattamento: da 14-16 cm (20 anni) a 27-32 cm (52 anni) nelle tre tesi avviate rispetto ai 14→34 cm nel controllo.

L'altezza media nelle tesi diradate, funzione della variazione del diametro medio conseguente gli interventi, mostra incrementi correnti variabili da quasi 0,6 m (20-32 anni), a circa 0,4 m (32 a 44 anni) e 0,3 m negli ultimi 8 anni nelle tesi T1 e T3. La variazione nella tesi T4 è coerente con il diverso intervallo e numero di diradamenti. I valori iniziali e finali di altezza dominante sono simili tra le tesi diradate e la tesi di controllo (12-13 m a 20 anni→23-26 m a 52 anni).

L'andamento dell'accrescimento in volume è illustrato in Figura 5. La massa corrente raggiunge all'età attuale i 250 (T1), 204 (T3) e 310 (T4) m³. Sommando i valori di massa intercalare 52 + 68 + 94 m³ (T1); 38 + 62 + 87 m³ (T3); 75 e 91 m³ (T4), la massa totale diventa pari a 465 (T1), 391 (T3) e 475 (T4) m³. Le masse intercalari complessive dai 20 ai 52 anni sono di 214 (T1), 187 (T3) e 166 m³ (T4). I corrispondenti valori percentuali rispetto alla massa corrente sono elevati e pari a 85,6 (T1), 91,6 (T2) e 53,6% (T4). L'incremento medio e corrente di volume (Figura 6) producono andamenti speculari per le tre tesi, tranne che per l'ultimo tratto della tesi T4 in cui il valore di incremento corrente, non sostenuto dal secondo diradamento, continua la tendenza successiva alla culminazione. L'incremento medio ha una variazione prolungata ed appiattita che ha il punto di massimo intorno ai 45 anni con valori compresi tra 7,6 e 9,5 m³. La progressione inizia da 4,9-6,8 m³ (20 anni) per concludersi tra i 7,5-9,1 m³ (52 anni), valori ancora vicini a quelli di culminazione e sensibilmente superiori a quelli iniziali. L'incremento corrente, molto più puntuale nelle variazioni, è leggermente decrescente nell'intervallo 32-38 anni, quindi ha

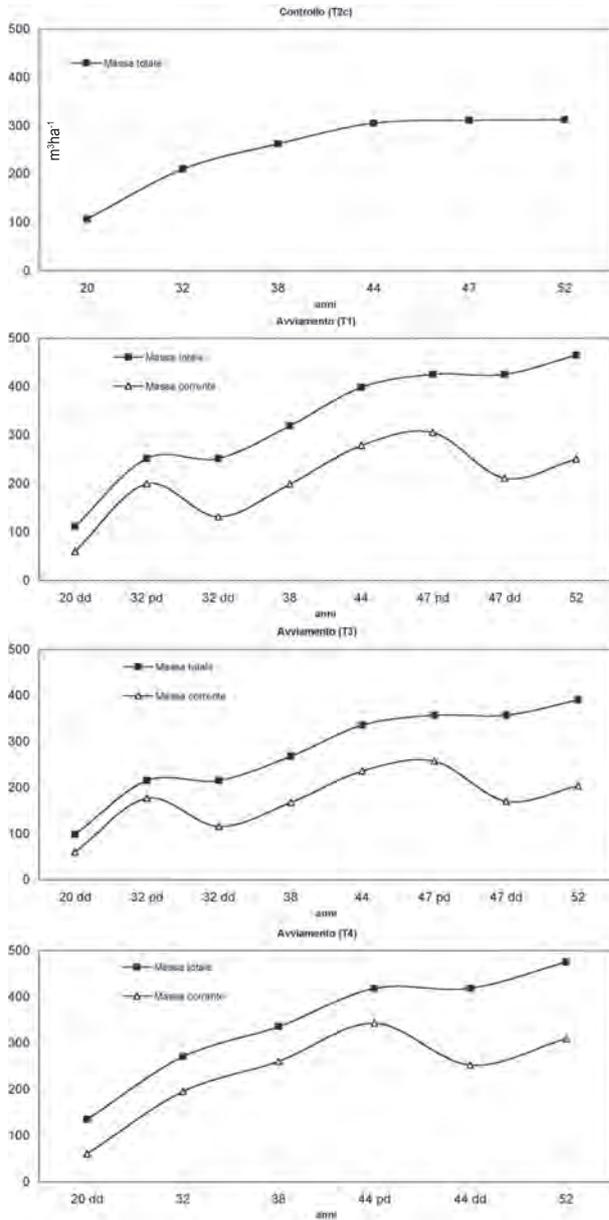


Figura 5 - Andamento della massa totale e della massa corrente attraverso i successivi inventari. (tutte le tesi).
Development of total and current stand volume as a function of stand age (all theses).

una accelerazione che lo porta a culminare a ridosso del medio (41 anni) e poi una diminuzione altrettanto rapida, interrotta dal diradamento nelle tesi T1 e T3. I valori iniziali sono compresi tra 9,8 e 11,7 m³, quelli di culminazione tra 11,3 e 13,7 m³, quelli finali tra 6,7 e 7,8 m³.

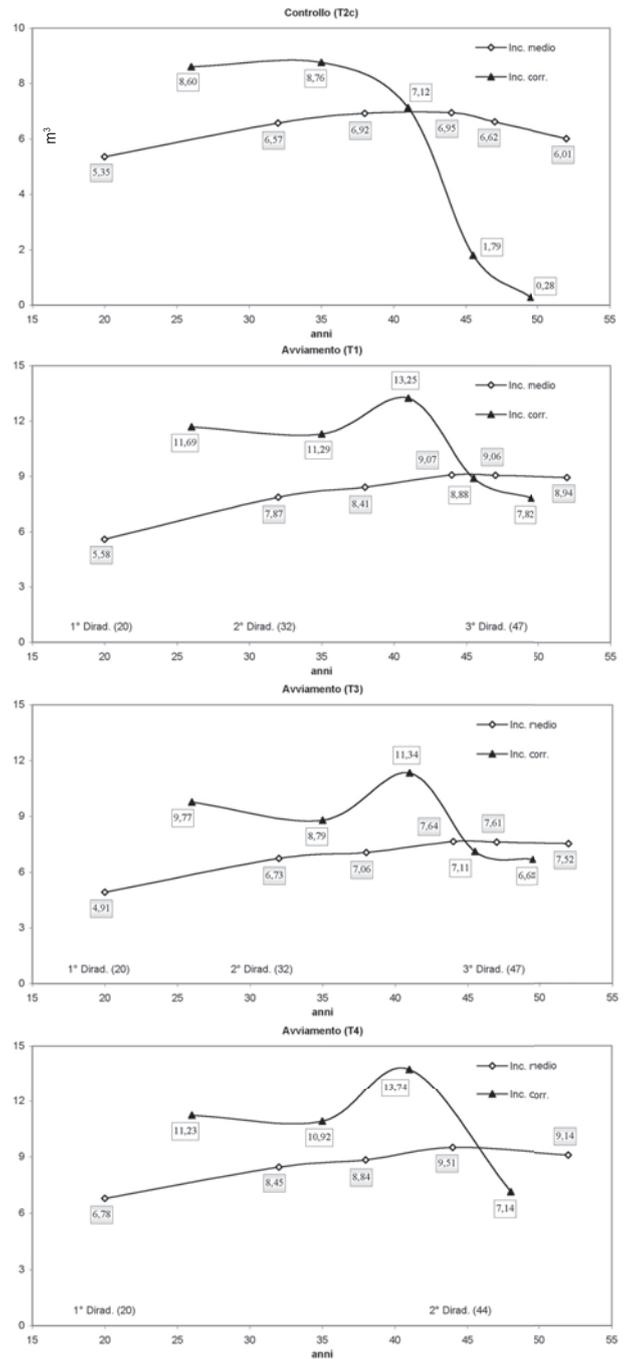


Figura 6 - Variazione degli incrementi medio e corrente di volume (massa totale) in funzione dell'età (tutte le tesi).
Variation of mean and current annual volume increment (total yield) as a function of stand age (all theses).

Il rapporto percentuale in area basimetrica tra le specie componenti (Figura 7) individua la maggiore prevalenza del cerro rispetto al carpino creata con il taglio di avviamento e ancora ampliata ai successivi diradamenti, in comparazione con la tesi di controllo. La netta prevalenza della specie principale mantiene

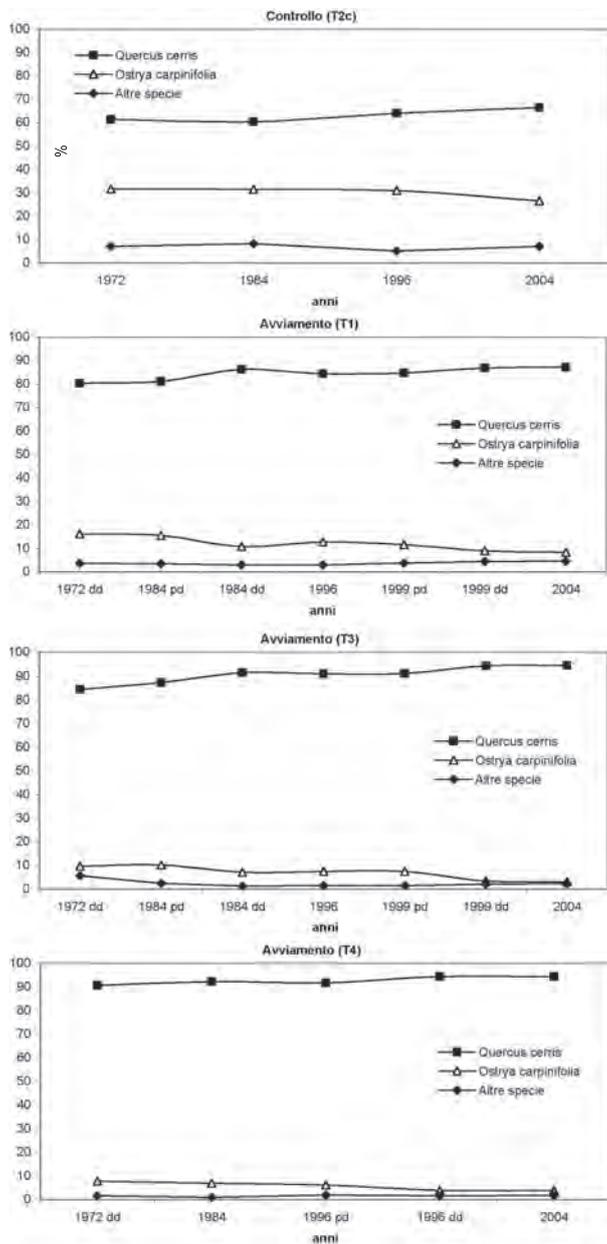


Figura 7 - Variazione dei rapporti percentuali in area basimetrica tra le specie componenti nel periodo di osservazione (tutte le tesi).

Variation of percentage ratio (basal area) between the tree species over the observed period (all theses).

le *altre specie* su un livello minimo circa costante attraverso tutto il periodo di osservazione e fino all'attualità.

La dinamica dimensionale della popolazione per specie componenti (Figure 8 e 9) descrive la modifica operata dal taglio di avviamento e lo sviluppo successivo. Il confronto con la tesi di controllo evidenzia la

rimozione integrale dei diametri medio-piccoli che normalizza le distribuzioni; le frequenze si spostano quindi in funzione dell'accrescimento diametrico mantenendo la forma gaussiana e sono ulteriormente modificate dai diradamenti che accelerano la loro traslocazione. Si evidenzia nell'ultimo periodo la maggiore dispersione delle specie accessorie che tendono a formare popolazioni frazionate dipendenti dalla collocazione più articolata nel profilo verticale, che origina sviluppi diametrici differenziati.

La distribuzione dei polloni sul terreno è molto più omogenea nelle tesi diradate per la sterzata operata dai diradamenti che ha allevato almeno un pollone su un numero relativamente elevato di ceppaie, dato l'accesso al piano dominante ancora diffuso all'età iniziale di applicazione del trattamento. La copertura superiore è relativamente elevata e pari all'80-90%. Un piano accessorio ricco di specie arboree ed arbustive di altezza media da 3 a 4-5 m è presente in modo diversificato nelle tre aree. Uniforme e denso nella tesi T1, collocata in posizione più riparata ed ambiente più umido, è quasi altrettanto sviluppato ma meno diffuso nella tesi T3, mentre è molto più rado e localizzato nella tesi T4, dove gli arbusti prevalgono sulle arboree. Le specie componenti sono carpino nero, orniello, acero campestre e opalo, sporadici acero montano, ciliegio, sorbo domestico e montano, nocciolo. Tra gli arbusti il biancospino, la sanguinella, la rosa canina, il prugnolo, il ginepro comune, quest'ultimo localizzato nelle situazioni più aperte dove è minore la presenza di arboree e prevalgono le arbustive. Presente rinnovazione da seme (semenzali di alcuni anni) di cerro, carpino nero, acero opalo, faggio, ciliegio, orniello, acero campestre e sorbo montano. La rinnovazione naturale è sicuramente condizionata dalla scarificazione andante del suolo prodotta dai cinghiali e selezionata dagli altri selvatici.

La struttura verticale mostra punti di maggiore sviluppo in altezza del piano dominato laddove esistono lacune nella copertura superiore e la luce penetra intensa; qui si avvantaggiano acero opalo, orniello, carpino nero, ciliegio e sorbo montano che formano densi nuclei di vegetazione. Il piano principale dominato dal cerro, ma con presenza localizzata di grossi fusti di carpino nero e ciliegio, appare già articolato in individui dominanti, subdominanti e recessivi, nonostante i pochi anni intercorsi dall'ultimo diradamento che pure ha inciso sulla continuità della copertura.

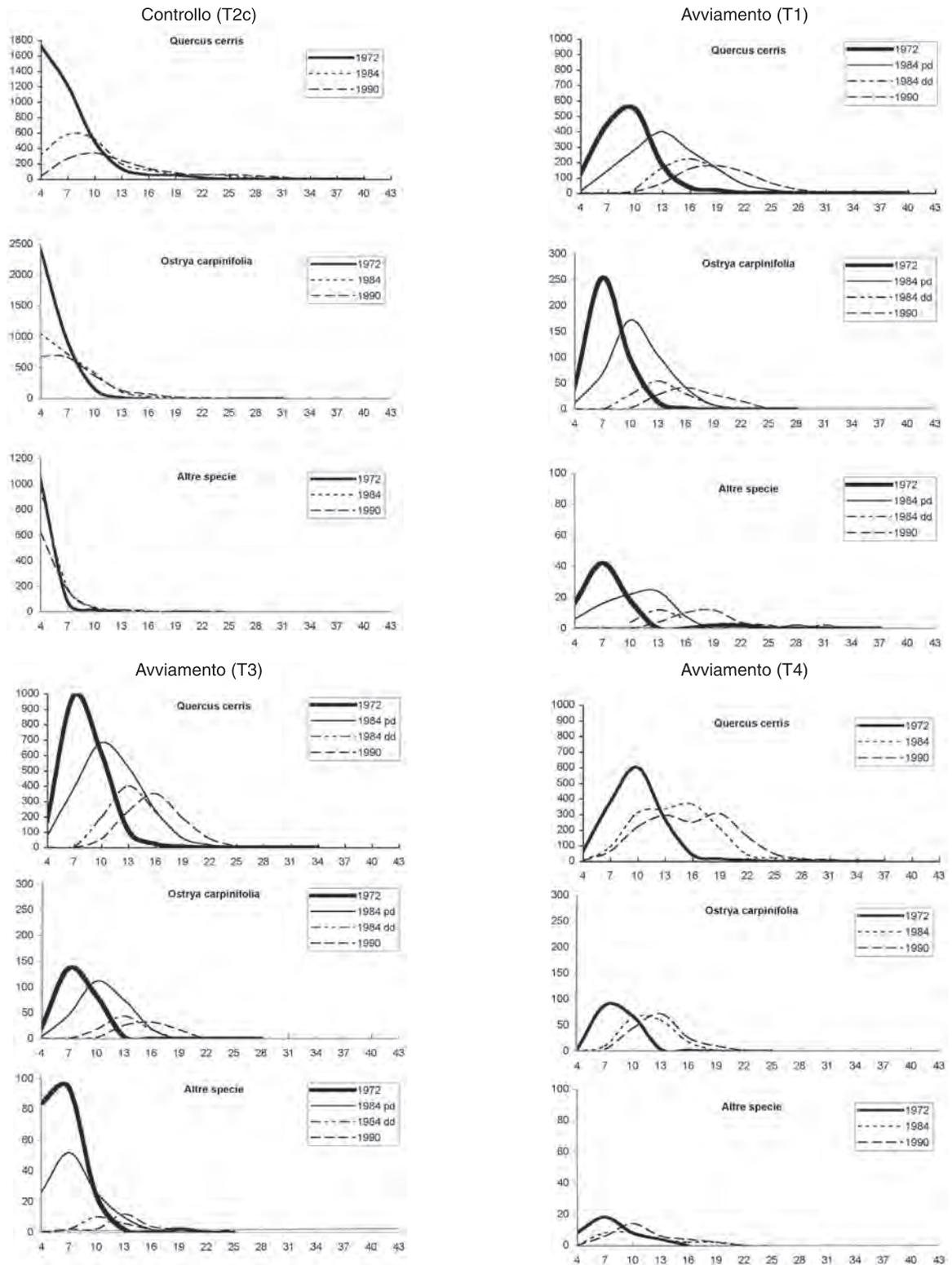


Figura 8 - Dinamica delle popolazioni attraverso i successivi inventari (1972-1990): variazione delle frequenze della distribuzione dimensionale (classi di diametro) nelle tesi di controllo (T2c) e di avviamento (T1-T2-T3). Nella lettura tenere presente le scale differenti in ordinata.
Dynamics of tree size distributions (dbh) over the subsequent inventories (1972-1990). Control (T2c) and thinned theses (T1-T2-T3). Take note of the different scale in the ordinate.

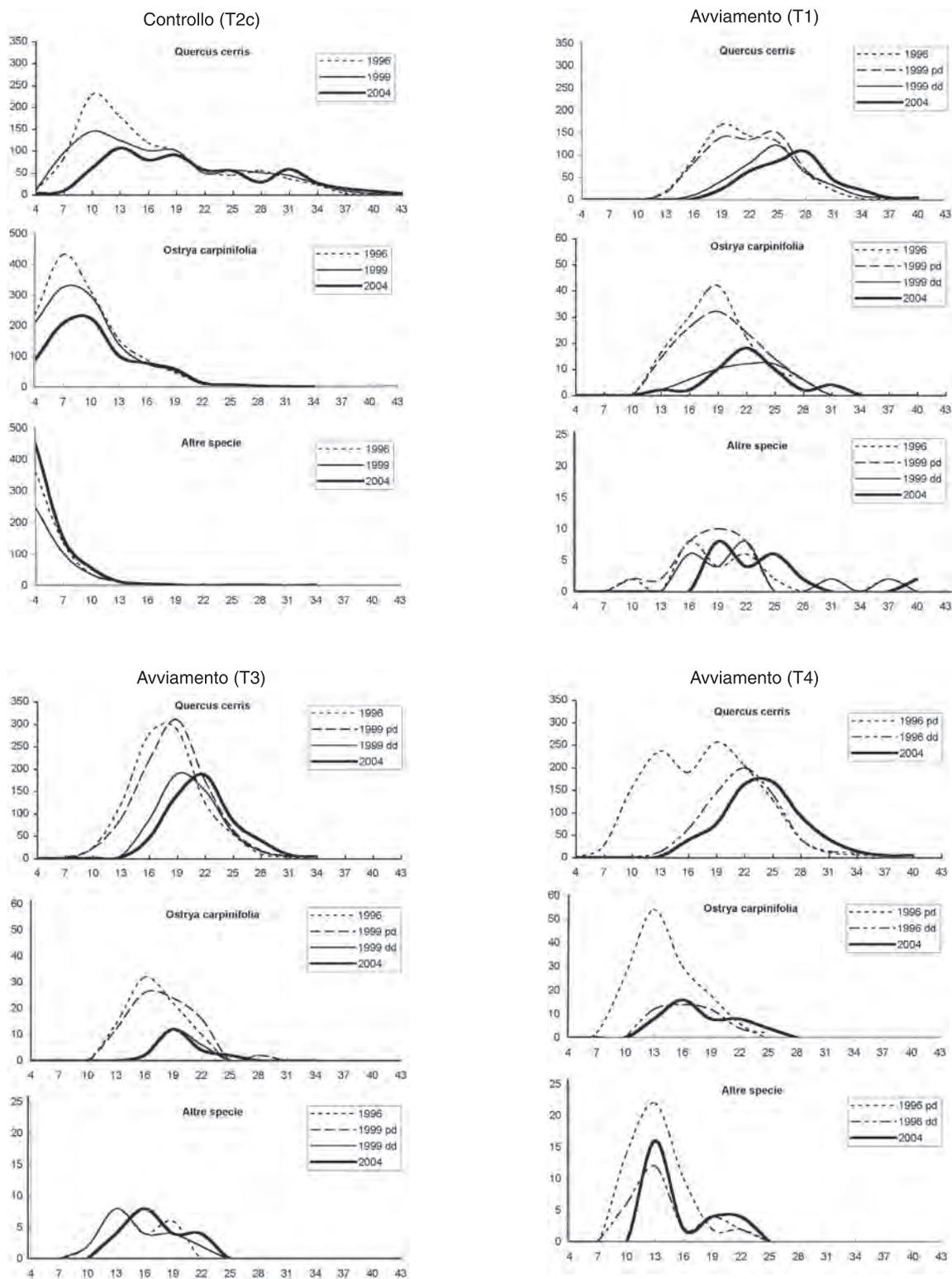


Figura 9 - Dinamica delle popolazioni attraverso i successivi inventari (1996-2004): variazione delle frequenze della distribuzione dimensionale (classi di diametro) nelle tesi di controllo (T2c) e di avviamento (T1-T3-T4). Nella lettura tenere presente le scale differenti in ordinata.
Dynamics of tree size distributions (dbh) over the subsequent inventories (1996-2004). Control (T2c) and thinned theses (T1-T2-T3). Take note of the different scale in the ordinate.

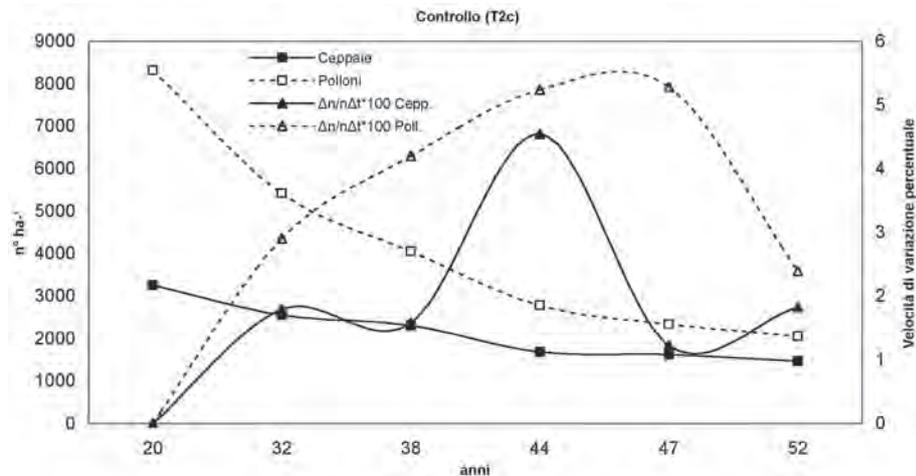


Figura 10 - Variazione del numero dei polloni e delle ceppaie e mortalità percentuale nella tesi di controllo (T2C) attraverso i successivi inventari.
Variation of shoot and stool number and percentage mortality rate in the control thesis (T2C) over the subsequent inventories

Discussione

La tesi di controllo (T2c)

La dinamica numerica della popolazione mostra una riduzione rapida fino ad un'età intermedia tra i 40 e i 50 anni, che conclude una prima fase di intensa mortalità *regolare* (*sensu* OLIVER e LARSON 1990). Il periodo successivo registra un rallentamento deciso che assesta comunque la consistenza a 52 anni su $\frac{1}{4}$ circa della numerosità iniziale. Anche la mortalità delle ceppaie, che avviene in tempi differenziati e non in modo progressivo come la precedente, si riduce molto tra i 40 ed i 50 anni. Lo stesso intervallo di età corrisponde anche alla culminazione dei valori di area basimetrica e di incremento medio di volume. Tutti i parametri convergono quindi ad indicare la conclusione di una fase e l'inizio di una successiva, a partire da una condizione di neof ormazione che procederà probabilmente con una dinamica diversa. Il periodo di osservazione attuale consente di esplorarne l'inizio, caratterizzato dalla regressione del valore corrente di area basimetrica ma ancora dall'incremento dei parametri fondamentali (diametro ed altezza medi e dominanti). La mortalità, pure ridotta rispetto agli intervalli di età precedenti, va infatti ad incidere per la prima volta sul parametro (G) che convenzionalmente riassume l'occupazione dello spazio di crescita orizzontale. Il paradosso apparente si spiega calcolando l'impatto della mortalità come velocità di variazione percentuale della numerosità della popolazione (ODUM 1971). Il calcolo, che tiene conto della variazione nell'intervallo a partire dalla

consistenza iniziale nello stesso (Figura 10), indica infatti che il valore di picco si registra tra i 44 ed i 47 anni, preceduto di pochi anni da quello relativo alle ceppaie. La verifica che il soprassuolo continua a crescere (*incremento reale*_c > *mortalità corrente*_c) e la collocazione quasi totale dell'area di mortalità nella frazione dominata della popolazione (Figura 3), consentono una lettura coerente del fenomeno. La continuazione del processo sarà basata quindi sulla concentrazione della capacità portante e di accrescimento nella frazione dominante e sulla mortalità naturale che continuerà viceversa a procedere nella componente dominata ancora importante in termini numerici. Questa dinamica potrebbe ridurre ancora il valore complessivo di area basimetrica ad età maggiori. Solo il seguito del monitoraggio potrà accertare se la prima componente sarà capace di bilanciare il regresso in area basimetrica complessivo, ma la lettura del fenomeno dovrà continuare su un doppio livello (soprassuolo e frazione principale o dominante).

I valori di produzione primaria netta, tasso di assimilazione netta e rapporto biomassa fogliare/totale calcolati da CUTINI e HAJNY (*questo volume*) al 1990 e al 2004, diminuiscono nel periodo a conferma del rallentamento complessivo evidenziato a livello dendrometrico.

Il modello atteso di struttura, proprio perché a carico di una componente numericamente ridotta, avrà una soluzione spaziale irregolare ed è quindi prevedibile una tessitura orizzontale discontinua con vuoti nella copertura maggiori di quelli attualmente

rilevabili. Questo spazio inizia ad essere utilizzato dalle specie accessorie, in aumento in termini di area basimetrica relativa nell'ultimo intervallo. Il confronto numerico con le densità nelle tesi di avviamento (circa $\frac{1}{4}$) ed i valori di area basimetrica (da $\frac{2}{3}$ [T1 e T3] a circa 1 [T4]) alle stesse età, indica come la distribuzione precoce dei fusti sul terreno operi un vantaggio nell'utilizzazione dello spazio di crescita, spazio che non può essere viceversa ottimizzato in una evoluzione per via naturale che si costruisce e si concentra sui poli originariamente disponibili (ceppaie e/o polloni dominanti).

La dinamica in atto nel piano dominato ed a livello del suolo forestale (rinnovazione naturale), indica come l'ulteriore riduzione delle ceppaie di carpino nero rende disponibile un maggiore spazio di crescita per le altre specie già presenti o di nuovo insediamento. Il fenomeno ha luogo intorno ai 50 anni di età in corrispondenza della riorganizzazione in atto nel piano principale e della progressione della mortalità nel piano dominato. Interessante appare la presenza di semenzali di specie diverse, anche di pregio, che trovano un ambiente ecologico idoneo nel ceduo invecchiato ed evoluto. Specie naturalmente presenti nella fascia di transizione occupata dal cerro, ma rese sporadiche dalla forma di governo precedente, possano ritrovare *habitat* utili a mezzo secolo dall'ultima ceduzione. La permanenza sporadica nel piano principale di specie diverse associata al trasferimento del seme dalle aree circostanti, aprono uno scenario interessante per la composizione del soprassuolo futuro.

Le tesi di avviamento (T1, T3 e T4)

Il taglio di avviamento produce popolazioni numericamente diverse che esprimono però gli stessi valori dendrometrici, coerentemente con la struttura iniziale delle tre aree. Questo appare un primo punto di interesse applicativo dell'impostazione di GAMBÌ e MARTIOLI; la colturalità, esplicita nell'aderenza del criterio di diradamento alla struttura del bosco, si va a tradurre in numerosità differenziate ma in parametri complessivi simili. Altro carattere comune a tutte le aree diradate, attraverso l'intero periodo di osservazione, è la mortalità estremamente ridotta a significare che l'intervallo dei diradamenti ha prevenuto livelli di competizione elevati e tradotto in *mortalità colturale* il fenomeno naturale.

La progressione costante dei valori di area basimetrica nei successivi 24 anni in tutte le tesi indica una

buona collocazione temporale dei diradamenti nelle due aree con maggiore densità di rilascio iniziale (T1 e T3) e come un periodo di attesa doppio non abbia influito sulla dinamica incrementale della tesi T4, più intensamente diradata all'avviamento. Questo dato supporta il criterio di flessibilità nei tempi di ripetizione degli interventi e segnala come indicatore affidabile il valore dei parametri dendro-auxometrici correnti. Nel caso, la diminuzione dei valori incrementali negli anni immediatamente precedenti la realizzazione del secondo diradamento nelle tesi T1 e T3, indica l'utilità di procedere con il trattamento. La riduzione incrementale registrata nell'ultimo periodo nell'avviamento segnala la conclusione di una lunga fase di accrescimento sostenuto e, analogamente a quanto osservato nella tesi di controllo, l'inizio una dinamica diversa ad un'età compresa tra i 40 ed i 50 anni. Dal punto di vista biologico, ciò appare compatibile con le dimensioni dei polloni dominanti che raggiungono altezze di 23-26 m e diametri da 27 a 32 cm; è prevedibile quindi uno stadio di accrescimento più limitato, qui sul complesso più omogeneo e più regolarmente distribuito della popolazione, rispetto alla tesi di controllo. Questo appare essere l'elemento differenziale più significativo tra avviamento ed evoluzione naturale, dati i parametri simili della componente dominante nelle due popolazioni.

Gli stessi indicatori già citati per il controllo, calcolati per una delle aree diradate da CUTINI e HAJNY (*op. cit.*), evidenziano, nello stesso intervallo, un aumento della produttività primaria e del tasso di assimilazione netti, a fronte di una consistenza relativa tra biomassa fogliare e totale costante e circa uguale a quella della tesi di controllo.

Non si prevede nell'avviamento una variazione della struttura spaziale orizzontale, mentre è già in atto, a pochi anni dall'ultimo intervento, una re-articolazione verticale con individui recessivi dal piano dominante, altri condominanti o predominanti. Le chiome dei soggetti di maggiori dimensioni vanno allargandosi dall'inserzione verso la parte superiore. Il ripristino entro pochi anni della copertura successivamente a diradamenti che pure ne hanno interrotto in modo evidente la continuità è, come già segnalato per il sito di Caselli, il denominatore comune misurato in questo (CUTINI 1994a; CUTINI e HAJNY, *op. cit.*) come in altri siti sperimentali (CUTINI e BENVENUTI 1996; BENVENUTI e CANTIANI 2003) nell'intervallo di applicazione del trattamento dai 20 ad oltre 50 anni. La reattività

individuale ancora forte del cerro ad un'età tripla del turno adottato nell'ultimo periodo di ceduzione sembra essere il determinante del fenomeno. Il rapporto lettiera fogliare/totale ancora elevato (CUTINI e HAJNY, *op. cit.*), indica caratteri propri di un soprassuolo ancora lontano dalla maturità.

La densa vegetazione accessoria esistente in due delle tre aree diradate e la ricchezza specifica descritte, indicano (i) come il taglio iniziale del piano dominato ed il periodico alleggerimento della copertura superiore abbiano prodotto un'utile copertura del suolo, non tuttavia competitiva nei riguardi del soprassuolo principale selezionato con l'avviamento (non è avvenuto il ricaccio eccessivo delle ceppaie); (ii) che lo strato inferiore si rivela un ambiente complementare per composizione specifica e dinamica di sviluppo, agevolato in questo dalla foliazione tardiva del cerro e dalla sua copertura leggera; (iii) che questo ambiente raccoglie, conserva e sviluppa la ricchezza specifica potenziale della stazione. La presenza della rinnovazione naturale nonostante il disturbo evidente dei selvatici, l'occupazione immediata dello spazio verticale dove avvengono interruzioni anche temporanee della copertura superiore, la presenza di portasemi di specie diverse, consentono di prevedere fasi interessanti nel prossimo periodo di monitoraggio e fino alla maturità del soprassuolo di transizione alla rinnovazione da seme.

Conclusioni

Questo studio provvede una ulteriore serie di dati su un sito diverso per collocazione ma simile per età e periodo di monitoraggio rispetto a Caselli. L'ambiente di vegetazione appenninico integra qui quello collinare sub-costiero già esaminato. Si registrano andamenti comuni, fasi più precoci o ritardate, differenze nei parametri descrittivi dovute ai caratteri stazionali, all'adattamento eco-fisiologico della specie (es. la minore lunghezza del periodo di vegetazione alla quota più elevata), all'intensità di gestione dell'avviamento ad altofusto tra i due siti.

L'andamento auxonomico nelle tesi di controllo appare simile (accrescimento sostenuto successivamente alle età di normale ceduzione), ma diverso nei tempi di culminazione dell'incremento medio di massa che ritarda nella stazione appenninica intorno ai 40 anni; età che registra anche un massimo in area basimetrica, a segnare l'inizio di una nuova fase di

sviluppo. La stessa soglia non è ancora raggiunta nel sito di Caselli, dove ad una più precoce culminazione incrementale poco oltre i 30 anni, fanno seguito accrescimenti progressivamente più limitati ma valori di area basimetrica ancora crescenti al termine del periodo di osservazione (55 anni).

Il trattamento successivo all'avviamento è stato applicato in modo più intensivo nel sito di Valsavignone come espresso dai valori delle masse intercalari in percentuale della massa corrente all'attualità [86 (T1), 92 (T2) e 54% (T4); 29 (T1500) e 39% (T1100) a Caselli]. Gli intervalli tra taglio di avviamento e successivi diradamenti (12-24 anni) e gli andamenti incrementali relativi, indicano una ripetizione ottimale dell'intervento dai 15 ai 20 anni, in funzione della fertilità della stazione e delle densità di rilascio. In entrambi i siti le tesi di avviamento registrano all'attualità una diminuzione del ritmo incrementale che, se nel caso di Caselli ripropone l'utilità di un secondo diradamento a distanza di 15 anni dal precedente e unico intervento, per Valsavignone (a soli 5 e 8 anni dall'ultimo diradamento) indica un assestamento su valori minori di accrescimento. La rapida selezione di nuovi soggetti predominanti dimostra che il processo di competizione interindividuale continua in modo molto dinamico ad età superiori ai 50 anni.

Il diverso criterio iniziale della eliminazione del piano dominato all'avviamento (Valsavignone) e viceversa del rilascio quanto più possibile integrale (Caselli) origina, ad oltre 30 anni dall'inizio delle prove sperimentali, situazioni simili nei due siti. Lo sviluppo di questo strato di vegetazione converge quindi in un risultato comune a prescindere da scelte iniziali opposte, entrambe peraltro motivate dalla collocazione e giacitura diverse dei siti, così come dalla natura sperimentale delle prove realizzate. Ciò produce un elemento di riflessione sulla capacità di riorganizzazione naturale del bosco quando l'interruzione del trattamento precedente mantiene la disponibilità ecologica di uno spazio di crescita. Specie diverse continuano ad occuparlo (Caselli) o lo rioccupano dopo la ceduzione (Valsavignone). Altre specie si insediano successivamente per rinnovazione naturale arricchendo la composizione originale. È questo il quadro attuale prodotto in entrambi i siti.

Il cerro si rivela specie in grado di realizzare una capacità di accrescimento elevata quando possa raggiungere le maggiori età consentite dalla sospensione della ceduzione. La specie utilizza un livello proprio

superiore partecipato dalle specie sporadiche di pari rango inizialmente presenti. Entrambe le soluzioni, avviamento ed evoluzione naturale, hanno prodotto nel periodo esaminato, relativamente lungo rispetto al tempo prevedibile di permanenza funzionale dell'attuale soprassuolo, cambiamenti importanti a livello strutturale e di utilizzo dello spazio di crescita. Il seguito del monitoraggio consentirà di descrivere e analizzare le dinamiche future fino alla fase di maturità, ma appare chiaro fino da ora che la fase di rinnovazione richiederà una selvicoltura dedicata capace di interpretare una tipologia ed una fascia di vegetazione complesse.

Ringraziamenti

Un pensiero affettuoso va a Germano GAMBÌ, alla sua capacità critica e curiosità sperimentale espresse con punti di vista originali, formulazione di idee chiare, solo apparentemente semplici e mai banali, poi tradotte in ipotesi di lavoro. Un ringraziamento particolare a Vittorio MATTIOLI che, con grande accuratezza, ha interpretato e concretamente realizzato le tesi ed i protocolli che ci consentono oggi di ragionare su oltre trenta anni di sperimentazione. Si ringraziano poi Silvano GHETTI per la costruzione delle relazioni allometriche, l'analisi e l'elaborazione dei dati fino al 1990; Luigi MENCACCI, Mario ROMANI, Umberto CEROFOLINI, Galeazzo SCAIOLI, Eligio BUCCHIONI, Walter CRESTI, Claudia BENVENUTI per i numerosi rilievi sempre condotti con professionalità; Alessandro BITINI e Fabio BENCI per i rilievi più recenti, Maurizio PIOVOSI per il rilievo, l'elaborazione dei dati, l'impostazione numerica e grafica dei dati successivi al 1990; Giada BERTINI, assegnista di ricerca, per il controllo e la verifica dei dati dendro-auxometrici, svolti nell'ambito del tema di specializzazione. Si ringraziano infine i due revisori per le osservazioni puntuali e i suggerimenti efficaci che 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., FABBIO G., 1987 - *Primi risultati delle ricerche sull'avviamento all'altofusto dei boschi cedui*. In: La conversione dei boschi cedui in altofusto (Stato attuale delle ricerche). UNIF, Viterbo: 1-8.
- 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., 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.
- 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.
- BINI C., DEL SETTE M., FASTELLI C., 1982 - *Lineamenti ambientali e pedologici dell'Alta Valtiberina*. Ecologia Agraria, Perugia 18 (1) 55 p.
- CIANCIO O., NOCENTINI S., 2004 - *Il bosco ceduo. Selvicoltura. Assestamento. Gestione*. Acc. It. Sci. For. Tip. Coppini, Firenze, 721 p.
- CUTINI A., 1994a - *Indice di area fogliare, produzione di lettiera ed efficienza in 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, vol 27 (1996) special issue MEDCOP: 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, vol. 33 (2002-04): 133-142.
- DOWGIALLO G., PASQUINI A., 1994 - *Indagini pedologiche condotte su aree permanenti in cerrete miste di origine cedua*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXIII (1992) : 73-99.
- 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 altofusto 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, vol. 33 (2002-04): 79-104.
- GRIGNETTI A., VITALE M., MANES F., 1994 - *Studio ecofisiologico condotto su aree permanenti in cerrete miste di origine cedua*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, XXIII (1992): 101-146.

GUIDI G., 1976 - *Primi risultati di una prova di conversione in un ceduo matricinato di cerro*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, VI (1975): 255-278.

HELLRIGL B., (s.d.) - *Appunti di dendroauxonomia*. A cura di C. Colpi e G. De Mas. Università di Padova, anno accademico 1987/88, 239 p.

MONDINO G.P., BERNETTI G., 1998 - *I tipi forestali*. In: *Boschi e macchie della Toscana*. Regione Toscana, 358 p.

ODUM E.P., 1973 - *Principi di Ecologia*. Trad. it. 3a ed., Piccin Ed. Padova, 584 p.

Effetti del trattamento selvicolturale su produzione di lettiera, caratteristiche della copertura ed efficienza di un ceduo di cerro in conversione[§]

Andrea Cutini¹, Massimiliano Hajny¹

Accettato il 6 luglio 2006

Riassunto – Negli ultimi decenni la letteratura specializzata ha spesso sottolineato l'importanza degli studi sulle chiome, in particolare per la maggior sensibilità e velocità nel reagire a fattori di disturbo abiotici e biotici, compresi i trattamenti selvicolturali, rispetto ad altre componenti strutturali del popolamento. Il monitoraggio delle caratteristiche di chiome e copertura risulta quindi fondamentale per l'analisi delle dinamiche degli ecosistemi forestali. Partendo da questo approccio vengono presentati i risultati di quattordici anni di osservazioni e misure di produzione annuale di lettiera, indice di area fogliare (LAI) e trasmittanza eseguite in un soprassuolo di origine agamica di cerro (*Quercus cerris* L.) dell'Alta Valtiberina (Valsavignone) di 52 anni d'età (2004). I rilievi sono stati condotti in un popolamento in evoluzione naturale e in uno in avanzata fase di conversione ad altofusto, essendo stato sottoposto a taglio di avviamento nel 1972 e a due successivi diradamenti nel 1984 e nel 1999. Oltre ai valori totali di lettiera e LAI e alla loro suddivisione in componenti (foglie, rami, frutti) e per specie (cerro, carpino e altre specie), sono stati calcolati alcuni indici comunemente impiegati nell'analisi di accrescimento e utili per definire l'efficienza e la funzionalità del popolamento. Sulla base dei risultati ottenuti vengono esaminate le dinamiche in atto e gli effetti del trattamento selvicolturale sull'efficienza e la funzionalità del popolamento.

Parole chiave: *avviamento ad altofusto, diradamenti, produttività, indice di area fogliare, trasmittanza.*

Abstract – Effects of the silvicultural treatment on litter production, canopy characteristics and stand efficiency in a Turkey oak coppice in conversion to high forest. In the last decades literature abundantly recorded the importance of forest canopy studies, especially for their more sensitive and prompt reaction to abiotic and biotic disturbances than other stand structural components. Monitoring crowns and canopy characteristics is therefore a crucial issue for intensive and continuous monitoring programs of forest ecosystem status and dynamics. Starting from these evidences, annual litter production, leaf area index (LAI) and transmittance values (PAR) were measured in two permanent monitoring plots established in 1991 in the central Apennines. Results of 14 years of observations in a 52 year old (2004) Turkey oak (*Quercus cerris* L.) stand are presented, comparing a plot left to natural evolution with another one in which a coppice conversion cutting to high forest was carried out in 1972, with two successive thinnings in 1984 and 1999. In particular the effects of this last thinning, realized in the middle of the observation period, were investigated. The presented results include not only global values for litter fall and leaf area index, but their division in main tree compartments (leaves, branches, fruits, ect.) for all the species composing the stand (*Quercus cerris* L., *Carpinus betulus* and other species). Moreover the functionality and efficiency of the stand was investigated through different indexes. It was therefore possible to investigate both the status and the ecological dynamics involved by the chosen management option.

Key words: *coppice conversion cuttings to high forest, thinnings, productivity, leaf area index, transmittance.*

F.D.C. 114. 351: 181. 21: 222: 176. 1 Quercus cerris (450.52)

Introduzione

Nella seconda metà del secolo scorso per gran parte dei cedui di proprietà pubblica è stata operata la scelta di conversione a fustaia. In molti casi sono stati operati tagli di avviamento; in talune situazioni si è lasciato il popolamento all'evoluzione naturale. Una scelta - quella dell'avviamento ad altofusto - dettata sia da considerazioni di ordine bio-ecologico che dalle scarse prospettive di mercato degli assortimenti

ritraibili dal ceduo. Ciò ha alimentato un vivace dibattito tra i propugnatori di tale scelta e i critici, per lo più orientati a denunciare ripercussioni negative a livello di stabilità, accrescimento e produttività dei soprassuoli.

Nel corso degli anni numerosi studi hanno dimostrato l'infondatezza delle ipotesi più nefaste circa la sorte dei cedui in evoluzione naturale o avviati ad altofusto (GAMBI 1968, VOLPINI 1979, BAGNARESI 1980, CRISTOFOLINI 1981, PADULA 1981, SUSMEL 1981, AMORINI

[§]Lavoro svolto nell'ambito del progetto "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e colturale di differenti modalità di matrici-natura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno" promosso e finanziato dall'ARSA- REGIONE TOSCANA.

* Autore corrispondente andrea.cutini@entecra.it. Il lavoro è stato dagli autori in parti uguali.

¹ C.R.A. - Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo.

e FABBIO 1988, 1989). Di contro non sono stati adeguatamente indagati i riflessi che la conversione e, soprattutto, le modalità della sua attuazione – taglio di avviamento o evoluzione naturale - hanno sulla produttività e funzionalità complessiva del popolamento, sulla composizione specifica, sulla fruttificazione e su altre variabili. Tale *gap* di conoscenze non è di poco conto dato che in origine la scelta della conversione ad altofusto si basava su considerazioni di ordine bio-ecologico, alle quali di recente si sono aggiunte quelle sulla sostenibilità e la valorizzazione della biodiversità degli ecosistemi forestali.

A queste problematiche non sfugge neanche il cerro (*Quercus cerris* L.), specie poco studiata a livello europeo, ma di notevole importanza per il nostro paese, sia per le superfici occupate che per le anomalie a livello sintassonomico e la complessità che in genere contraddistinguono le cenosi nelle quali è presente (ARRIGONI *et al.* 1990, SCOPPOLA *et al.* 1993). Anomalie e complessità spesso mascherate dalle semplificazioni indotte dal secolare governo a ceduo, ma che non mancano di ripresentarsi nel momento in cui si orienta il popolamento verso la fustaia. Ciò ingenera difficoltà a livello di scelte selvicolturali e incertezze sui modelli gestionali più appropriati. Ben oltre la questione degli assortimenti ritraibili dalle fustaie di cerro, le scelte gestionali, nel percorso di ricostituzione della fustaia, inevitabilmente si devono misurare con problemi di ordine bio-ecologico. Tra questi meritano di essere ricordati la frequente e consistente presenza di un sottopiano di specie arboree e arbustive, il ritardato raggiungimento della fase di maturità sotto il profilo della produzione di seme e il non ben definito rapporto con le altre specie arboree presenti, comprese quelle sporadiche a legname pregiato. Elementi questi che contribuiscono a rendere ancora più problematica la già notoriamente complessa gestione dei popolamenti di querce caducifoglie, soprattutto per quanto concerne il processo di rinnovazione naturale.

In questo contesto il presente lavoro prende in considerazione un popolamento di origine agamica a prevalenza di cerro, di oltre 50 anni di età e in avanzata fase di conversione, avendo già subito il taglio di avviamento e due successivi diradamenti. Vengono analizzati gli effetti del trattamento selvicolturale sui valori di produzione annuale di lettiera e di indice di area fogliare (LAI), sia totali che relativi alle componenti principali e alle più importanti specie arboree presenti, e sull' intercettazione della radiazione solare

nel corso di un periodo di osservazione di quattordici anni. Accanto a queste variabili, la cui importanza nel descrivere lo stato e la dinamica di un popolamento forestale è ampiamente documentata, vengono esaminati i riflessi del trattamento sulla produzione di seme, elemento determinante per la rinnovazione naturale, e su alcuni indicatori comunemente utilizzati nell'analisi dell'accrescimento. Tale approccio si propone di approfondire le conoscenze sulla dinamica e l'efficienza dei popolamenti avviati ad altofusto rispetto a quelli in evoluzione naturale, al fine di favorire una gestione su basi ecologiche del processo di conversione e far fronte a eventuali problematiche che da esso possano scaturire.

Materiali e metodi

I rilievi sono stati condotti nel campo sperimentale di Valsavignone (Alta Valtiberina, Arezzo, 43° 43' N; 12° 02' E) costituito agli inizi degli anni '70 per studiare le modalità di avviamento ad altofusto di cedui a prevalenza di cerro.

L'area di studio si trova a una quota media di 700 m s.l.m., con esposizione prevalente N-NE; la piovosità media annua è di 934 mm e la temperatura media annua 11.5 °C. Per maggiori dettagli su clima e caratteristiche geo-pedologiche si rimanda a DOWGIALLO e PASQUINI (1994) e GRIGNETTI *et al.* (1994).

In origine i soprassuoli erano stati classificati come cedui a prevalenza di cerro con partecipazione secondaria di carpino nero (*Ostrya carpinifolia* Scop.), orniello (*Fraxinus ornus* L.), acero opalo (*Acer opalus* Mill.) e acero campestre (*Acer campestre* L.) e presenza sporadica di sorbo domestico (*Sorbus domestica* L.), faggio (*Fagus sylvatica* L.), nocciolo (*Corylus avellana* L.), perastro (*Pyrus pyraster* Burgst.) e ciliegio (*Prunus avium* L.). Al momento in cui fu messo in atto il protocollo sperimentale originario (1972), che prevedeva il confronto tra la tesi "evoluzione naturale" con tre tesi differenziate in funzione dell'intensità e della modalità del taglio di avviamento ad altofusto, il popolamento aveva 20 anni. Nel 1984, le tesi avviate ad altofusto furono oggetto di un primo diradamento; un secondo diradamento è stato realizzato nel 1999. I dati relativi alla struttura, alle caratteristiche dendrometriche e auxometriche dei popolamenti studiati, alla loro evoluzione nel tempo e agli effetti del trattamento selvicolturale, sono stati oggetto di vari contributi ai quali si rimanda

per un inquadramento generale della tematica e per maggiori dettagli: AMORINI e FABBIO (1988), AMORINI e FABBIO (1989), AMORINI (1994), FABBIO (1994), AMORINI *et al.*, *questo volume*).

A partire dal 1991 nella tesi evoluzione naturale (controllo, nessun intervento selvicolturale) e in una delle aree avviate ad alto fusto (diradato) sono state condotte indagini specifiche su produzione annuale di lettiera, LAI e intercettazione della radiazione solare. Le principali caratteristiche dendrometriche delle aree oggetto di studio sono riportate sinteticamente in tabella 1, con un confronto fra i dati degli inventari eseguiti nel 1990 e nel 2004 (AMORINI *et al.*, *questo volume*).

Per la stima della produzione annuale di lettiera e del LAI si è utilizzato il metodo della raccolta con trappole. All'interno di ogni popolamento sono state sistemate delle trappole metalliche per la raccolta della lettiera, di forma quadrata e superficie di 0,25 m², a circa 1 m di altezza da terra. La disposizione sul terreno delle nove trappole utilizzate è stata effettuata sovrapponendo alle aree di saggio un reticolo a maglia rettangolare e posizionando le trappole nei punti d'incrocio. Ad ogni trappola è stato assegnato un numero progressivo per una sua precisa identificazione. La lettiera è stata raccolta con cadenza quindicinale nel periodo autunnale e mensile per tutto il resto dell'anno. In laboratorio si è provveduto a dividerla nelle principali componenti: foglie di cerro, foglie di carpino nero, foglie di altre specie presenti, rami, cupole, ghiande ecc... La biomassa anidra è stata ottenuta ponendo il materiale in stufa ventilata a temperatura costante di 85° C fino al raggiungimento del peso secco stabile.

In sede di elaborazione i dati sono stati così raggruppati: foglie di cerro, foglie di carpino nero, foglie di tutte le altre specie arboree presenti (alt. sspp.), frutti (ghiande, cupole e altre parti fruttifere), rami (rami e parti legnose) e altro. Tale procedura ha consentito di ottenere informazioni non solo sui valori totali di LAI e

di lettiera annualmente prodotta, ma anche sulla ripartizione per specie e per componenti e sulle variazioni delle stesse su scala temporale. Per analizzare alcuni trend è stato calcolato il rapporto tra lettiera fogliare e lettiera totale (*leaf-litterfall*), nonché il contributo percentuale delle varie specie e delle componenti più significative quali foglie, rami e frutti. Per maggiori dettagli sui metodi di indagine impiegati e il calcolo del LAI si rimanda a CUTINI (1994a).

In corrispondenza dei punti di campionamento della lettiera sono state effettuate misure di PAR (radiazione fotosinteticamente attiva, banda 0.4-0.7 µm) per valutare l'effetto della copertura sulla quantità di luce che raggiunge il suolo. Le misure sono state effettuate con ceptometri Sunfleck SF 80 (Decagon devices Inc., Pullman, WA, USA) e AccuPAR (Decagon devices Inc., Pullman, WA, USA). Per ognuno dei nove punti della griglia sono stati misurati quattro valori nelle direzioni dei punti cardinali con lo strumento in posizione orizzontale. Per risalire alla trasmittanza, radiazione sottocopertura in percento di quella incidente sopra il piano delle chiome, sono state effettuate misure di riferimento, immediatamente prima e dopo ogni serie di rilievi, in un punto completamente privo di copertura nei pressi delle due aree. I valori medi di radiazione misurati all'interno di ciascuna area sono stati messi in relazione con le misure di riferimento per ottenere la trasmittanza media del popolamento. Per maggiori dettagli sui metodi di indagine impiegati si rimanda a CUTINI (1994b).

I valori annuali di lettiera totale e delle sue principali componenti, di LAI e di trasmittanza sono stati quindi sottoposti al test t per campioni indipendenti tramite l'uso del software Statistica (StatSoft, Inc. Tulsa, OK, USA). Nel caso di valori percentuali, il test t è stato effettuato sui valori debitamente trasformati. Al fine di verificare eventuali modifiche degli effetti del trattamento selvicolturale nel tempo il test t è stato applicato sia ai valori dell'intero periodo di osservazione (1991-2004), che separatamente per il

Tabella 1 - Principali caratteristiche dendrometriche delle aree oggetto di studio, riferite agli inventari del 1990 e del 2004. (da AMORINI *et al.*, *questo volume*, modificato).
Principal mensurational characteristics in the study area, referred to the inventories of 1990 and 2004 (from AMORINI *et al.*, *this volume*, modified).

Area (tesi)	Inventario (anno)	Età (anni)	Polloni (n ha ⁻¹)	G (m ² ha ⁻¹)	h dom (m)	Massa corr. (m ³ ha ⁻¹)	Massa tot. (m ³ ha ⁻¹)
C= controllo	1990	38	4052	33,27	21,7		262,85
	2004	52	2058	33,14	25,9		312,36
D= diradata	1990	38	1004	20,69	20,0	168,32	268,20
	2004	52	548	20,44	24,3	204,02	390,93

periodo precedente (1991-1999) e seguente il secondo diradamento (2000-2004).

Per procedere ad una valutazione degli effetti del trattamento sull'efficienza e funzionalità del popolamento sono stati calcolati alcuni indicatori utilizzati nell'analisi dell'accrescimento (GHOLZ 1982, WARING 1983, CHIARELLO *et al.* 1989, CUTINI 1994a, 1997). Innanzitutto si è proceduto ad una stima speditiva della biomassa legnosa epigea del popolamento ai due inventari (1990 e 2004) moltiplicando il volume per 0.62, valore medio della densità basale già utilizzato nello studio precedente (CUTINI 1994a). È stato poi calcolato l'incremento corrente periodico riferito alla biomassa legnosa totale, ossia l'incremento corrente medio del periodo tra l'inventario del 1990 e del 2004, calcolato tenendo conto anche della biomassa asportata con i tagli intercalari. Successivamente sono stati calcolati i seguenti indici:

- produzione primaria netta (PPN) annua, ottenuta sommando l'incremento corrente e la lettiera totale;
- tasso di assimilazione netta (NAR, net assimilation rate), dato dal rapporto tra PPN e biomassa fogliare;
- rapporto biomassa fogliare-biomassa totale (LWR, leaf weight ratio), espressione percentuale del rapporto tra la biomassa fogliare e la biomassa totale del popolamento compresa la lettiera.

Risultati

La sintesi dei valori annuali di lettiera totale e di quelli delle singole componenti e del LAI sono riportati in tabella 2. Nonostante l'ampio periodo di osservazione e le drastiche modificazioni indotte dal taglio di avviamento e dai due diradamenti, i coefficienti di variazione della lettiera e del LAI totale e delle foglie e del LAI del cerro non superano il 20%, sia nel diradato che nel controllo. Variazioni più marcate si osservano per le foglie delle altre specie, per i rami e, soprattutto, per i frutti.

Nell'area diradata la produzione annuale di lettiera varia da un minimo di 3 a un massimo di 5.5 Mg ha⁻¹ (media \pm 1es di 4.046 \pm 0.222 Mg ha⁻¹), la lettiera fogliare da un minimo di 2.2 a un massimo di 3.3 Mg ha⁻¹ (2.823 \pm 0.096 Mg ha⁻¹) e il LAI da un minimo di 3.5 a un massimo di 6.5 m² m⁻² (4.9 \pm 0.2 m² m⁻²).

Nell'area di controllo la produzione annuale di lettiera varia da un minimo di 4 a un massimo di 8.6

Mg ha⁻¹ (5.894 \pm 0.315 Mg ha⁻¹), la lettiera fogliare da un minimo di 3 ad un massimo di 4.3 Mg ha⁻¹ (3.993 \pm 0.100 Mg ha⁻¹) e il LAI da un minimo di 5.7 a un massimo di 8.7 m² m⁻² (7.6 \pm 0.3 m² m⁻²).

L'effetto del trattamento selvicolturale è risultato significativo per tutte le variabili esaminate, tranne che per le componenti frutti e altro (tabella 2).

Dall'applicazione del test t ai valori prima del secondo diradamento, dopo il secondo diradamento e a quelli riferiti all'intero periodo di osservazione non è emersa alcuna discrepanza a livello di significatività dei risultati.

Riguardo la produzione di cupole e ghiande va sottolineato che, nonostante le differenze marcate di densità tra controllo e diradato, evidenziata sia dai valori di numero che di area basimetrica che al 2004 sono rispettivamente pari a 2058 e 548 piante ha⁻¹ e a 33.14 e 20.44 m² ha⁻¹, i valori medi nell'area sottoposta a trattamento sono leggermente superiori a quella in evoluzione naturale. Ciò è all'origine di una diversa composizione della lettiera: a fronte di una quota di foglie praticamente uguale tra le due tesi, si osserva una presenza maggiore della componente frutti nel diradato e della necromassa nel popolamento in evoluzione naturale (figura 1).

Analizzando l'andamento delle variabili nel corso del periodo di osservazione si possono trarre ulteriori indicazioni. La biomassa fogliare del popolamento è fortemente condizionata, sia nei suoi picchi positivi che negativi, dalle oscillazioni della biomassa fogliare del cerro. La relazione risulta molto più stretta nel caso del popolamento trattato rispetto al controllo, dove è più rilevante la quantità di foglie di carpino nero e delle altre specie. Mettendo a confronto gli andamenti della produzione di lettiera fogliare, sia totale sia del solo cerro, risulta interessante la reazione dell'area diradata all'intervento del 1999 (figura 2 e 3). Sia le foglie di cerro che la lettiera fogliare totale subiscono dopo il taglio un costante incremento, con l'eccezione dell'anno 2003, caratterizzato da forte siccità.

Se da una parte l'andamento delle curve riferite alla lettiera totale nelle due tesi è simile, l'area di controllo mostra comunque valori costantemente superiori (figura 4). L'unica discordanza è data dal valore osservato nel controllo nel 1999, determinata dalla presenza di un ramo di grosse dimensioni all'interno di uno dei campionatori di lettiera.

In figura 5 vengono riportati il numero di ghiande a ettaro prodotte nell'area di controllo e in quella

Tabella 2 - Produzione annuale di lettiera e indice di area fogliare (LAI) totale e per componenti. Livello significatività del t-test (* = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$). L'area ha subito nel settembre 1999 un secondo diradamento con l'asportazione di circa il 31% dell'area basimetrica.

Annual litter production and leaf area index divided in main compartments. T-test significancy level (= $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; *** = $p < 0.001$). The area was interested in september 1999 by a second thinning with a removal of 31% of the basal area.*

Anno	Tesi	foglie			rami	frutti		altro	totale	LAI			
		cerro	carpino	alt.sspp.		cupole	ghiande			cerro	carpino	alt.sspp.	totale
1991	dir	2,352	0,269	0,052	0,314	0,123	0,164	0,015	3,288	4,1	0,7	0,1	5,0
	test	2,898	0,958	0,271	0,597	0,088	0,160	0,010	4,982	5,1	2,6	0,7	8,3
1992	dir	2,804	0,300	0,053	0,986	0,145	0,466	0,002	4,755	4,9	0,8	0,1	5,8
	test	2,843	1,072	0,288	1,877	0,065	0,008		6,153	5,0	2,9	0,8	8,6
1993	dir	2,640	0,278	0,053	0,803	0,116	0,074	0,001	3,963	4,6	0,7	0,1	5,5
	test	2,702	1,082	0,164	2,205	0,099	0,007	0,006	6,266	4,7	2,9	0,4	8,1
1994	dir	2,540	0,132	0,225	0,526	0,041	0,108	0,018	3,590	4,4	0,4	0,6	5,4
	test	2,996	0,430	0,895	1,182	0,155	0,235	0,039	5,931	5,2	1,2	2,3	8,7
1995	dir	1,900	0,088	0,227	0,652	0,144		0,003	3,013	2,7	0,2	0,6	3,5
	test	1,910	0,384	0,762	1,095	0,017		0,004	4,173	2,7	1,0	2,0	5,7
1996	dir	2,523	0,300	0,062	0,548	0,364	0,929	0,001	4,727	3,5	0,8	0,2	4,5
	test	2,791	1,000	0,373	1,364	0,023	0,023	0,003	5,577	3,9	2,7	1,0	7,6
1997	dir	2,736	0,422	0,100	0,894	0,128	0,334		4,613	4,3	1,1	0,3	5,7
	test	2,851	0,400	0,177	1,295	0,168	0,433		5,323	4,4	1,1	0,5	6,0
1998	dir	2,549	0,462	0,087	0,866	0,095	0,002	0,037	4,099	5,1	1,2	0,2	6,5
	test	2,972	0,751	0,258	1,166	0,057		0,030	5,235	5,9	2,0	0,7	8,6
1999	dir*	2,079	0,087	0,163	0,874	0,187	0,181	0,017	3,588	3,4	0,2	0,4	4,0
	test	3,067	0,925	0,344	2,104	0,172	0,318	0,116	7,047	5,0	2,5	0,9	8,4
2000	dir	2,339	0,122	0,125	0,355	0,070	0,046	0,003	3,060	3,2	0,3	0,3	3,9
	test	2,961	0,794	0,253	0,672	0,007	0,002	0,022	4,711	4,1	2,1	0,7	6,9
2001	dir	2,366	0,178	0,167	0,530	0,354	0,514	0,039	4,148	3,5	0,5	0,4	4,4
	test	2,748	0,770	0,249	3,442	0,421	0,917	0,062	8,609	4,1	2,1	0,7	6,8
2002	dir	2,589	0,205	0,225	0,415	0,428	1,161	0,023	5,045	3,8	0,6	0,6	5,0
	test	2,758	1,100	0,343	1,649	0,235	0,665	0,029	6,778	4,1	3,0	0,9	7,9
2003	dir	2,007	0,313	0,096	0,664	0,098	0,011	0,011	3,200	3,0	0,8	0,3	4,1
	test	2,903	0,998	0,258	0,926	0,051	0,008	0,022	5,167	4,3	2,7	0,7	7,6
2004	dir	2,915	0,194	0,201	0,630	0,433	1,165	0,017	5,554	4,3	0,5	0,5	5,3
	test	3,012	0,934	0,247	0,394	0,654	1,303	0,022	6,565	4,4	2,5	0,7	7,6
medie	dir	2,453	0,239	0,131	0,647	0,195	0,396	0,014	4,046	3,9	0,6	0,3	4,9
	test	2,815	0,828	0,349	1,426	0,158	0,340	0,030	5,894	4,5	2,2	0,9	7,6
dev. st.	dir	0,300	0,117	0,069	0,213	0,137	0,428	0,013	0,800	0,7	0,3	0,2	0,9
	test	0,282	0,255	0,213	0,795	0,180	0,423	0,032	1,134	0,8	0,7	0,6	1,0
e.s.	dir	0,083	0,032	0,019	0,059	0,038	0,119	0,004	0,222	0,2	0,1	0,1	0,2
	test	0,078	0,071	0,059	0,220	0,050	0,117	0,009	0,315	0,2	0,2	0,2	0,3
C.V.	dir	12,2	48,8	52,6	32,9	70,5	107,9	92,0	19,8	18,6	48,8	52,6	17,7
	test	10,0	30,7	61,0	55,7	113,8	124,3	103,9	19,2	16,9	30,7	60,8	12,6
test t	val.	-3,29	-7,86	-3,62	-3,54	0,61	0,49	-0,45	-4,80	4,48	-7,88	-3,65	-7,91
	p.	**	***	***	***	n.s	n.s	n.s	***	*	***	***	***

* L'area ha subito nel settembre 1999 un secondo diradamento con l'asportazione di circa il 31% dell'area basimetrica.

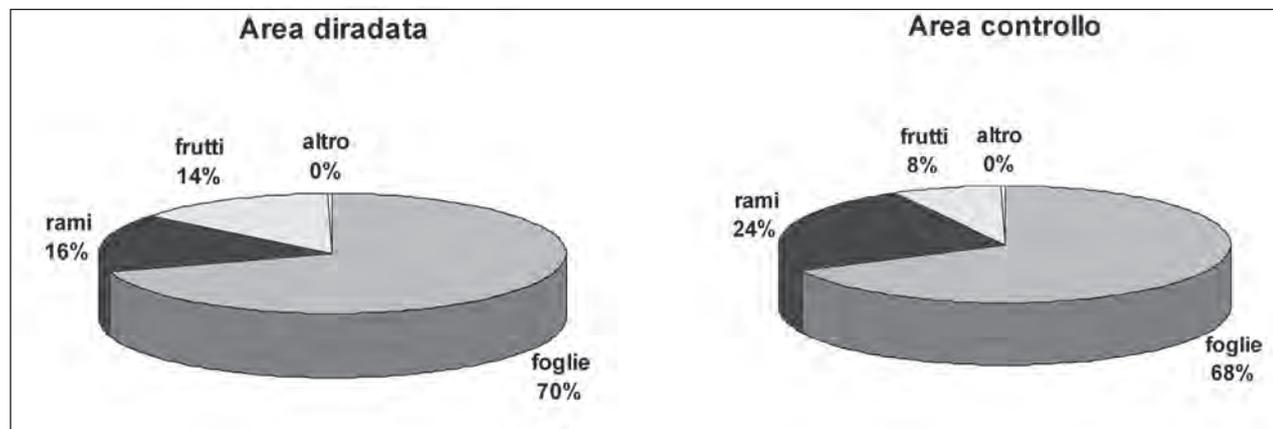


Figura 1 - Ripartizione della lettiera nelle principali componenti. Valori percentuali riferiti alla lettiera media del periodo 1991-2004.
Litter subdivision in main compartments. Percentual values referred to the mean litter in the period 1991 - 2004.

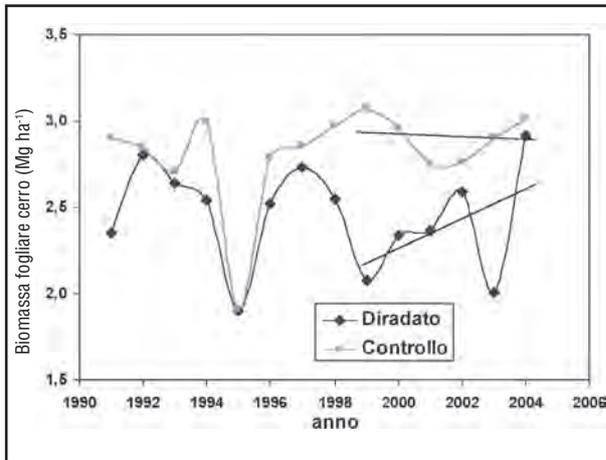


Figura 2 - Confronto tra gli andamenti della produzione di lettiera fogliare di cerro nelle due tesi. La linea di tendenza riporta l'andamento dopo il diradamento del 1999.
Comparison between Turkey oak leaf litter production in the two permanent monitoring plots. The trendline reports the tendency after the thinning of 1999.

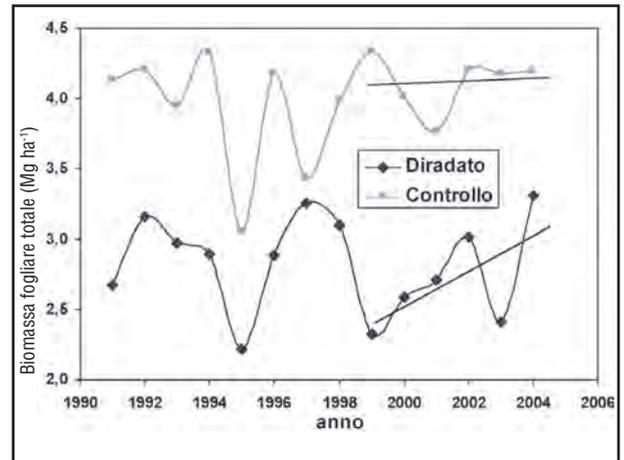


Figura 3 - Confronto tra gli andamenti della produzione di lettiera fogliare totale nelle due tesi. La linea di tendenza riporta l'andamento dopo il diradamento del 1999.
Comparison between total leaf litter production in the two permanent monitoring plots. The trendline reports the tendency after the thinning of 1999.

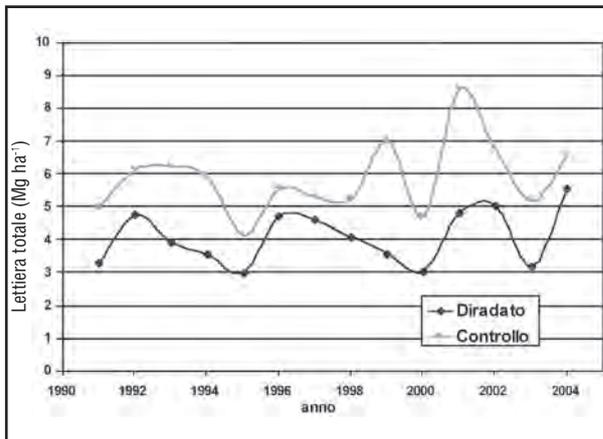


Figura 4 - Confronto fra gli andamenti della lettiera totale per quanto riguarda i due trattamenti.
Comparison between total litter production in the two permanent monitoring plots.

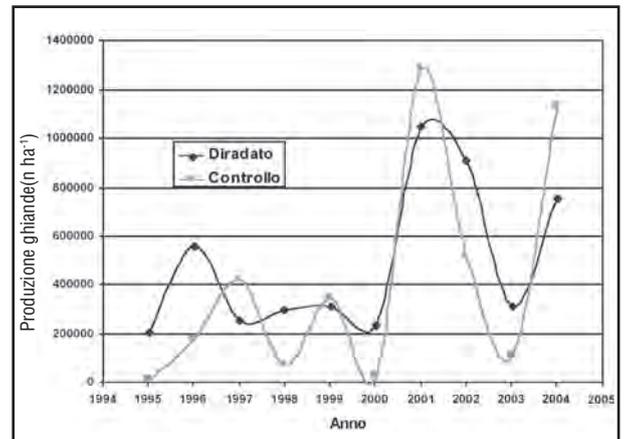


Figura 5 - Confronto della produzione di seme espressa in numero di ghiande a ettaro fra particella diradata e quella di controllo.
Comparison between total seed production in the two permanent monitoring plots expressed as number of seed per hectare.

diradata. Questi dati, particolarmente significativi ai fini delle ripercussioni sul processo di rinnovazione naturale, vanno ad integrare quelli riportati in tabella 2. Dall'analisi non emergono effetti significativi del trattamento in termini di quantità di seme prodotto. Da notare tuttavia la ciclicità nella produzione delle ghiande, con picchi ogni 2-3 anni, e la maggiore regolarità dell'area diradata. L'asportazione di una grande quantità di piante con il diradamento è bilanciata da una maggiore produzione dei singoli individui che in alcuni anni porta addirittura a superare i valori osservati nell'area di controllo.

Il trattamento applicato, oltre ad esercitare una

azione quantitativa sui valori di LAI, ha riflessi anche sui rapporti relativi tra le varie specie. Dall'esame del contributo percentuale delle singole specie si evince come il diradamento abbia indubbiamente operato una selezione a favore del cerro rispetto al carpino nero, lasciando più o meno inalterata la quota delle altre specie presenti (figura 6). Mentre il contributo del cerro resta piuttosto stabile nel corso del periodo di osservazione, le percentuali del carpino nero e delle altre specie presentano fluttuazioni più accentuate, dovute probabilmente alla maggiore competizione tra queste due componenti.

I risultati emersi a livello di lettiera e di LAI tro-

vano riscontro nei dati di trasmittanza e, di riflesso, nella radiazione intercettata dalla copertura dei due popolamenti. All'interno del controllo la quantità di radiazione non intercettata dalle chiome e trasmessa a terra è significativamente ($p < 0.001$) inferiore a quella del popolamento diradato, con oscillazioni contenute (figura 7). Nell'area sottoposta a trattamento risulta evidente il pronto recupero delle chiome negli anni successivi al diradamento del 1999; nel 2005 il valore è già inferiore a quello del 1998. Analogamente a quanto osservato a livello di lettiera anche in questo caso non emergono discrepanze applicando il test t ai dati prima e dopo il secondo diradamento e a quelli dell'intero periodo.

Se le due tesi presentano valori di produzione primaria netta medi del periodo sostanzialmente uguali (9.2 e 8.9 Mg ha⁻¹ a⁻¹ rispettivamente nel controllo e nel diradato) non altrettanto accade a livello di produzione totale (compresa quella intercalare): il diradato presenta infatti valori di incremento corrente di biomassa legnosa totale più che doppi rispetto al controllo. Questa maggiore produttività non scaturisce da un apparato fogliare più consistente: il controllo, rispetto al diradato, presenta infatti una biomassa fogliare superiore in termini assoluti ma sostanzialmente uguale in termini di consistenza relativa (LWR). La differenza è da attribuire alla maggiore efficienza del popolamento: i valori del tasso di assimilazione netta medi del periodo sono infatti nettamente superiori nella tesi diradata rispetto al controllo (3.2 vs. 2.2). Altro aspetto di rilievo sono le variazioni tra i due inventari della produzione primaria netta e del tasso di assimilazione netta. Nel periodo 1990-2004 entrambi gli indici mostrano un decremento consistente nel

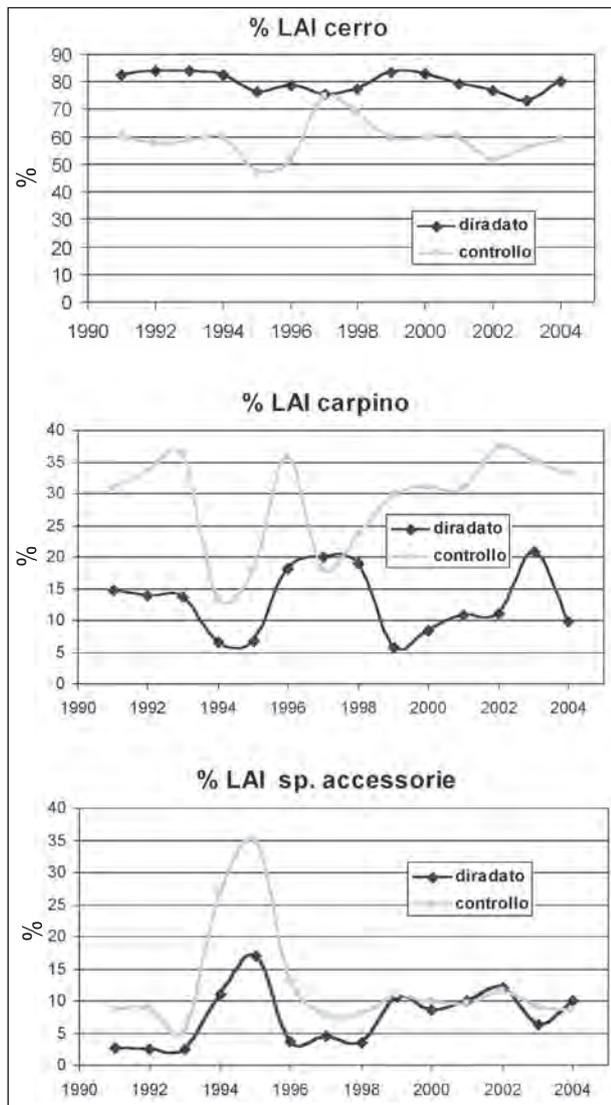


Figura 6 - Confronto dei valori percentuali di LAI per il cerro, il carpino nero e le altre specie presenti nella particella diradata ed in quella di controllo.

Comparison of Leaf Area Index percentual values for Turkey oak, hop hornbeam and other species in the two permanent monitoring plots.

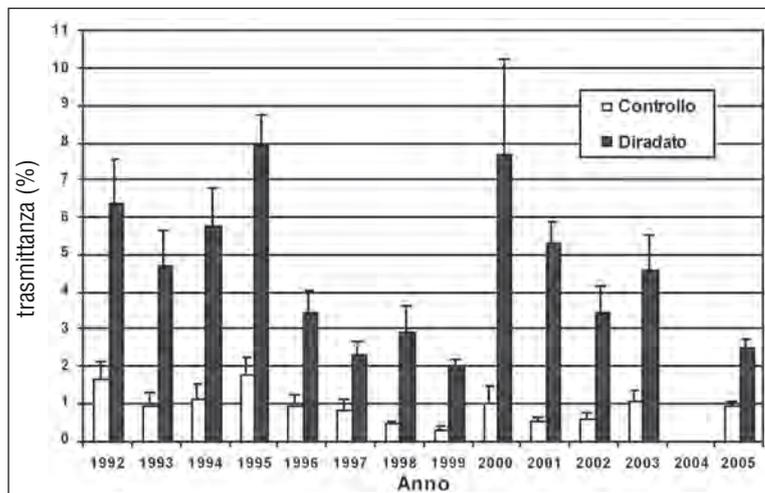


Figura 7

Confronto dell'andamento pluriennale dei valori di trasmittanza fra l'area diradata e quella di controllo.

Long-term comparison of PAR values in the two permanent monitoring plots.

controllo e un aumento altrettanto consistente nel diradato (tabella 3).

Discussione e conclusioni

Le variazioni interannuali e i cicli endogeni non determinano ripercussioni rilevanti sulla produzione di lettiera e sul LAI del popolamento. L'entità degli scostamenti non supera il 20% dal valore medio, a conferma che il cerro, nel caso di studio preso in esame, è specie ben acclimatata. Il popolamento, nonostante la stazione non sia di ottima fertilità, presenta una buona produttività se confrontata a quella riportata in altri studi (BRAY e GORHAM 1964, O'NEIL e DE ANGELIS 1981, JARVIS e LEVERENZ 1983), a conferma di quanto osservato in occasione dello studio preliminare (CUTINI 1994a).

Il trattamento applicato ha effetti significativi su LAI e produzione di lettiera. Le modifiche sono a carattere permanente, essendo risultate significative in tutti i periodi esaminati. Di contro, in uno studio condotto in un ceduo a prevalenza di cerro di 35 anni sottoposto a taglio di avviamento sono emerse differenze significative nei valori di LAI e di trasmittanza solo nei primi anni dopo il taglio (CUTINI, *questo volume*). Si può quindi arguire che il taglio di avviamento di per sé non sia sufficiente a indurre cambiamenti significativi e duraturi della copertura, ma che tale obiettivo sia perseguibile solo attraverso l'applicazione di una sequenza organica di interventi tipo quella adottata in questo caso di studio. Va tuttavia sottolineato che i valori di biomassa fogliare del cerro nei popolamenti oggetto di questo studio tendono comunque a un recupero sostanziale nel periodo successivo sia al primo

che al secondo diradamento.

Al contrario non si osservano differenze a livello di fruttificazione. La produzione media annua di ghiande, pur non essendo significativamente differente, è superiore nel trattamento diradato rispetto al controllo. La drastica riduzione della densità nell'area diradata è perciò compensata dalla maggiore produttività dei singoli individui.

La quota di foglie nella lettiera (70%), anche se inferiore rispetto a quanto osservato in occasione dello studio preliminare (CUTINI 1994a), è ancora nettamente al di sopra del 50%, valore indicativo di popolamenti maturi (KIRA e SHIDEI 1967). Ciò conferma che i soprassuoli oggetto di studio si trovano ancora in una fase dinamica di sviluppo, lontana dalla maturità. Tale aspetto, unito alla relativa aleatorietà della produzione di seme, pone seri dubbi sull'opportunità di accelerare la conclusione del processo di conversione anticipando i tagli di rinnovazione.

Per quanto riguarda i riflessi del trattamento applicato sull'apparato fogliare, i risultati mettono in evidenza come gli interventi abbiano ridotto significativamente i valori di LAI e favorito il cerro rispetto al carpino nero, in linea con quanto osservato a livello di variabili dendrometriche da AMORINI *et al.*, *questo volume*. Sostanzialmente immutato resta il contributo delle altre specie. Se nel piano arboreo principale aumenta quindi il peso relativo del cerro, nei piani sottoposti viene comunque salvaguardata una buona presenza di altre specie. Ciò ha riflessi positivi sulla biodiversità complessiva del popolamento e presumibilmente sugli assortimenti ritraibili al momento dell'utilizzazione, per la presenza di specie a legname pregiato come il ciliegio selvatico.

Tabella 3 - Produttività, accrescimento ed efficienza nell'area in evoluzione naturale (controllo) e nell'area sottoposta a trattamento selvicolturale (diradato).

Productivity, growth and efficiency in the area in natural evolution compared to the one with silvicultural treatments.

tesi e anno	biomassa legnosa			lettiera		biomassa totale a+e Mg ha ⁻¹	PPN c+e Mg ha ⁻¹	NAR (c+e)/d	LWR d/(a+e)*100
	in piedi a Mg ha ⁻¹	intercalare b Mg ha ⁻¹	inc. corr.* c Mg ha ⁻¹ a ⁻¹	foglie d Mg ha ⁻¹ a ⁻¹	totale e Mg ha ⁻¹ a ⁻¹				
	controllo								
1990	163,0			4,1	5,8	168,7	10,1	2,5	2,4
2004	193,7		2,2	4,2	6,2	199,8	8,4	2,0	2,1
diradato									
1990	104,4			2,6	3,7	108,0	7,8	3,0	2,4
2004	126,5	54,0	5,4	2,9	4,6	131,1	10,0	3,4	2,2

* nel diradato l'incremento corrente è stato calcolato sommando alla biomassa in piedi quella asportata con i tagli intercalari.

* *in the thinned area the current increment was calculated adding the through thinning removed biomass to the standing biomass.*

Le modifiche indotte dal trattamento selvicolturale sulle caratteristiche delle chiome degli alberi rilasciati e sulla copertura forestale hanno inciso positivamente sull'efficienza dell'apparato fogliare e del popolamento nel suo complesso. La riduzione del LAI fino a valori di 4-5 si è tradotta in un contenimento significativo dell'azione di mutuo ombreggiamento delle foglie e, presumibilmente, in un miglioramento delle relazioni idriche tra suolo e alberi rilasciati secondo quanto riportato in letteratura (NEWTON *et al.* 1986, BORGHETTI 1992). Di qui la maggiore efficienza del popolamento diradato, attestata dai valori del tasso di assimilazione netta. Maggiore efficienza che, a fronte di un apparato fogliare notevolmente ridotto rispetto a quello del popolamento in evoluzione naturale (valori compresi tra 7-8), si è concretizzata in un consistente incremento della produttività, con valori più che doppi rispetto al controllo. È noto che la produzione netta raggiunga i valori massimi quando il LAI si aggira intorno a 4, mentre per valori superiori si ha in genere un aumento della produzione primaria lorda (ODUM 1971). Quanto ora esposto spiega le differenze a livello di produzione tra le due tesi: i valori di massa totale riportati da AMORINI *et al.*, *questo volume*, sono infatti nettamente superiori nel popolamento diradato ($390 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) rispetto a quelli del popolamento in evoluzione naturale ($312 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).

Sulla base dei risultati ottenuti, possiamo affermare che l'applicazione del taglio di avviamento e dei successivi diradamenti ha favorito il consolidamento del ruolo del cerro, riducendo nel contempo quello del carpino nero. Sostanzialmente immutate sono rimaste le condizioni per le altre specie componenti il soprassuolo arboreo, con riflessi positivi sulla biodiversità complessiva del sistema. Al contrario non si sono registrati mutamenti significativi a livello di produzione di seme, fatta salva una maggiore regolarità nelle serie annuali con l'eliminazione di alcuni picchi estremi.

Nonostante la forte riduzione della densità causata dal trattamento selvicolturale adottato, tutti gli indicatori analizzati confermano un'elevata stabilità delle aree diradate ed un pronto recupero già pochi anni dopo l'intervento. Ciò è in linea con quanto osservato in occasione dello studio preliminare (CUTINI 1994a) e con quanto riportato da AMORINI *et al.*, *questo volume* a livello dendro-auxometrico e strutturale.

Anche in funzione di questi risultati si può affermare che il trattamento applicato nell'arco dell'ultimo

trentennio - taglio di avviamento e successivi diradamenti di grado medio-forte e a distanza di circa quindici anni l'uno dall'altro - è risultato appropriato sotto il profilo bio-ecologico e funzionale, consentendo tra l'altro un periodico e significativo utilizzo di biomassa.

Ringraziamenti

Molte persone hanno contribuito alla realizzazione di questa ricerca. A tutte va il nostro grazie. Uno specifico ringraziamento va a Umberto Cerofolini e Luigi Mencacci, tecnici di ruolo del C.R.A. - Istituto sperimentale per la selvicoltura di Arezzo, che nel corso di questo lungo periodo hanno garantito l'efficienza dei protocolli sperimentali e la regolarità nella raccolta dei dati.

Si ringrazia infine un revisore per i preziosi suggerimenti forniti.

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, vol. XXIII: 7-40.
- AMORINI E., FABBIO G., 1988 - *L'avviamento ad altofusto nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 15 anni dalla sua impostazione*. Ann. Ist. Sper. Selv., Arezzo, vol. XVII: 5-101.
- AMORINI E., FABBIO G., 1989 - *L'avviamento ad altofusto nei cedui a prevalenza di cerro. Risultati di una prova sperimentale a 15 anni dalla sua impostazione. Studio Auxometrico*. Ann. Ist. Sper. Selv., Arezzo, vol. XVIII: 17-70.
- AMORINI E., FABBIO G., CANTIANI P., 2006 - *Avviamento ad altofusto e dinamica naturale nei cedui a prevalenza di Q. cerris L. Risultati di una prova sperimentale a 35 anni dalla sua impostazione. Il protocollo di Valsavignone (Arezzo)*. Ann. Ist. Sper. Selv., vol. 33 (2002-2004): 115-132.
- ARRIGONI P.V., MAZZANTI A., RICCI C., 1990 - *Contributo alla conoscenza dei boschi della Maremma grossetana*. Webbia, 44(1): 121-150.
- BAGNARESI U., 1980 - *Il problema dei cedui e i vincoli all'uso dei boschi*. Natura e Montagna, (3): 7-13.
- BORGHETTI M., 1992 - *Relazioni idriche: dall'albero alla foresta*. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze: 100 pp.
- BRAY J.R., GORHAM E., 1964 - *Litter production in forests of the world*. Adv. Ecol. Res., 2: 101-157.
- CHIARELLO N.R., MOONEY H.A., WILLIAMS K., 1989 - *Growth, carbon allocation and cost of plant tissue*. In: PEARCY *et al.* (eds), Plant physiological ecology, Chapman and Hall: 327-365.

- CRISTOFOLINI F., 1981 – *Conversione in fustaia dei cedui dell'Italia settentrionale*. Annali A.I.S.F., Firenze XXX : 87-115.
- CUTINI A., 1994 a - *Indice di area fogliare, produzione di lettiera ed efficienza di un ceduo di cerro in conversione*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo, vol. XXIII: 147-166.
- CUTINI A., 1994 b - *La stima del LAI con il metodo delle misure di trasmittanza in popolamenti diradati e non diradati di cerro*. Ann. Ist. Sper. Selv., Arezzo, vol. XXIII: 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., 2006 - *Taglio di avviamento, ceduzione e matricinatura: effetti sulle caratteristiche della copertura forestale in cedui a prevalenza di cerro*. Ann. Ist. Sper. Selv., Arezzo, vol. 33 (2002-2004): 21-30.
- DOWGIALLO G., PASQUINI A., 1994 – *Indagini pedologiche condotte su aree permanenti in cerrete miste di origine cedua*. Ann. Ist. Sper. Selv. XXIII, Arezzo: 73-99.
- FABBIO G., 1994 – *Dinamica della popolazione arborea in un ceduo di cerro in invecchiamento*. Ann. Ist. Sper. Selv., Arezzo, vol. XXIII: 41-72.
- GAMBI G., 1968 – *Le conversioni dei cedui in altofusto sull'Appennino Tosco-Emiliano*. Annali A.N.A., III serie, LXXVIII, Bologna: 1-49.
- GHOLZ H.L., 1982. *Environmental limits on aboveground net primary production, leaf area and biomass in vegetation zones of the Pacific Northwest*. Ecology, 63: 469-481.
- GRIGNETTI A., VITALE M., MANES F., 1994 – *Studio ecofisiologico condotto su aree permanenti in cerrete miste di origine cedua*. Ann. Ist. Sper. Selv. XXIII, Arezzo: 101-146.
- JARVIS P.G., LEVERENZ J.W., 1983 - *Productivity of temperate, deciduous and evergreen forests*. In O.L. LANGE *et al.* (Eds.) "Physiological plant ecology" IV. Encyclopedia of Plant Physiology, New Series, 12D: 233-280.
- KIRA T., SHIDEI T., 1967 - *Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the western Pacific*. Jpn. J. Ecol.17: 70-87.
- NEWTON R.J., MEIRE C.E., VAN BULJTENEN J., MCKINLEY C.R., 1986 – *Moisture-stress management: silviculture and genetics*. In: "Stress physiology and forest productivity" (HENNESSEY T.C. *et al.* eds), Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht: 35-60.
- ODUM E.P., 1971 – *Fundamentals of ecology*. W.B. Saunders Company. Philadelphia, 574 pp.
- O'NEIL R.V., DE ANGELIS D.L., 1981 - *Comparative productivity and biomass relations of forest ecosystems*. In D.E. REICHLER (Ed.). "Dynamic properties of forest ecosystems", Cambridge University Press, London: 441-449.
- PADULA M., 1981 - *Utilizzazioni ed interventi di miglioramento nei boschi cedui*. Natura e Montagna, (2-3): 27-34
- SCOPPOLA A., BLASI C., ABBATE G., CUTINI M., DI MARZIO P., FABOZZI C., FORTINI P., 1993 – *Analisi critica e considerazioni fitogeografiche sugli ordini e le alleanze dei querceti e boschi misti a caducifoglie dell'Italia peninsulare*. Ann. Bot., vol. LI, suppl. 10 (1993): 81-112.
- SUSMEL L., 1981 – *Ceduo o altofusto? motivo di una filosofia*. Economia montana, (4): 2-5.
- VOLPINI C., 1979 – *Analisi della situazione attuale e prospettive di valorizzazione dei cedui italiani*. In: Il miglioramento dei cedui italiani. Accademia Nazionale dell'Agricoltura, Bologna: 1-157.
- WARING R.H., 1983. *Estimating forest growth and efficiency in relation to canopy leaf area*. Adv. Ecol. Res. 13: 327-354.

Struttura genetica e sociale in un ceduo di cerro in conversione[§]

Fulvio Ducci,^{1*}Roberta Proietti¹, Paolo Cantiani¹

Accettato il 6 luglio 2006

Riassunto – Impiegando marcatori biochimici (alloenzimi) è stata analizzata la struttura genetica di una popolazione di cerro sottoposta a trattamenti sperimentali di avviamento all'alto fusto, nella zona delle Colline Metallifere, in Toscana. La popolazione è stata studiata nelle sue componenti interne e messa a confronto, per i parametri genetici principali (n. alleli/*locus*, % *loci* polimorfici, eterozigosi, indici di fissazione, quantità di alleli rari, assenti e quasi rari), con un sistema di riferimento di altre popolazioni appenniniche di cerro (Carpegna-Sasso di Simone, (PU); Montedimezzo, (IS); Taburno, (AV)). Complessivamente sono stati presi in esame 9 sistemi isoenzimatici, che hanno portato all'individuazione di 16 *loci* (di cui dieci polimorfici), per un totale di 41 varianti alleliche. L'analisi intra-popolazione ha considerato un'area campione all'interno della quale sono state analizzate 107 piante appartenenti alle diverse componenti: polloni e matricine; la popolazione dei polloni è stata stratificata in dominanti e dominati. L'analisi dei *cluster* genotipici ha permesso di rilevare la loro sovrapposizione spaziale sull'area dell'esperimento e di verificare che questi non sono correlati con particolari classi sociali. L'analisi dei parametri genetici ha, invece, mostrato come la maggior quantità di informazione genetica sia presente nella classe dominata dei polloni, mentre va progressivamente riducendosi tra i polloni dominanti e tra le matricine, sia in termini di disponibilità di varianti alleliche, che di combinazioni genotipiche. Questa componente sociale andrebbe tutelata adattando le tecniche del trattamento di avviamento ad alto fusto, poiché potrà costituire una riserva di informazione genetica cui la futura popolazione potrà attingere.

Parole chiave: *Quercus cerris*, alloenzimi, diversità genetica, ceduo, avviamento ad altofusto.

Abstract – Genetics and stand structure of a Turkey oak coppice. The genetic structure of a Turkey oak population in a coppice with standards in conversion to high forest, has been analysed using genetic biochemical markers (allozymes). The population grows in the Colline Metallifere area, Tuscany, central Italy. The genetic structure analysis was carried out using starch gel electrophoresis on 16 enzyme *loci* and 41 allelic variants. In total 10 *loci* were found polymorphic, with 35 alleles. A set of three other reference Apennine populations was used in order to compare the main genetic parameters (mean number of alleles per *locus*, percent of polymorphic *loci*, observed and expected heterozygosity, fixation indexes and allele frequencies). Two of them were high forests and another one was a coppice forest. This preliminary study was carried out on an experimental plot where a test on coppice conversion is being performed. Trees from the different components of the thinned crop (standards, dominant and dominated shoots), were analysed and mapped by total station method (Nikon DTM/350). The total population was subdivided between coppice shoots and standards. Shoots were then classified according to their own layering (dominant or dominated). All trees were grouped statistically in *clusters* of genotypic similarity and mapped. All *clusters* appeared in general overlapped, given the plane morphology of the site. Therefore no peculiar spatial structures were highlighted. On the opposite, the genetic structure of social categories showed that the most important part of genetic information was hosted by shoots. Shoots, and mostly the dominated ones, proved to be the richest category either for allelic variants either for heterozygote patterns. Standard trees resulted as the poorest category. Compared to other Italian populations it seems confirmed that the management under the coppice system tends to reduce diversity and variation within stands. This study is only a preliminary and explorative step, but it has shown the opportunity of adopting targeted ways to preserve the gene pool of the future high forest from seed. Several scattered small spots of the dominated layer should be maintained in addition to the normal release of dominant shoots and standards throughout the thinned area, to allow their future genetic contribution.

Key words: *Quercus cerris*, allozymes, genetic diversity, coppice, coppice conversion into high forest.

F.D.C.: 176.1 Quercus cerris: 165.2:22: (450.52)

Introduzione

Le querce decidue sono tra le latifoglie più diffuse in Europa ed in Italia. Caratterizzate da lunghi cicli di rotazione, in Italia sono sottoposte, ormai da millenni, a notevole pressione antropica a causa della pastorizia, di prelievi di legname da costruzione, da opera e per la produzione di combustibile. Nel nostro

Paese hanno un particolare significato ecologico, ed in alcune aree anche economico, la farnia (*Quercus robur* L.), la rovere (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), concentrate essenzialmente nel Centro-Nord, la rovere (*Quercus pubescens* Willd) e il cerro (*Quercus cerris* L.) che, invece, dominano nelle regioni interne ed appenniniche dell'Italia peninsulare ed occupano stazioni con maggiori connotati di continentalità. Le

[§]Lavoro svolto nell'ambito del progetto "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e culturale di differenti modalità di matricinatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno" promosso e finanziato dall'ARSI-REGIONE TOSCANA.

* Autore corrispondente fulvio.ducci@entecra.it

¹ C.R.A. - Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo .

prime tre specie appartengono alla sez. *Robur* del genere *Quercus*, mentre il cerro afferisce alla sez. *Cerris* (CORTI 1955 in GELLINI 1975; MANOS *et al.* 1999).

Mentre i cambiamenti del paesaggio e della copertura forestale determinati dalle attività antropiche hanno causato una notevole contrazione e frammentazione delle popolazioni di farnia e rovere (che costituivano le specie più comuni nelle foreste planiziali della Pianura Padana), roverella e cerro, specie molto più rustiche, non hanno subito particolari riduzioni in termini di estensione, occupando, infatti, regioni montane e collinari di minor interesse agronomico.

In Italia il cerro vegeta soprattutto lungo l'Appennino centro-meridionale (FENAROLI e GAMBI, 1976), nella fascia di vegetazione compresa tra i boschi collinari, dominati da roverella e carpino, e le faggete montane. Esso è soggetto a due forme di governo: il ceduo e l'alto fusto.

Queste due modalità di coltivazione sono spesso ritenute in antitesi per quanto riguarda l'impatto sui livelli di diversità e di variabilità delle popolazioni ad esse sottoposte. Nel caso del ceduo, si ritiene che il prolungato ricorso alla propagazione vegetativa determini processi di erosione genetica. La fustaia viene, invece, in genere considerata come fonte di maggior variazione genetica e quindi come ecosistema più equilibrato, che può esprimere in maggior misura le potenzialità della specie.

Come per un ecosistema è importante conservare diversità per il proprio equilibrio e per avere resilienza elevata, così per la sopravvivenza di una specie forestale è essenziale mantenere differenziazione genetica e i dinamismi che la regolano. Una specie o una popolazione, dotate di buoni livelli di diversità, possono far fronte più facilmente ad eventuali cambiamenti ambientali inattesi durante il lungo ciclo biologico. La presenza di numerose varianti alleliche e fenotipiche, come anche di elevati livelli di eterozigosi, è indice di vitalità e costituisce un'importante "assicurazione" sul futuro, poiché consente alla popolazione di adattarsi e di evolversi (MÜLLER-STARCK e ZIEHE, 1991) e di mantenere quindi i dinamismi sopra citati, che permettono di assorbire i mutamenti.

Nel caso di popolazioni forestali, coltivate e sfruttate intensamente da lungo tempo, può essere importante valutare in che termini i trattamenti selvicolturali ne interessano la "strutturazione" genetica e, quindi, le possibilità di conservare o eventualmente recuperare il dinamismo necessario alla proiezione di

questa nel futuro.

Questo studio si pone l'obiettivo di saggiare, in fase preliminare, la struttura genetica di una cerreta originata da un ceduo matricinato, relativamente invecchiato ed in fase d'avviamento all'alto fusto, per fornire eventuali indicazioni colturali sul trattamento in atto. Queste dovrebbero mirare a preservare quanto più possibile la diversità della popolazione, base della sua esistenza futura.

Materiali e metodi

Caratteristiche della popolazione

La popolazione di cerro, un ceduo di 34 anni di età al momento dell'inizio dell'esperimento, è situata a Fontalcinaldo (GR), sulle Colline Metallifere nella Toscana centro orientale. Il soprassuolo è inserito in un protocollo sperimentale che pone a confronto diverse opzioni selvicolturali: ceduazione, con diverse modalità di matricinatura, e due intensità di avviamento all'alto fusto (CANTIANI *et al.* 2006; PIEGAI e FABIANO 2006).

Per la descrizione delle caratteristiche stazionali e climatiche del sito sperimentale si rimanda a CANTIANI *et al. op. cit.* ed a PIEGAI e FABIANO *op. cit.* in questo volume.

La popolazione scelta per le analisi genetiche appartiene alla tesi **AvA** (particelle 1 e 2) di avviamento all'alto fusto (PIEGAI e FABIANO, *op. cit.*). La superficie della parcella sperimentale è di 5.000 m².

Prima e dopo l'intervento colturale sono stati effettuati rilievi dendrometrico-strutturali del popolamento. L'intervento (sintetizzato nei suoi parametri in Tabella 1) è stato molto intenso (asportato l'81% dei polloni ed il 56% dell'area basimetrica totale) e ha interessato in pratica tutto il piano dominato e, nel piano dominante, ha inciso soprattutto sui polloni e le matricine.

Tabella 1 - Sintesi dei parametri dendrometrici del popolamento prima e dopo l'intervento di avviamento all'alto fusto.
Main mensurational parameters within the population before and after the thinning for coppice conversion into high forest.

	prima	dopo	Utilizzazione %
N ha⁻¹	4728	912	80,7
Gm² ha⁻¹	29,3	12,9	55,8
dgm	8,9	13,4	
hm	10,5	12,9	

N ha⁻¹ = n° polloni;
 Gm² ha⁻¹ = area basimetrica;
 dgm = diametro di area basimetrica media;
 hm = altezza media.

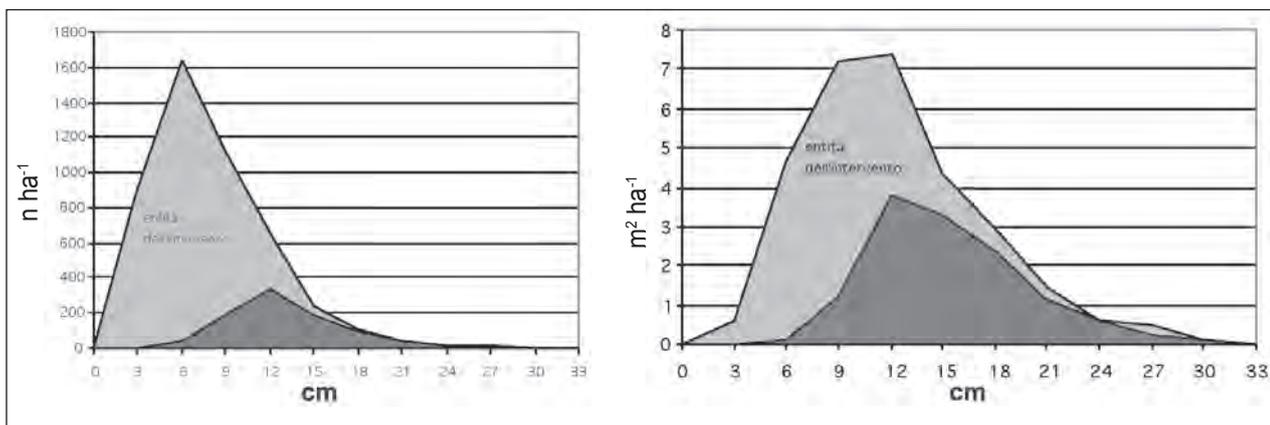


Figura 1 - Entità dell'intervento. Distribuzione del numero dei polloni (a sinistra) e dell'area basimetrica (a destra) per classi di diametro, prima (grigio più chiaro) e dopo il diradamento (grigio più scuro).
Intensity of thinning. Distribution of shoots (left side) and of basal area (right side) vs. diameter, before (light grey) and after the thinning (dark grey).

Tabella 2 - Struttura sociale del popolamento per specie dopo l'intervento di avviamento all'alto fusto.
Demographic structure of the coppice by species after the conversion thinning.

	Cerro				Roverella				Altre specie				Totale			
	D	CD	d	tot	D	CD	d	tot	D	CD	d	totale	D	CD	d	totale
n ha⁻¹	590	158	14	762	22	16	6	44	20	44	42	106	632	218	62	912
m² ha⁻¹	10,00	1,48	0,10	11,59	0,41	0,17	0,06	0,64	0,19	0,31	0,21	0,72	10,6	2,0	0,4	12,9
Dgm	46,2	34,3	30,3	13,9	48,4	37,0	34,1	13,6	34,4	30,0	25,3	9,3	45,9	33,7	27,4	13,4
Hm	18,94	17,49	16,88	13,06	19,18	17,86	17,45	12,95	17,50	16,82	15,99	11,07	18,91	17,40	16,39	12,89

N ha⁻¹ = n° polloni;
 Gm² ha⁻¹ = area basimetrica;
 dgm = diametro di area basimetrica media;
 hm = altezza media.

I due grafici in Figura 1 mostrano le distribuzioni di numero e area basimetrica prima e dopo il taglio d'avviamento.

La Tabella 2 sintetizza, invece, la struttura sociale del popolamento dopo l'intervento di avviamento all'alto fusto.

Nella porzione centrale della parcella sperimentale è stato realizzato un sistema di aree di saggio circolari concentriche. In un'area, più piccola e centrale (17 metri di raggio), sono state campionate per le analisi genetiche tutte le piante di cerro presenti, suddivise per classi sociali e per età (polloni, matricine di un turno e matricine di due turni). Tutte le piante sono state numerate e geo-riferite tramite stazione totale (Nikon DTM/350). Complessivamente sono state censite 147 piante, ma è stato possibile raccogliere materiale vegetale solo da 107 di esse. In Figura 2 ne è riportata la dislocazione, relativamente uniforme, nella parcella sperimentale. Per meglio rilevare e interpretare l'eventuale presenza di strutturazione spaziale dell'informazione genetica, la popolazione

è stata suddivisa in quadranti, ordinati a partire da quello in alto a destra, in senso orario.

Le analisi genetiche

La variabilità genetica della popolazione è stata saggiata attraverso marcatori biochimici (alloenzimi) mediante elettroforesi su gel orizzontale di amido. Questa tecnica è già stata utilizzata per lo studio del livello e della distribuzione della variabilità genetica del genere *Quercus* da YACINE e LUMARET (1989); MÜLLER-STARCK e ZIEHE, *op. cit.*; MÜLLER-STARCK *et al.* (1993); ZANETTO *et al.* (1993); BACILIERI *et al.* (1994); HERZOG (1994); ZANETTO *et al.* (1994); SAMUEL *et al.* (1995); ZANETTO e KREMER (1995); BELLETTI e LEONARDI (1997); FINKELEY (2001); GÖMÖRY *et al.* (2001); DUCCI e PROIETTI (2002); FINKELEY e MÁTYÁS (2003); BELLETTI *et al.* (2005). I marcatori biochimici, pur non avendo un significato direttamente correlabile a caratteri fenotipici e/o adattativi, offrono la possibilità di esplorare, in maniera relativamente poco costosa e rapida, la struttura genetica nelle popolazioni per adottare even-

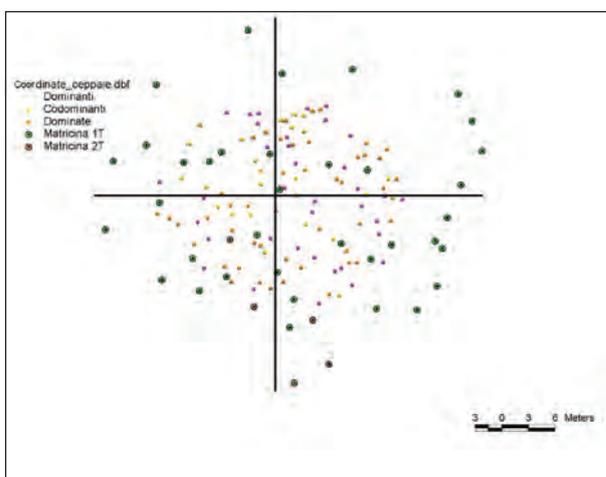


Figura 2 – Dislocazione delle piante esaminate nella parcella di Fontalcinaldo.
Map of trees sampled within the experimental plot in Fontalcinaldo.

tuali interventi di gestione e conservazione. Offrono, inoltre, utili informazioni sulla possibile presenza di alleli rari e, se necessario, costituiscono la base per affiancare studi di approfondimento successivi con marcatori molecolari (BARRENECHE *et al.* 1998; STREIFF *et al.* 1998; FINKELEY e MÁTYÁS *op. cit.*; GÖMÖRY *et al. op. cit.*).

La popolazione di Fontalcinaldo è stata messa a confronto con tre popolazioni di riferimento di cerro. La prima è un esteso ceduo semplice individuato a latitudine relativamente simile a Fontalcinaldo, presso il Sasso di Simone (800 m s.l.m.), nel versante adriatico dell'Appennino pesarese, in Italia centro-settentrionale. Le altre due sono fustaie disetanee dell'Italia meridionale. Una di queste, Montedimezzo (IS), è situata sempre nel versante adriatico degli Appennini; l'altra, Taburno (BN), è invece, nel versante tirrenico. Entrambe sono poste ad altitudini variabili tra 600 e 900 m..

L'estrazione degli enzimi è stata effettuata da gemme in riposo vegetativo, da un campione di circa 40 individui per ciascuna delle popolazioni di confronto e, nel caso di Fontalcinaldo, da 107 piante. Queste sono state attribuite a diverse classi sociali: 46 polloni di ceppaie "dominate", 25 di "dominanti", 6 di "codominanti", 30 matricine (di cui 28, "m1", di un turno oltre l'età dei polloni e 2, "m2", di due turni oltre l'età dei polloni). I polloni, che insieme alle matricine rilasciate dopo il taglio di avviamento, costituiscono l'attuale

fustaia transitoria, sono coetanei (34 anni) e derivano dall'ultimo taglio del ceduo.

Relativamente alla preparazione dei campioni, sono stati impiegati, in parte modificandoli, i metodi proposti da KIM (1979) e MÜLLER-STARCK e ZIEHE *op. cit.*, mentre i protocolli di analisi elettroforetica hanno fatto riferimento a quelli suggeriti da CONKLE *et al.* (1982) e MÜLLER-STARCK e ZIEHE *op. cit.*. I tamponi di colorazione sono stati preparati in accordo con VALLEJOS (1983), CHELIAK e PITEL (1985), CONKLE *et al. op. cit.*

In totale sono stati analizzati 9 sistemi enzimatici: IDH (E.C. 1.1.1.42), PGI (E.C. 5.3.1.9), GOT (E.C. 2.6.1.1), MDH (E.C. 1.1.1.37), MNR (E.C. 1.6.99.2), 6PGDH (E.C. 1.1.1.44), SKDH (E.C. 1.1.1.25), PGM (E.C. 5.4.2.2) e GDH (E.C. 1.4.1.2), per un totale di 16 loci e 41 varianti alleliche. Per quanto riguarda l'identificazione di loci e alleli, la zona di attività più vicina all'anodo è stata indicata come locus 1, mentre l'allele più veloce è stato chiamato "a".

I dati di Fontalcinaldo sono stati esaminati in modo da rendere evidenti le caratteristiche genetiche della popolazione preesistenti all'intervento selvicolturale e quelle delle diverse componenti sociali che concorrono alla formazione dell'attuale fustaia transitoria. Di conseguenza gli individui analizzati sono stati divisi in 3 gruppi demografici, di cui il secondo, quello relativo alla componente di origine agamica, in due sottogruppi o sotto-classi sociali:

1. – la popolazione totale di Fontalcinaldo, costituita dalle 107 piante campionate, che rappresenta il ceduo matricinato preesistente all'intervento selvicolturale;
2. – la componente di *ceduo semplice*, formata dai polloni delle ceppaie dominanti, codominanti e dominate². È importante sottolineare che parte dei polloni costituiscono anche la fustaia transitoria dopo il primo intervento di avviamento all'alto fusto. Essi hanno, quindi, la doppia veste di "fotografia" del ceduo semplice (di cui rappresentano le ceppaie) e della fustaia transitoria, la cui struttura sociale è stata suddivisa nelle seguenti sotto-classi:
 - 2.1 – la sotto-classe *dominata*;
 - 2.2 – la sotto-classe *dominante* (inclusi i 6 individui codominanti);
3. – la componente delle matricine (tutte le classi di età).

²A questo proposito è tipicamente presente nella popolazione dei polloni una situazione di concorrenza intraspecifica asimmetrica, che riflette anche la preesistente situazione tra ceppaie di appartenenza (PUSSI 1994).

L'analisi dei parametri della diversità interna al gruppo 1. ha avuto lo scopo di conoscere la situazione iniziale della struttura genetica prima del taglio di avviamento, esattamente nelle stesse condizioni microstazionali in cui viene condotto l'esperimento colturale.

Le analisi sulle altre componenti del soprassuolo, polloni nel loro complesso (gruppo 2.), successivamente suddivisi per classi sociali (componente "vegetativa") e matricine (componente "generativa"), hanno avuto per scopo una stima della variabilità genetica della fustaia transitoria dopo il primo taglio di avviamento. I parametri genetici dei diversi gruppi sociali sono stati infine confrontati tra loro e con la popolazione totale di "Fontalcinaldo", intesa come situazione iniziale di riferimento.

Le analisi statistiche sono state eseguite con il programma Biosys-1.7 (SWOFFORD e SELANDER, 1989) per stimare i principali parametri genetici: numero medio di alleli per locus (n), frequenze alleliche, percentuale di loci polimorfici ($P_{5\%}$), eterozigosi osservata (H_o) ed attesa (H_e), frequenza di alleli rari (frequenze inferiori a 0,05) ed assenti e di quelli in via di riduzione (frequenze tra 0,051 e 0,09) nei diversi gruppi sociali. Sulle frequenze alleliche e genotipiche, per verificare la rispondenza alla legge dell'equilibrio Hardy-Weinberg, dopo aver effettuato la correzione di LEVENE (1949) per campioni di piccole dimensioni, è stato condotto il test del χ^2 (NEI 1978), utilizzando il software Genepop 3.3 (RAYMOND e ROUSSET 1995a,b).

La distribuzione ed il livello di variabilità genetica tra ed entro i gruppi sociali, come anche tra popolazioni di cerro, sono stati calcolati mediante l' F di WRIGHT (1978), che stima: la variabilità genetica nella popolazione totale (F_{IT}), la variabilità genetica tra le sub-popolazioni (F_{ST}), la variabilità genetica entro ciascuna popolazione $F_{IS} = 1 - (H_o/H_e)$. Sono stati inoltre calcolati gli indici H_T , H_S , D_{ST} e G_{ST} (NEI, 1987; HARTL e CLARK 1989), che stimano gli stessi indici di WRIGHT, ma rispetto al grado di eterozigosi.

I dati ottenuti sono stati, inoltre, sottoposti a *bootstrapping*, impiegando il programma F-STAT versione 2.9.3 (GOUDET 2001), per compensare l'effetto dei dati mancanti e del campionamento sugli indici di fissazione (WEIR e COCKERHAM 1984; CAVALLI-SFORZA 1994). Attraverso le procedure di *clustering* ed Analisi delle Componenti Principali del programma NTSYS-2.1© (ROHLF 2000), è stata ottenuta l'attribuzione di genotipi enzimatici simili, individuati nella popolazione

toscana, ad un gruppo di sette *cluster*, con un errore di attribuzione stimato per $P \leq 0,05$. La dislocazione delle piante attribuite ad uno stesso cluster genotipico è stata rappresentata graficamente sulla mappa della popolazione. Si è, infine, ritenuto utile suddividere questa in quadranti, allo scopo di facilitare l'analisi della distribuzione della diversità e la comprensione della struttura interna.

Risultati

Su tutte le popolazioni esaminate sono stati rilevati 10 loci polimorfici, con 35 varianti alleliche (Tabella 3).

Il cerro di Fontalcinaldo e le popolazioni di confronto

Il cerro della parcella di Fontalcinaldo, comparato alle popolazioni di riferimento, mostra gli stessi loci monomorfi, pur costituendo un campione molto più numeroso. Relativamente alle frequenze alleliche nei loci polimorfici, queste sono in generale simili per ordine di grandezza (Tabella 3). Esistono tuttavia differenze evidenti per IDH-1b tra Fontalcinaldo e Montedimezzo (>3,5 volte nella seconda popolazione), IDH-1c (viceversa > 2,3 volte nella prima) e per PGI-2b (assenza in Fontalcinaldo), PGI-2c (mediamente doppia in Fontalcinaldo rispetto alle altre popolazioni). La popolazione toscana presenta frequenze che si discostano notevolmente dalle altre anche per GOT-2a (>2,0 volte in media) e soprattutto per GOT-3b (< 10 volte circa rispetto alle altre) e GOT-3c (>9,5 volte nella nostra popolazione). Infine, Fontalcinaldo è l'unica popolazione in cui si sia rilevata la variante allelica GOT-3d, anche se rara. Altri alleli, rari o assenti solamente in Fontalcinaldo, sono PGI-2b, MNR-2a-e, 6PGD-2c, MDH-2c e GDH-1c. A questi si aggiungono altre varianti esclusive di Fontalcinaldo, da noi definite "quasi rare" (frequenze comprese tra 0,051 e 0,09): GOT-3b, MNR-2b e PGM-2c.

I principali parametri genetici (Tabella 4) mostrano che, nonostante il campione toscano sia numeroso più del doppio rispetto agli altri, i valori sono sostanzialmente simili tra popolazioni. In tutte le popolazioni l'eterozigosi osservata è inferiore a quella attesa. Questo aspetto si riflette sul valore di F_{IS} , che mostra scostamento dall'equilibrio di Hardy-Weinberg, con tendenza all'omozigosi. È, infine, netta, come sopra evidenziato, la differenza della quantità di alleli rari o assenti (significativa per $P \leq 0,05$) tra Fontalcinaldo e

Locus	Popolazione			
	Fontalcinaldo	Taburno	Carpegna	Montedimezzo
IDH-1				
(N)	100	40	38	40
A	0,165	0,112	0,092	0,125
B	0,165	0,338	0,316	0,600
C	0,555	0,475	0,487	0,237
D	0,115	0,075	0,105	0,038
PGI-1				
(N)	107	40	40	40
Monomorfico	1,000	1,000	1,000	1,000
PGI-2				
(N)	106	37	38	33
A	0,208	0,149	0,250	0,167
B	0,000	0,068	0,105	0,121
C	0,203	0,095	0,092	0,061
D	0,590	0,689	0,553	0,652
GOT-1				
(N)	107	40	40	40
Monomorfico	1,000	1,000	1,000	1,000
GOT-2				
(N)	67	26	29	18
A	0,201	0,096	0,069	0,111
B	0,306	0,827	0,621	0,722
C	0,493	0,077	0,310	0,167
GOT-3				
(N)	85	36	34	27
A	0,106	0,097	0,118	0,056
B	0,082	0,806	0,809	0,852
C	0,782	0,097	0,074	0,093
D	0,029	0,000	0,000	0,000
SKDH-1				
(N)	101	37	38	35
A	0,361	0,257	0,382	0,314
B	0,450	0,459	0,487	0,614
C	0,188	0,284	0,132	0,071
MNR-1				
(N)	107	40	40	40
Monomorfico	1,000	1,000	1,000	1,000
MNR-2				
(N)	107	40	40	38
A	0,019	0,463	0,575	0,329
B	0,070	0,063	0,050	0,053
C	0,883	0,087	0,013	0,145
D	0,005	0,138	0,013	0,066
E	0,023	0,250	0,350	0,408
6PGD1				
(N)	107	40	40	40
Monomorfico	1,000	1,000	1,000	1,000
6PGD2				
(N)	96	33	34	35
A	0,318	0,318	0,191	0,286
B	0,682	0,591	0,750	0,571
C	0,000	0,091	0,059	0,143
MDH-1				
(N)	107	40	40	40
Monomorfico	1,000	1,000	1,000	1,000
MDH-2				
(N)	104	38	37	37
A	0,404	0,276	0,176	0,176
B	0,587	0,355	0,351	0,365
C	0,010	0,368	0,473	0,459
GDH-1				
(N)	95	35	31	27
A	0,284	0,243	0,274	0,296
B	0,705	0,571	0,532	0,537
C	0,011	0,186	0,194	0,167
PGM-1				
(N)	107	40	40	40
Monomorfico	1,000	1,000	1,000	1,000
PGM-2				
(N)	93	39	38	38
A	0,156	0,154	0,053	0,184
B	0,753	0,538	0,789	0,684
C	0,091	0,308	0,158	0,132

Tabella 3 - Frequenze alleliche per tutti i loci analizzati nella popolazione di Fontalcinaldo e in quelle di confronto.
Allele frequencies for all the loci examined in the population of Fontalcinaldo and the reference system.

Carpegna rispetto alle altre popolazioni meridionali, che sono governate a fustaia da lungo tempo. Le differenze si mantengono tra le due coppie se viene esaminata la quantità di alleli che abbiamo classificato come “quasi rari”, anche se in questo caso sono le due popolazioni meridionali ad averne una quantità maggiore.

Dai dati della Tabella 5 si stima che l'89 % circa della varianza sia da imputare alla diversità interna alle popolazioni e solo il 10,5 % alla differenziazione tra queste.

La diversità intra-popolazione di Fontalcinaldo

Nelle Tabelle 6 e 7 sono riportate le frequenze alleliche e i principali parametri genetici della popolazione di Fontalcinaldo e delle tipologie sociali presenti al suo interno.

Le frequenze alleliche nei 5 gruppi sono simili per i diversi loci analizzati. Tuttavia, esistono delle evidenti variazioni nella distribuzione degli alleli rari, assenti, o “quasi rari” soprattutto nelle componenti vegetative del ceduo. I polloni derivanti da ceppaie dominanti e le matricine si distinguono dal gruppo dei polloni dominati per un maggiore numero totale di alleli rari, “quasi rari”, o assenti (27), ripartiti in: 13 tra i polloni dominanti e 14 tra le matricine. Di queste tipologie di alleli, alcune caratterizzano in maniera esclusiva e condivisa i polloni dominanti e le matricine: IDH-2b, GOT-3a-b, MNR-2b, MDH-2c, GDH-1c, PGM-2c. Altre sono invece esclusive di ciascuna delle due categorie sociali: rispettivamente GOT-2c per i polloni dominanti e GOT-2a, MNR-2a-e, PGM-2a per le matricine. Di conseguenza, per l'elevata quantità di alleli mancanti, n (numero medio di alleli per locus) è ridotto tra i polloni dominanti a 2,2 e ancor più nelle matricine (2,1) rispetto alla popolazione totale (2,4) e al ceduo semplice (2,4; Tabella 7).

Tra i polloni dominati, più numerosi, il valore di n è più elevato (2,3) rispetto a polloni dominanti e matricine. Inoltre, relativamente al rilievo di alleli rari, “quasi rari” e assenti è evidente la loro esiguità (8). Di questi solo uno (IDH-2d) è assente in maniera esclusiva tra i polloni dominati, cinque sono definiti come rari, e nessuno è “quasi raro”.

Tabella 4 - Variabilità genetica in Fontalcinaldo e nelle popolazioni di confronto per tutti i loci analizzati (in parentesi è riportato l'errore standard).
Genetic variation for Fontalcinaldo and comparison populations at all the analyzed loci (standard errors in brackets).

Tipologia sociale	N/L	n	P _{5%}	Ho	He	F _{IS}	N. Alleli rari e assenti e quasi rari*
1. FONTALCINALDO	99,8 (2,7)	2,4 (0,3)	62,5	0,181 (0,043)	0,300 (0,066)	0,396	8 [2]
2. TABURNO	37,6 (0,9)	2,5 (0,3)	62,5	0,226 (0,052)	0,347 (0,074)	0,349	1 [5]
3. CARPEGNA	37,3 (0,9)	2,5 (0,3)	62,5	0,219 (0,047)	0,330 (0,070)	0,336	6 [1]
4. MONTEDIMEZZO	35,5 (1,6)	2,5 (0,3)	62,5	0,224 (0,055)	0,336 (0,071)	0,333	1 [4]

N/L: Dimensione media del campione per *locus*;

n: Numero medio di alleli per *locus*;

P_{5%}: Percentuale di *loci* polimorfici (un *locus* è considerato polimorfico quando la frequenza dell'allele più comune è inferiore al 95%);

Ho: Eterozigosi media osservata

He: Eterozigosi media attesa (stimata secondo Nei 1978);

FIS: Indice di fissazione medio per classe (WRIGHT, 1978);

* Tra parentesi quadre il numero di alleli "quasi rari", con frequenza compresa tra 0,051 e 0,090.

La componente vegetativa del soprassuolo nel suo complesso è dunque quella che contiene in media il maggior numero di alleli, avendo lo stesso valore della popolazione iniziale globale (2,4) (Tabella 7). Queste osservazioni trovano ulteriore conferma anche esaminando la percentuale di *loci* polimorfici (P_{5%}) che, per le matricine è 56,3 (Tabella 7) e 62,5 per tutte le altre categorie. Tutti i gruppi sociali esaminati sono caratterizzati da valori di eterozigosi osservata (Ho) inferiori a quella attesa (He). Tutti, di conseguenza, presentano valori di F_{IS} positivi ed elevati denotando un chiaro eccesso di omozigosi. Anche per questo parametro i polloni dominanti si distinguono dagli altri gruppi, poiché mostrano il valore più alto di F_{IS} (0,414). Il valore più basso (0,365), quindi leggermente più favorevole, si riscontra per la classe delle piante dominate. Le matricine presentano un valore intermedio.

La Tabella 7 ed il grafico di Figura 3 evidenziano inoltre le variazioni nel numero di alleli, del totale di alleli rari e assenti e del F_{IS} nei 5 gruppi analizzati. Il ceduo semplice è la classe che riflette per questi tre parametri le caratteristiche della popolazione di partenza Fontalcinaldo. Le caratteristiche variano in maniera relativamente netta allorché sono estratte le varie componenti sociali. Si assiste da un lato ad un evidente impoverimento di varianti alleliche via via che si passa ad individuare le classi dominanti (polloni e matricine), dall'altro i polloni dominanti mostrano un elevato livello di omozigosi, che tende invece a calare tra le matricine. Valori inferiori di omozigosi si hanno

Tabella 5 - F statistico medio per i loci polimorfici in Fontalcinaldo e nelle popolazioni di confronto.
Fixation indexes estimated for the polymorphic loci in Fontalcinaldo and comparison populations.

Locus	F _{IS}	F _{IT}	F _{ST}
IDH-1	0,430	0,465	0,061
PGI-2	0,270	0,282	0,017
GOT-2	0,315	0,399	0,122
GOT-3	0,473	0,671	0,376
SKDH-1	0,420	0,432	0,021
MNR-2	0,093	0,330	0,262
6PGD2	0,406	0,419	0,021
MDH-2	0,476	0,519	0,083
GDH-1	0,248	0,263	0,019
PGM-2	0,334	0,360	0,039
Media	0,345	0,413	0,105

tra i polloni della classe dominata, relativamente più numerosa.

Gli indici medi di fissazione (Tabella 8) indicano che il 97% (F_{ST} = 0,033) circa della variabilità presente nell'area analizzata è comune ai diversi gruppi e che la diversità osservata è dovuta per il 62% (F_{IS} = 0,382) a differenze tra gli individui che costituiscono le diverse classi sociali. La divergenza dall'equilibrio di Hardy-Weinberg è significativa per IDH-2, GOT-2, GOT-3 e 6PGD-2 (Tabella 8).

I valori medi dei parametri che descrivono il livello di differenziazione genetica H_S, D_{ST} e G_{ST} stimati per i *loci* polimorfici dei 5 gruppi analizzati confermano che la percentuale maggiore di variabilità genetica è dovuta a differenze interne ad essi e non a differenze tra classi sociali (Tabella 9).

Se, infine, si osserva la dislocazione topografica (Figura 4) dei gruppi di affinità genotipica entro la po-

Tabella 6 - Frequenze alleliche nella popolazione di Fontalcinaldo e all'interno delle diverse classi sociali e demografiche.
Allele frequencies of Fontalcinaldo population and within the different social and demographic classes.

Locus	Tipologia sociale					Locus	Tipologia sociale				
	1. Ceduo matricinato di Fontalcinaldo	2. Strato a Ceduo semplice	2.1 Polloni delle ceppaie dominate	2.2 Polloni delle ceppaie dominanti	3. Matricine		1. Ceduo matricinato di Fontalcinaldo	2. Strato a Ceduo semplice	2.1 Polloni delle ceppaie dominate	2.2 Polloni delle ceppaie dominanti	3. Matricine
IDH-2 (N)	100	70	40	30	30	MNR-2 (N)	107	77	46	31	30
A	0,165	0,143	0,100	0,200	0,217	A	0,019	0,026	0,022	0,032	0,000
B	0,165	0,221	0,350	0,050	0,033	B	0,070	0,084	0,141	0,000	0,033
C	0,555	0,550	0,550	0,550	0,567	C	0,883	0,851	0,793	0,935	0,967
D	0,115	0,086	0,000	0,200	0,183	D	0,005	0,006	0,000	0,016	0,000
						E	0,023	0,032	0,043	0,016	0,000
PGI-1 (N)	107	77	46	31	30	6PGD-1 (N)	107	77	46	31	30
Monomorfo	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Monomorfo	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
PGI-2 (N)	106	77	46	31	29	6PGD2 (N)	96	67	37	30	29
A	0,208	0,162	0,141	0,194	0,328	A	0,318	0,306	0,419	0,167	0,345
B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	B	0,682	0,694	0,581	0,833	0,655
C	0,208	0,214	0,196	0,242	0,190						
D	0,585	0,623	0,663	0,565	0,483	MDH-1 (N)	107	77	46	31	30
						Monomorfo	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
GOT-1 (N)	107	77	46	31	30	MDH-2 (N)	104	75	44	31	29
Monomorfo	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	A	0,404	0,400	0,375	0,435	0,414
GOT-2 (N)	67	46	37	9	21	B	0,587	0,587	0,602	0,565	0,586
A	0,201	0,261	0,257	0,278	0,071	C	0,010	0,013	0,023	0,000	0,000
B	0,306	0,250	0,149	0,667	0,429						
C	0,493	0,489	0,595	0,056	0,500	GDH-1 (N)	95	68	39	29	27
						A	0,284	0,272	0,282	0,259	0,315
GOT-3 (N)	85	61	37	24	24	B	0,705	0,713	0,692	0,741	0,685
A	0,106	0,115	0,149	0,063	0,083	C	0,011	0,015	0,026	0,000	0,000
B	0,082	0,115	0,189	0,000	0,000						
C	0,782	0,746	0,635	0,917	0,875	PGM-1 (N)	107	77	46	31	30
D	0,029	0,025	0,027	0,021	0,042	Monomorfo	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
SKDH-1 (N)	101	73	43	30	28	PGM-2 (N)	93	67	38	29	26
A	0,361	0,322	0,244	0,433	0,464	A	0,156	0,187	0,171	0,207	0,077
B	0,450	0,479	0,547	0,383	0,375	B	0,753	0,709	0,711	0,707	0,865
C	0,188	0,199	0,209	0,183	0,161	C	0,091	0,104	0,118	0,086	0,058
MNR-1 (N)	107	77	46	31	30						
Monomorfo	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000						

Tabella 7 - Variabilità genetica per tutti i loci analizzati in tutti i gruppi (fra parentesi l'errore standard).
Genetic variability at all loci analysed within all the considered groups (standard error in brackets).

Strato sociale	N/L	n	P _{5%}	Ho	He	F _{IS}	N. Alleli rari, assenti e quasi rari*
1. Ceduo matricinato di Fontalcinaldo	99,8 (2,7)	2,4 (0,3)	62,5	0,181 (0,043)	0,300 (0,066)	0,396	6 (1) [2]
2. Ceduo semplice	71,4 (2,1)	2,4 (0,3)	62,5	0,186 (0,043)	0,308 (0,066)	0,396	6 (1) [2]
2.1 Polloni dominati	42,7 (1,0)	2,3 (0,3)	62,5	0,200 (0,045)	0,315 (0,065)	0,365	5 (3) [0]
2.2 Polloni dominanti	28,8 (1,4)	2,2 (0,3)	62,5	0,157 (0,043)	0,268 (0,064)	0,414	5 (5) [3]
3. Matricine	28,3 (0,7)	2,1 (0,2)	56,3	0,169 (0,048)	0,274 (0,067)	0,383	3 (7) [4]

N/L: Dimensione media del campione per locus;

n: Numero medio di alleli per locus;

P_{5%}: Percentuale di loci polimorfici (un locus è considerato polimorfico quando la frequenza dell'allele più comune è inferiore al 95%);

Ho: Eterozigosi media osservata;

He: Eterozigosi media attesa (stimata secondo NEI 1978);

F_{IS}: Indice di fissazione medio per classe (WRIGHT 1978);

* Tra parentesi quadre il numero di alleli "quasi rari", con frequenza compresa tra 0,051 e 0,090.

Tabella 8 – Indici medi di fissazione in Fontalcinaldo e nelle popolazioni di confronto (P, calcolato secondo RAYMOND e ROUSSET, 1995, esprime la significatività della divergenza dall'equilibrio di Hardy-Weinberg).

Mean fixation indexes in Fontalcinaldo and comparison populations (P-value, according to RAYMOND and ROUSSET, 1995, shows the significance of departure from Hardy-Weinberg equilibrium).

Locus	F _{IS}	F _{IT}	F _{ST}	P
IDH-2	0,444	0,463	0,033	0,0000
PGI-2	0,272	0,283	0,014	0,3029
GOT-2	0,437	0,501	0,114	0,0000
GOT-3	0,594	0,612	0,045	0,0062
SKDH-1	0,254	0,266	0,017	0,2167
MNR-2	0,599	0,602	0,031	0,0858
6PGD2	0,436	0,454	0,031	0,0340
MDH-3	0,443	0,444	0,001	0,9849
GDH-2	0,165	0,167	0,002	0,9742
PGM-2	0,368	0,378	0,015	0,5664

popolazione, ricavati attraverso le procedure offerte dal programma NTSYS© (ROHLF *op. cit.*), appare evidente che non esiste, in questa porzione della cerreta, una strutturazione spaziale della diversità. L'attribuzione ai differenti *cluster*, realizzata attraverso l'Analisi delle Componenti Principali, è stata ottenuta con una probabilità di attribuzione dei genotipi ai diversi *cluster* variabile dal 53 al 95 %.

I sette principali *cluster* genotipici individuati sono tutti sovrapposti e non lasciano supporre che in un punto o nell'altro della popolazione esaminata ve ne sia uno prevalente in maniera significativa o viceversa. Solo un gruppo di matricine (*cluster* 1) nei quadranti I e II mostra relazione tra collocazione topografica e appartenenza ad un gruppo affine.

La Tabella 10, infine, visualizza le frequenze di genotipi della popolazione inclusi in uno stesso *cluster* all'interno dei quadranti in cui è stata suddivisa.

Esiste in effetti una gerarchia di consistenza dei *cluster* rilevati, il più numeroso dei quali è il n° 2, che prevale in tutti i quadranti ed è caratterizzato da un basso rapporto matricine/polloni (M/P). I *cluster* 1 e 7 sono, invece, molto meno presenti nell'area considerata, ma sono interessati da un elevato rapporto M/P. Altri gruppi, infine, concorrono a formare la popolazione in maniera meno incisiva e hanno valori intermedi di M/P. Particolare è il caso del *cluster* 4 che non contiene alcuna matricina.

L'analisi delle Componenti Principali (Figura 5), eseguita sempre impiegando il programma NTSYS© (ROHLF *op. cit.*), conferma quanto emerso dalla composizione dei *cluster*: ognuno di essi raggruppa indifferentemente piante appartenenti alle diverse classi sociali e, quindi, non si osserva discriminazione tra i gruppi definibile su base genetica.

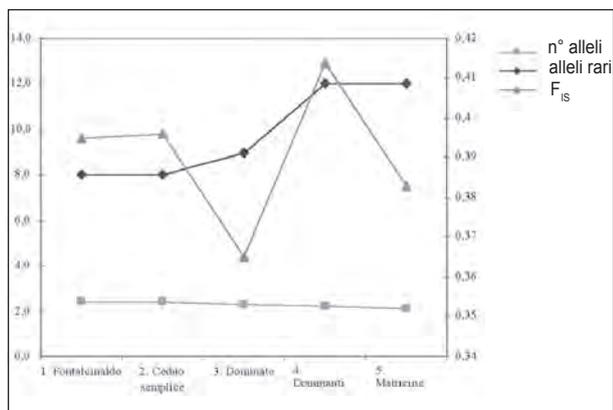


Figura 3 - Variazione del numero medio di alleli per locus, del totale di alleli rari e assenti e del FIS nei 5 gruppi sociali analizzati. Variation of mean number of alleles per locus, total number of rare and lacking alleles and of FIS in the 5 social and demographic groups.

Tabella 9 – Valori di differenziazione genetica per i loci risultati polimorfici nelle popolazioni di Fontalcinaldo (H_T = variabilità totale; H_S = variabilità genetica interna alle popolazioni; D_{ST} = variabilità genetica tra gruppi sociali; G_{ST} = grado di differenziazione genetica).

Genetic differentiation parameters for polymorphic loci in Fontalcinaldo and comparison populations (H_T = total genetic diversity; H_S = intra-populations genetic diversity; D_{ST} = inter-social groups genetic diversity; G_{ST} = genetic differentiation.)

Locus	H _T	H _S	D _{ST}	G _{ST}
IDH-2	0,624	0,604	0,020	0,032
PGI-2	0,579	0,564	0,015	0,026
GOT-2	0,640	0,569	0,071	0,110
GOT-3	0,341	0,341	0,000	0,000
SKDH-1	0,632	0,621	0,011	0,017
MNR-2	0,195	0,203	-0,008	-0,040
6PGD2	0,429	0,415	0,014	0,033
MDH-3	0,492	0,492	0,000	-0,001
GDH-2	0,421	0,419	0,002	0,005
PGM-2	0,393	0,399	-0,007	-0,017
Media	0,475	0,463	0,012	0,017

Ulteriore conferma si ottiene dalla scomposizione della varianza totale, per la quale 10 componenti (in Tabella 11 sono indicate le varianti alleliche maggiormente correlate ad esse) non sono sufficienti a spiegarne il 70 %.

Discussione e conclusioni

Le caratteristiche e i parametri di stima della diversità e di differenziazione genetica della popolazione di cerro di Fontalcinaldo e delle altre di confronto sono compatibili e comparabili con quelle riportate in letteratura per *Q. cerris* (SAMUEL *et al. op. cit.*; BELLETTI e LEONARDI *op. cit.*; BELLETTI *et al. op. cit.*) e per altre specie del genere *Quercus* (YACINE e LUMARET *op. cit.*; MÜLLER-STARCK e ZIEHE *op. cit.*; MÜLLER-STARCK

Tabella 10 - Frequenze di genotipi affini, dello stesso *cluster*, nei quadranti della popolazione (in senso orario).
Frequencies of related genotypes belonging to the same cluster, subdivided by quadrants (right spin).

Quadrante	Cluster						
	1	2	3	4	5	6	7
I	0,23	0,35	0,08	0,08	0,19	0,00	0,08
II	0,15	0,38	0,08	0,08	0,04	0,08	0,12
III	0,10	0,29	0,14	0,14	0,10	0,10	0,10
IV	0,20	0,27	0,20	0,13	0,07	0,13	0,00
% sul totale della popolazione	17,00	32,00	11,00	13,00	10,00	9,00	8,00
Rapporto Matricine/Polloni (M/P)	1,33	0,13	0,57	-	0,57	0,25	1,33

et al. op. cit.; ZANETTO *et al. op. cit.*; BACILIERI *et al. op. cit.*; HERZOG *op. cit.*; DUCCI e PROIETTI *op. cit.*; ZANETTO e KREMER *op. cit.*; FINKELEY *op. cit.*; GÖMÖRY *et al. op. cit.*; FINKELEY e MÁTYÁS *op. cit.*).

Non sono stati, invece, riscontrati in letteratura riferimenti alla struttura genetica di popolazioni di cerro in relazione al trattamento selvicolturale.

È opinione diffusa che, in un ceduo matricinato, la componente sottoposta correntemente a cedua-zione, quella cioè che produce polloni, sia la sola ad avere origine vegetativa. Le matricine deriverebbero invece in buona parte da rinnovazione naturale per seme e dovrebbero provvedere a reintegrare, tramite la dispersione, la quota di diversità della popolazione che via via va perduta. Esse dovrebbero, quindi, dare origine a nuove piante, che dovrebbero sostituire le ceppaie esaurite e le matricine stesse dopo l'utilizza-zione (PAVARI 1953). È noto tuttavia che nella maggior parte dei casi questa dinamica non sia rispettata (PUSSI *op. cit.*), dal momento che le matricine non giungono mai alla fine del loro ciclo bio-ecologico naturale e non si verifica quasi mai la possibilità di produrre, per crollo, le ampie chiarie che, in genere, darebbero origine a situazioni micro-ambientali ideali per l'affermarsi della rinnovazione.

Il ceduo sottostante le matricine tenderà, infatti, a soffocare lo sviluppo dei semenzali e quindi la possibilità di garantire un regolare apporto di diversità "fresca". I semi delle querce coprono di solito distanze relativamente brevi a causa del loro peso. In una popolazione di farnia situata in lieve pendenza, si è rilevata una struttura disposta per *cluster* di genotipi affini facilmente distinguibili (CALVO *et al.* 2000), proprio in relazione al peso delle ghiande ed alla morfologia del sito. Esse, dunque, costituiscono l'elemento più "lento" del dinamismo genetico legato alla dispersione dell'informazione genetica. A questo può porre rimedio

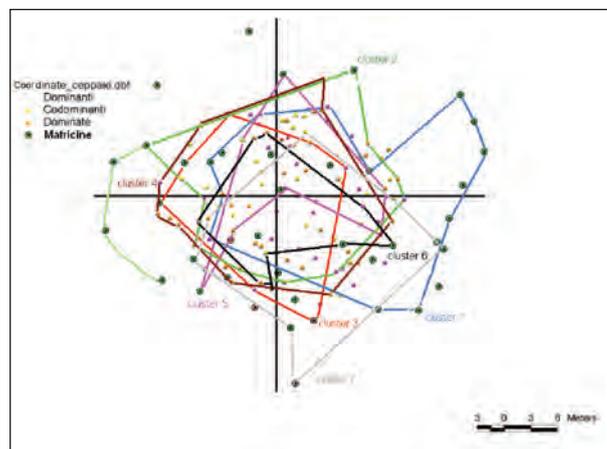


Figura 4 – Rappresentazione della distribuzione spaziale della popolazione di Fontalcinaldo suddivisa in quadranti (in senso orario da destra in alto). I poligoni variamente colorati rappresentano la massima estensione dei cluster genotipici sul terreno.

Map of spatial distribution of genotype similarity clusters of Fontalcinaldo. Different colours circles show the widest extension of cluster on the ground.

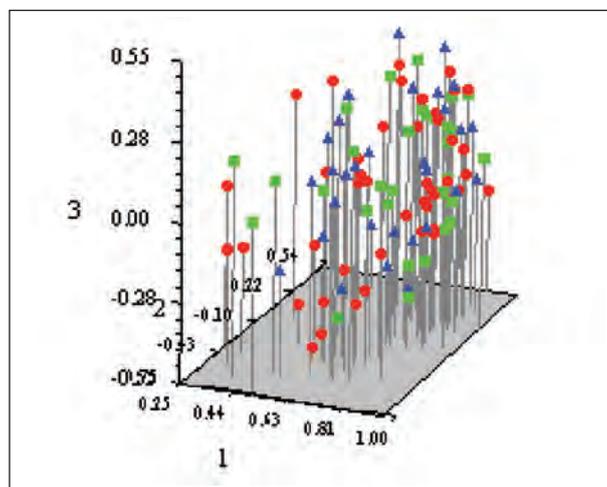


Figura 5 – Distribuzione delle piante delle diverse classi sociali (cerchi: polloni dominati; quadrati: polloni dominanti; triangoli: matricine) secondo le prime 3 Componenti Principali (Rohlf 2000).
Distribution of trees by social classes (circles: dominated shoots; squares: dominant shoots; triangles: standards).

Tabella 11 -Analisi delle Componenti Principali eseguita sull'intera popolazione.
Results after the Principal Component Analysis on the total population.

Componente	Autovalore	% semplice	% cumulata	Allele	Coeff. di correlazione
1	3,776	11,442	11,442	PGM-2c	0,99
2	2,956	8,957	20,399	IDH-1c	0,93
3	2,515	7,621	28,020	6PGD-2c	0,92
4	2,107	6,386	34,406	GOT-3b	0,90
5	2,036	6,169	40,575	PGI-2c	0,88
6	1,907	5,779	46,354	PGI-2d	0,87
7	1,763	5,342	51,696	SKDH1d	0,76
8	1,478	4,479	56,175	MNR-2b	0,66
9	1,351	4,094	60,269	GDH-1a	0,64
10	1,270	3,849	64,118	MNR-2a	0,64

il movimento di semi su lunghe distanze determinato dagli animali (in genere piccoli mammiferi). Le riserve di cibo che essi creano frequentemente finiscono col germinare (KREMER *et al.* 2002).

Un'altra fonte di diversità è il polline, che rappresenta sicuramente l'elemento più dinamico ai fini della dispersione. Può favorire l'eterozigosi sia rimescolando le varianti alleliche, sia introducendone nuove da altre popolazioni. STREIFF *et al.* (1999) hanno simulato modelli di dispersione del polline in un popolamento misto di rovere e farnia valutando che il 70 % di polline provenisse da distanze superiori ai 200 m. Essi stimarono che in una fustaia coetanea, quale dovrebbe essere in gran parte la fustaia transitoria a fine turno, ogni ghianda ha la probabilità di 0,006 di essere stata fecondata da un impollinatore posto a circa 10 m di distanza e di 0,0002 da alberi oltre i 150 m.

Un altro elemento, decisamente "statico" dal punto di vista genetico, almeno per tempi lunghi, è il soprassuolo. Il governo a ceduo è ormai reiterato da generazioni nella zona e le ceppaie rappresentano una situazione "rallentata", dal punto di vista genetico, che può aver avuto avvio qualche centinaio di anni addietro. In questo lungo lasso di tempo, la possibilità che nuove piante e matricine nate da seme si affermino in gran quantità, contribuendo alla diversificazione e al dinamismo genetico della foresta, sembrano scarse per quanto detto sopra. Anzi, via via che la concorrenza tra ceppaie perdura, si assiste ad una loro lenta ma progressiva perdita. Sia BERNETTI (1987) che LA MARCA *et al.* (1987) riportano dati che indicano come le matricine troppo vecchie (età corrispondente a 2 o 3 turni del ceduo) siano molto indebolite quanto a capacità pollonifera, dando origine quindi a polloni poco competitivi e vitali. Inoltre, la densità del ceduo fa sì che le plantule non abbiano possibilità di affermarsi per carenza di luce, sebbene dopo il taglio si verifichi

una pronta germinazione. Infine, può contribuire negativamente anche l'elevato carico di fauna selvatica, sottraendo ghiande e pascolando sia la rinnovazione che i germogli delle ceppaie.

Relativamente agli aspetti genetici è interessante osservare che, per quanto tra marcatori isoenzimatici -neutri- e caratteristiche fenotipiche ed adattative, non vi sia generalmente un legame (SOLBRIG 1980; BEKESSY *et al.* 2003), è possibile notare alcuni fenomeni connessi con la struttura del soprassuolo.

Gli indici di fissazione indicano livelli di omozigosi elevati rispetto a quelli di altre querce. Questo risultato può essere determinato dalle caratteristiche intrinseche alla popolazione presa in esame che, per qualche ragione pregressa, ha acquisito questa caratteristica. Gli individui analizzati non rappresentano, infatti, l'intero ceduo ma ricadono in una singola parcella sperimentale che, casualmente, può sottintendere ad una parte della popolazione totale con le caratteristiche descritte. In questo caso di studio, il valore superiore del F_{IS} non è correlabile allo stato di una piccola popolazione, né si può ritenere che nella foresta possano essere in atto processi legati ad erosione genetica diffusa. Si può invece ipotizzare che, come mostrano altri elementi, la selvicoltura stia esercitando una certa pressione, a *random*, sulla struttura genetica della popolazione esaminata.

La componente di ceduo semplice, estrapolata dalla popolazione complessiva di Fontalcinaldo, presenta gli stessi valori di questa per i parametri n , $P_{5\%}$ e F_{IS} . Se, però, si vanno ad esaminare le matricine, sembra che l'omozigosi in parte si riduca. Relativamente ai polloni, le due classi sociali considerate si distinguono, nettamente per elevati valori di F_{IS} quella dominante e inferiori quella dominata (con significatività della differenza tra queste per $P \leq 0,05$). I polloni scelti per costituire la fustaia transitoria e le matricine derivano

in gran parte da turni colturali diversi della popolazione. Tuttavia, quasi tutti hanno probabilmente avuto origine da una struttura forestale cristallizzata da lungo tempo, sotto forma di ceppaie ceduate. Le matricine, derivando almeno parzialmente da seme, dovrebbero essere caratterizzate da maggiore diversità; invece il ridotto livello di ricchezza allelica e di polimorfismo che presentano, analogamente ai polloni dominanti, indicano che i vantaggi della matricinatura in questo senso sono limitati. La ricchezza allelica dei vari livelli sembra essere un buon indicatore di erosione genetica relativamente agli scopi del nostro lavoro. Il significato di questa constatazione è rafforzato dal fatto che gli alleli assenti, rari e quasi rari solo in minima parte sono gli stessi nei diversi strati sociali esaminati. Sembra inoltre confermato l'effetto erosivo della lunga permanenza della forma di governo a ceduo sulle popolazioni, dato che entrambe le popolazioni governate così (Fontalcinaldo e Carpegna-Sasso di Simone) mostrano una significativa tendenza alla perdita di alleli rispetto alle altre due popolazioni governate a fustaia.

Le matricine, risalenti a turni precedenti, sono state probabilmente scelte sulla base di una selezione fenotipica relativamente rigorosa. I cedui delle Colline Metallifere erano, infatti, impiegati non solo per la produzione di legna da ardere ma anche di puntelli da miniera. Questi dovevano rispondere a requisiti di forma e qualità tecnologica molto severi. Dai dati ottenuti sembra che la perdita di diversità allelica indotta dalla selezione, per quanto determinata in maniera casuale per gli aspetti genetici, sia stata in questo strato piuttosto elevata e che si sia tradotta, tra l'altro, in un incremento di omozigosi. Come sopra accennato, un possibile indicatore di questo stato è dato dall'elevato numero di alleli, rari, assenti e/o quasi rari, rilevato nella classe delle matricine, che denota un forte impoverimento rispetto alla situazione complessiva del ceduo matricinato.

La scelta dei polloni da destinare alla fustaia transitoria è stata invece meno restrittiva, essendo venuti meno i requisiti per le miniere della zona ed essendo necessario disporre di una elevata densità di piante ad ettaro. I polloni dominanti hanno in media un numero minore di varianti alleliche, analogamente alle matricine, rispetto al ceduo semplice nel suo complesso e un elevato livello di omozigosi. Probabilmente alcune combinazioni fenotipiche si adattano meglio alle condizioni pedo-climatiche presenti nell'area studiata, favorendo lo sviluppo di individui omozigoti per i

caratteri che abbiamo considerato.

Dal punto di vista genetico la classe sociale migliore nella fustaia di transizione è quella delle piante dominate. Infatti, grazie al maggior numero medio di alleli per *locus*, al grado di polimorfismo ed eterozigosi maggiori, essa costituisce una riserva di informazione genetica potenzialmente utile per il futuro bosco. La parte di popolazione costituita dai polloni dominanti è probabilmente più ricca di diversità sia perché numericamente più consistente (quindi con maggiori probabilità di disporre di informazione), sia perché includerebbe materiale originato da ceppaie cronologicamente e geneticamente più prossime alla fustaia (geneticamente più ricca) da cui il ceduo fu inizialmente originato. Molte di queste sarebbero dominate semplicemente perché hanno perduto vigore, avviandosi alla conclusione del loro ciclo biologico. Altre ceppaie/polloni, anche se più giovani, sarebbero invece meno competitive per caratteristiche adattative proprie.

Anche se questa classe sociale è quella meno idonea a perpetuarsi nella fustaia transitoria (il cerro, per l'autoecologia della specie, non sopporta per lunghi periodi la scarsità di luce determinata dall'affermarsi di un piano dominante tendenzialmente monoplano), tuttavia la variabilità genetica che contiene costituisce un potenziale importante cui la popolazione potrebbe attingere.

Compatibilmente con la realizzazione dei diradamenti che interesseranno successivamente la fustaia transitoria, parte della popolazione dominata dovrebbe essere conservata, nonostante che le possibilità che questi individui arrivino a disseminare in maniera significativa siano scarse. Essa potrà, tuttavia, produrre piccole quantità di ghiande e di polline che saranno vettori di diversità e variabilità all'interno della popolazione stessa.

I polloni delle diverse classi sono tutti relativamente giovani (34 anni circa), ma è necessario ricordare che appartengono a ceppaie originate da ceduzioni precedenti. Rappresentano, perciò, una generazione molto più anziana, a struttura "statica" dal punto di vista genetico, che ha già subito una progressiva erosione, a causa della rinnovazione da seme quasi assente. Questo può spiegare perché i vari parametri presi in considerazione indichino tutti un impoverimento progressivamente più intenso via via che si sale nelle classi sociali. Il seme è prodotto soprattutto dallo strato dominante (in grado di catturare energia

sufficiente), ma i semenzali non sono stati in grado di partecipare alla rinnovazione del bosco e, quindi, non hanno favorito la variabilità genetica legata alla riproduzione gamica.

In definitiva, dai risultati ottenuti sembra che effettivamente la forma di governo a ceduo tenda ad impoverire la variabilità del soprassuolo, soprattutto per quanto riguarda la ricchezza allelica. Al loro interno, almeno sulla base di questo caso di studio che ha considerato una popolazione della Toscana, sembra che la classe dei polloni nel suo insieme e quella dominata in particolare, contengano la maggior riserva di diversità nella popolazione. I polloni dominanti e le matricine ne dispongono in misura minore, compensata nelle seconde, da un lieve maggior livello di eterozigosi. Nella situazione di Fontalcinaldo la sovrapposizione di *cluster* genotipici è grande e costituisce un elemento positivo, poichè predispone la futura fustaia ad un buon rimescolamento dell'informazione genetica, favorevole alle generazioni future. In una situazione morfologica del terreno simile a quella di Capriano del Colle (BS) precedentemente descritta, il selvicoltore non può invece fruire di questo aspetto positivo e quindi si troverà costretto ad intervenire colturalmente con piantagioni di materiali trasferiti da zone diverse della popolazione, per operare artificialmente questo rimescolamento.

Le matricine non sembrano avere tutta l'importanza loro attribuita *a priori*; sono senza dubbio un elemento che partecipa alla rinnovazione, ma sono soprattutto i polloni a contribuire in maggior misura alla diversità del soprassuolo.

Dai risultati sembra che la pressione selettiva esercitata sugli strati sociali dominanti riduca, anche se in maniera casuale, la diversità e si può ipotizzare che ciò possa riflettersi sulla struttura genetica futura.

Alcune indicazioni operative che si possono trarre da questa indagine, riguardano le possibili forme di trattamento di queste formazioni. Sarebbe auspicabile diversificare strutturalmente il popolamento transitorio, lasciando spazio anche alla componente dominata, che contiene variabilità genetica in quantità più elevata, probabilmente risalente alla maggiore diversificazione cronologica delle ceppaie. A questo scopo, e sulla base dei risultati ottenuti, sembrerebbe utile ridurre l'estensione in termini di superficie degli interventi colturali, cercando piuttosto di realizzare un mosaico di tagli di diverso tipo, che consenta la partecipazione alla costruzione del pool genico fu-

turo (della fustaia definitiva) di tutte le componenti strutturali.

Per incrementare l'informazione sul dinamismo genetico della popolazione di cerro studiata, è necessario ampliare l'analisi della fustaia transitoria e della componente gamica. Di questa i semi rappresentano un elemento dinamico delle diverse generazioni rintracciabili nella popolazione e forniscono indicazioni sull'effettivo scambio tra le diverse classi presenti nel soprassuolo. Sarà dunque su questa categoria riproduttiva che si dovrà concentrare l'attenzione, perché è attraverso essa che potranno affermarsi le generazioni future, portatrici di diversità e variabilità in grado di sostenere la fustaia definitiva nel tempo.

Bibliografia citata

- BACILIERI R., LABBE T., KREMER A., 1994 - *Interspecific genetic structure in a mixed population of Quercus petraea (Matt) Leibl. and Quercus robur L.*. Heredity, 73: 130 - 141.
- BARRENECHE T., BODENES C., LEXER C., TRONTIN J.F., FLUCH S., STREIFF R., PLOMION C., ROUSSEL G., STEINKELLNER H., BURG K., FAVRE J.M., GLÖSSL J., KREMER A., 1998 - *A genetic linkage map of Quercus robur L. (pedunculata oak) based on RAPD, SCAR, microsatellite, minisatellite, isozyme and 5S rDNA markers*. Theoretical and Applied Genetics, 97 (7): 1090 - 1103.
- BEKESSY S.A., ENNOS R.A., BURGMANN M.A., NEWTON A.C., ADES P.K., 2003 - *Neutral DNA markers fail to detect genetic divergence in an ecologically important trait*. Biological Conservation, 110: 267 - 275.
- BELLETTI P., LEONARDI S., 1997 - *Variabilità genetica in popolazioni piemontesi di querce*. Atti 1° Congresso SISEF, Legnaro (PD), 4 - 6 giugno: 155 - 160.
- BELLETTI P., LEONARDI S., MONTELEONE I., PIOVANI P., 2005 - *Allozyme variation in different species of deciduous oaks from northwestern Italy*. Silvae Genetica, 54: 9 - 16.
- BERNETTI G., 1987 - *I boschi della Toscana*. Giunta Regionale Toscana, Ed agricole. Bologna.
- CALVO E., DUCCI F., SARTORI F., 2000 - *Diversità bioecologica e gestione di piccole popolazioni di Quercus robur L.*. Atti del II Congresso S.I.S.E.F.: "Applicazioni e Prospettive per la Ricerca Forestale Italiana", Bologna, 20 - 22 ottobre 1999: 235 - 242.
- CANTIANI P., AMORINI E., PIOVANI M., 2006 - *Effetti dell'intensità della matricinatura sulla ricostituzione della copertura e sull'acrescimento dei polloni in cedui a prevalenza di cerro*. Ann. Ist. Sper. per la Selv. Arezzo, vol.33 (2002-2004): 9-20.
- CAVALLI-SFORZA L.L., MENOZZI P., PIAZZA A., 1994 - *Storia e geografia dei geni umani*. Adelphi Edizioni: 791 pp.
- CHELIAK W.M., PITEL J.A., 1985 - *Techniques d'électrophorèse sur gel d'amidon des enzymes d'essences d'arbres forestiers*. Rapport d'information PI-X-42F. Institut forestier national de Petawawa, Service canadien des forêts: 1 - 47.

- CONKLE M.T., HODGSKISS P.D., NUNNALLY L.B., HUNTER S.C., 1982 - *Starch Gel Electrophoresis of Conifer Seeds: a laboratory manual*. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Berkeley, CA: 1 - 18.
- DUCCI F., PROIETTI R., 2002 - *Caratterizzazione genetica di popolamenti forestali della Lombardia. Farnia e Rovere*. Quaderni di Ricerca e Sperimentazione - Regione Lombardia - Azienda Regionale delle Foreste: 13 - 33.
- FENAROLI L., GAMBI G., 1976 - *Alberi*. Museo Tridentino di Scienze Naturali, Trento: 320 - 393.
- FINKELDEY R., 2001 - *Genetic variation of Oaks (Quercus ssp.) in Switzerland. 2. Genetic Structures in "Pure" and "Mixed" Forests of Pedunculate Oak (Q. robur L.) and Sessile Oak (Q. petraea (Matt.) Liebl.)*. *Silvae Genetica*, 50 (1): 22 - 30.
- FINKELDEY R., MATHIAS G., 2003 - *Genetic variation of Oaks (Quercus ssp.) in Switzerland. (3). Lack of impact of postglacial recolonization history on nuclear gene loci*. *Theor. Appl. Genet.*, 106: 346 - 352.
- GELLINI R., 1975 - *Botanica Forestale*. Edizioni CLUSF, Firenze: 48 - 53.
- GOUDET J., 2001 - *FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices (version 2.9.3)*. Available from: <http://www.unil.ch/izea/software/fstat.html>. Updated from Goudet (1995).
- GÖMÖRY D., YAKOVLEV I., ZHELEV P., JEDINÁKOVÁ J., PAULE L., 2001 - *Genetic differentiation of oak populations within the Quercus robur/Quercus petraea complex in Central and Eastern Europe*. *Heredity*, 86 (5): 557.
- HARTL D.L., CLARK A.G., 1989 - *Principles of population genetics*. Sunderland, MA: Sinauer.
- HERZOG S., 1994 - *Genetic variation within and differentiation between European oak populations*. In: *European Commission: Inter- and intra-specific variation in European oaks: Evolutionary implications and practical consequences. Proceedings of workshop*. Brussels (BE), 15 - 16 June: 99 - 118.
- KIM Z.S., 1979 - *Inheritance of Leucine Aminopeptidase and Acid Phosphatase Isozymes in Beech (Fagus sylvatica L.)*. *Silvae Genetica*, 28 (2-3): 68 - 71.
- KREMER A., REMI-PETT J., DUCOUSO A., 2002 - *Biologie évolutive et diversité génétique des Chênes sessile et pédonculé*. *Rev. For. Fr.*, 2 : 111 - 130.
- LA MARCA O., MATTIOLI M., IORIO G., 1987 - *Ricerche sull'ottimizzazione dell'intensità della matricinatura nei cedui di cerro. Il contributo: il soprassuolo arboreo nei primi due anni del ciclo produttivo*. *Ann. Acc. It. Sc. For.*, Firenze, 36: 3 - 33.
- LEVENE H., 1949 - *On a matching problem arising in genetics*. *Ann. Math. Stat.*, 20: 91 - 94.
- MANOS P.S., DOYLE J.J., NIXON C., 1999 - *Phylogeny, Biogeography and Processes of Molecular Differentiation in Quercus subgenus Quercus (Fagaceae)*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 12: 333 - 349.
- MÜLLER-STARCK G., ZIEHE M., 1991 - *Genetic Variation in Populations of Fagus sylvatica L., Quercus robur L., and Quercus petraea Liebl. in Germany*. In: *Genetic Variation in European Populations of Forest Tree*, edited by: MÜLLER-STARCK G., ZIEHE M.: 125 - 140. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main.
- MÜLLER-STARCK G., HERZOG S., HATTEMER H.H., 1993 - *Intra- and interpopulation genetic variation in juvenile populations of Quercus robur L. and Quercus petraea Liebl.* *Ann. Sci. For.*, 50 (Suppl. 1): 233s - 244s.
- NEI M., 1978 - *Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals*. *Genetics*, 89: 583 - 590.
- NEI M., 1987 - *Molecular evolutionary genetics*. New York: Columbia University Press.
- PAVARI A., 1953 - *Governo e trattamento dei boschi*. REDA, Bologna.
- PIEGAI F., FABIANO F., 2006 - *Il lavoro per la raccolta di legna da ardere da cedui e da conversione*. *Ann. Ist. Sper. per la Selv. Arezzo vol.33 (2002-2004)*: 51-62.
- PIUSSI P., 1994 - *Selvicoltura Generale*. UTET, Torino: 105 - 107; 317 - 319; 322- 325.
- RAYMOND M., ROUSSET F. - 1995a - *An exact test for population differentiation*. *Evolution*, 49: 1280 - 1283.
- RAYMOND M., ROUSSET F., 1995b - *GENEPOP (version 1.2): a population genetics software for exact tests and ecumenicism*. *Journal of Heredity*, 86: 248 - 249.
- ROHLF F.J., 2000 - *NTSYS, Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, version 2.1*. Exeter Software, N.Y.
- SAMUEL R., PINSKER W., EHRENDORFER F., 1995 - *Electrophoresis analysis of genetic variation within and between populations of Quercus cerris, Quercus pubescens, Quercus petraea and Quercus robur (Fagaceae) from eastern Austria*. *Botanica Acta*, 108: 290 - 299.
- SOLBRIG O.T. (ed.), 1980 - *Demography and Evolution in Plant Populations*. Univ. of California press, Bot. Mon., Berkeley and Los Angeles. vol. 15: 221 p.
- STREIFF R., DUCOUSO A., LEXER C.H., STEINKELLNER H., GLÖSSL J., KREMER A., 1999 - *Pollen dispersal inferred from paternity analysis in a mixed oak stand of Quercus robur L. and Quercus petraea (Matt.) Liebl.* *Molecular Ecology*, vol. 8: 831 - 841.
- STREIFF R., LABBE T., BACILIERI R., STEINKELLNER H., GLÖSSL J., KREMER A., 1998 - *Within-population genetic structure in Quercus robur L. and Quercus petraea (Matt.) Liebl. assessed with isozymes and microsatellites*. *Molecular Ecology*, 7: 317 - 328.
- SWOFFORD D.L., SELANDER R.B., 1989 - *Biosys -1*. Illinois Natural History Survey: 43 p.
- VALLEJOS C.E., 1983 - *Enzyme activity staining*. In: *Isozymes in plant genetics and Breeding, Part A*, edited by TANKSLEY S. D., ORTON T.J. : 469 - 516. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.

- WEIR B.S., COCKERHAM C.C., 1984 - *Estimating F-statistics for the analysis of population structure*. *Evolution*, 38: 1358 - 1370.
- WRIGTH S., 1978 - *Evolution and genetics populations*. Vol. 4. *Variability within and among natural populations*. University of Chicago Press, Chicago.
- YACINE A, LUMARET R., 1989 - *Genetic Diversity in Holm- Oak (Quercus ilex L.): Insight from Several Enzyme Markers*. *Silvae Genetica*, 38 (3-4): 140 - 148.
- ZANETTO A., KREMER A., LABBÉ T., 1993 - *Differences of genetic variation based on isozymes of primary and secondary metabolism in Quercus petraea*. *Ann. Sci. For.*, 50 (Suppl. 1): 2495 - 2502.
- ZANETTO A., ROUSSEL G., KREMER A., 1994 - *Geografic Variation of inter-specific differentiation between Quercus robur L. and Quercus petraea (Matt.) Liebl.* *Forest Genetics* 1 (2): 111 - 123.
- ZANETTO A., KREMER A., 1995 - *Geografic structure of gene diversity in Quercus petraea (Matt.) Liebl. 1. Monolocus patters of variation*. *Heredity*, 75: 506 - 517.

La rovere: una specie da valorizzare nei boschi cedui della Toscana[§]

Andrea Cutini^{1*}, Valentina Gulietti¹

Accettato il 15 settembre 2006

Riassunto – Il lavoro propone una sintesi delle conoscenze sulla presenza e distribuzione della rovere (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) in Toscana, segnalando nel contempo alcuni popolamenti meritevoli di attenzione e protezione data la significativa presenza della specie. La ricerca si è articolata in due fasi: la prima ha riguardato la bibliografia attualmente disponibile sulla specie, le informazioni ricavabili dall'Inventario Forestale della Toscana e quelle ottenute attraverso uno specifico questionario distribuito ai comandi stazione del Corpo Forestale dello Stato; successivamente sono stati individuati quattro popolamenti, caratterizzati da una consistente presenza di rovere, dove sono state condotte specifiche indagini di tipo dendrometrico-strutturale ed ecologico. I risultati evidenziano una diffusione della specie superiore a quanto ritenuto in passato, soprattutto in boschi di latifoglie decidue dell'orizzonte submontano del piano basale, situati in aree collinari interne, su suoli di matrice silicea, esposizioni fresche, pendenze modeste (<20°) e clima umido-subumido con piovosità media annua compresa tra 800 e 1200 mm. Per lo più si tratta di boschi di querce caducifoglie a prevalenza di cerro (*Quercus cerris* L.) gestiti a ceduo e caratterizzati da una notevole ricchezza di specie, molte delle quali a legname pregiato. Tenuto conto dell'elevata biodiversità e ricchezza dal punto di vista ecologico e delle potenzialità produttive vengono proposti interventi utili a proteggere e valorizzare la rovere e più in generale i popolamenti dove essa si trova.

Parole chiave: *Quercus petraea*, boschi misti, biodiversità, avviamento ad alto fusto, ceduo.

Abstract – The sessile oak: a species to reassess in Tuscany's coppice stands. This work is intended as a contribution to the knowledge of the sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) stands in Tuscany, analysing the ecological character and pointing out specific woods with a relevant presence of the species. The analysis develops on two scales: on a large scale, it relies basically on the existing literature, including the "Inventario Forestale della Toscana", and on informations obtained by the distribution of a specific questionnaire to the Forest Service; on a smaller scale, it focuses on four particular populations, which were investigated on a dendrometric-structural basis. Results point out a higher presence of the species compared to the past, mainly in broadleaf deciduous forests in the sub-mountain horizon, located in the inner hills, on siliceous soils, with fresh exposures, mild slopes (<20°) and humid to sub-humid climate with mean annual precipitations between 800 and 1200 mm. The forests in which we found the sessile oak are mostly deciduous oak stands where Turkey oak (*Quercus cerris* L.) is dominant. Those woods were coppices in the past, with high values of biodiversity and a good amount of valuable timber species. Due to the considerable ecological value of these populations and their productive potential, this work confirms the need of suitable actions addressed to the preservation and development of the sessile oak stands.

Key words: *Quercus petraea*, mixed stands, biodiversity, coppice conversion to high forest, coppice system.

F.D.C.: 176.1 Quercus petraea: 181.1: 228.3: (450.52)

Introduzione

Negli ultimi venti anni numerosi studi di botanica (DE DOMINICIS e CASINI 1979, ARRIGONI 1997, BARSACCHI *et al.* 1997, VICIANI e MOGGI 1997), genetica (BRUSCHI e VENDRAMIN 1998, FINESCHI *et al.* 2002, BRUSCHI *et al.* 2003), ecologia (CUTINI e MERCURIO 1995a, 1995b, 1996, 1997, GRIFONI 2003, CUTINI e GIULIETTI 2006) e selvicoltura (DE MAS 1992, CUTINI *et al.* 1993, CUTINI e MERCURIO 1999, CUTINI *et al.* 2004) si sono interessati della rovere (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). L'attenzione dedicata dal mondo scientifico a questa specie trova giustificazione nell'interesse generale che la rovere riveste sotto vari punti di vista. Essa è, infatti, una delle specie

più diffuse in Europa e insieme anche ad altre specie, prima fra tutte la farnia, edifica boschi di rilevante interesse sia sotto il profilo ecologico e naturalistico che economico, dato il pregio del legname. Sotto il profilo della protezione della biodiversità il nostro paese rappresenta il limite meridionale dell'areale della rovere e le popolazioni del sud Italia hanno costituito importanti bacini di risorse genetiche nelle epoche glaciali e centri di ridiffusione nel postglaciale (FINESCHI *et al.* 2002).

Gli studi sopra citati, oltre che apportare nuovi elementi di conoscenza su questioni specifiche, hanno anche consentito di delineare un quadro aggiornato della distribuzione di questa specie e della sua autoecologia

[§]Lavoro realizzato nell'ambito dei progetti di ricerca "Indagini per la protezione e la valorizzazione dei boschi di rovere in Toscana" finanziato dall'ENTE CASSA DI RISPARMIO DI FIRENZE e "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e culturale di differenti modalità di matricinatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno" finanziato dall'ARSIA-REGIONE TOSCANA.

* Autore corrispondente andrea.cutini@entecra.it. Il lavoro è stato svolto dagli autori in parti uguali.

¹ C.R.A. - Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo.

in ambiente mediterraneo. Tra gli elementi salienti vi è una presenza più consistente rispetto a quanto ritenuto in passato, con una significativa frequenza nei boschi di latifoglie decidue del piano basale, in particolare di quelli a prevalenza di cerro (*Quercus cerris* L.) ancorché governati a ceduo (CUTINI e MERCURIO 1995a). Se la larga diffusione di questi consorzi con potenziale presenza di rovere rappresenta un elemento positivo, la gestione a ceduo costituisce il punto problematico della questione. È infatti fuori dubbio che il governo a ceduo, in particolare secondo le modalità applicate in passato -turni brevi, pascolo, asportazione ramaglia e lettiera- sia stata una delle principali cause di rarefazione della rovere (DEL FAVERO *et al.* 1990, CUTINI e MERCURIO 1995a, BERNETTI 2002).

La scelta, operata a partire dagli anni '70, di lasciare all'evoluzione naturale o di avviare ad altofusto superfici un tempo governate a ceduo e, più di recente, il diffondersi di prescrizioni tese a diminuire l'impatto della ceduzione quali ad esempio l'allungamento dei turni e il rilascio di matricine di specie rare o sporadiche, hanno contribuito a delineare un quadro con significativi elementi di novità per una specie come la rovere.

In questo contesto il presente contributo intende proporre una sintesi delle conoscenze sulla rovere in Toscana, regione ove ricadono molte della segnalazioni riportate in letteratura, e segnalare popolamenti meritevoli di attenzione e protezione data la significativa presenza della specie. Sulla base di un'analisi dettagliata dei dati disponibili e di quelli ottenuti attraverso specifiche indagini di tipo ecologico e dendrometrico-strutturale vengono fornite indicazioni utili a individuare popolamenti e formazioni potenzialmente interessanti per la specie, sia nell'ottica di una sua più organica ed efficace protezione che di una eventuale valorizzazione.

Materiali e metodo

Una prima fonte di informazioni sulla presenza e distribuzione della rovere in Toscana e sulle principali caratteristiche delle stazioni ove essa risulta presente è stata l'Inventario Forestale della Regione Toscana (IFT) (HOFMANN *et al.* 1998). Oltre a prendere in considerazione tutte le informazioni relative alla rovere, presenti nella pubblicazione, sono state condotte ulteriori indagini sulla banca dati dell'IFT estraendo i dati relativi a forma di governo, specie principali e caratte-

ristiche stazionali (altitudine, pendenza, esposizione, grado di copertura) dei popolamenti con presenza di rovere. I punti, individuati dall'IFT sono in totale 168; tuttavia per le elaborazioni successive sono stati presi in considerazione solo 142 punti, escludendo le aree realizzate in modo speditivo e ritenute quindi meno attendibili ai fini della presente ricerca.

Parallelamente è stato inviato a tutti i Comandi Stazione del Corpo Forestale dello Stato della Toscana un questionario relativo alla presenza di individui e/o boschi di rovere corredato da una richiesta di informazioni sulle principali caratteristiche della stazione e del popolamento.

I risultati ottenuti dall'IFT e dal questionario sono stati oggetto di un primo confronto con quanto disponibile in letteratura. Successivamente, per verificare la rilevanza dei dati emersi dall'IFT e dal questionario, sono stati effettuati specifici sopralluoghi nelle province di Firenze, Pisa, Siena, Arezzo, Livorno, Lucca e Pistoia. È infatti opportuno precisare che, nel caso delle sottogeneri *Quercus*, le obiettive difficoltà nell'effettuare una corretta determinazione tassonomica dei singoli soggetti, in alcuni casi hanno ingenerato errori di identificazione o di non accurata valutazione dell'abbondanza delle specie.

Questa prima fase della ricerca, oltre che fornire un quadro piuttosto esaustivo della presenza e distribuzione della rovere in Toscana, ha consentito anche di individuare alcuni popolamenti particolarmente significativi in termini di presenza della specie e meritevoli di ulteriori indagini di tipo ecologico e dendrometrico-strutturale. In particolare sono stati selezionati quattro casi di studio: Masso agli Zingari, Comune di Monticiano (SI); Riserva Naturale di Montefalcone, Comune di Castelfranco di Sotto (PI); Sargiano, Comune di Arezzo (AR); Panna, Comune di Scarperia (FI). In qualche caso i popolamenti erano stati oggetto di studi precedenti, principalmente di tipo floristico-vegetazionale (DE DOMINICIS e CASINI 1979, CUTINI *et al.* 1993, ARRIGONI 1997, VICIANI e MOGGI 1997). In ognuno di essi sono state realizzate aree di ricerca permanenti, di superficie variabile in funzione delle caratteristiche strutturali. All'interno di ogni area è stato effettuato il cavallettamento totale (misurando le piante a 1.30 m con circonferenza >10 cm) e attribuita a ciascun individuo anche la relativa classe sociale. Per ogni popolamento è stato inoltre realizzato un transect di struttura (il lato maggiore della stessa misura di quello dell'area di saggio e quello minore tra

i 15 e i 10 m). All'interno del transect si è provveduto a numerare le piante presenti (con circonferenza >10 cm) e a posizionarle rispetto ad un sistema di assi cartesiani coincidenti con i lati del transect. Per ciascuna pianta sono stati rilevati: specie, circonferenza, posizione sociale, altezza totale e d'inserzione della chioma e, infine, area di insidenza della chioma con la misura di quattro raggi. Per rendere meno complesso il rilievo e più agevole la restituzione dei dati, le chiome dei polloni appartenenti ad una stessa ceppaia sono state considerate alla stregua della chioma di un'unica pianta. La restituzione, l'elaborazione dei dati ed il calcolo dell'indice di copertura e di ricoprimento è stato effettuato con il programma Autocad R13.

Per meglio quantificare la diversità delle specie arboree presenti (NEUMANN e STARLINGER 2001) sono stati calcolati l'indice di diversità specifica di Shannon (SHANNON 1948) e di Simpson (SIMPSON 1949):

$$\text{Shannon (SH)} = \sum(-\log_2 N_i) * N_i$$
$$\text{Simpson (SI)} = \sum(1 - N_i) * N_i$$

con N_i frequenza relativa di ciascuna specie. Il primo (da 0 a ∞) permette di prendere in considerazione l'abbondanza e la ricchezza di specie; il secondo (da 0 a 1) pondera la dominanza della specie principale rispetto alle altre.

Ciascuna area di ricerca permanente è stata dotata di 9-12 trappole per la raccolta di lettiera al fine di ottenere stime della produzione annuale di lettiera, variabile utile a valutare la produttività e la dinamica di un popolamento forestale. Il materiale raccolto periodicamente dalle trappole è stato suddiviso in laboratorio nelle componenti principali (foglie, frutti e rami), avendo cura di distinguere la rovere dalle altre specie (cerro e accessorie). Si è poi determinato il peso secco totale e delle diverse componenti ponendo il materiale in stufe ventilate a temperatura costante di 85°C. Per maggiori dettagli sul metodo e le procedure utilizzate si rimanda a CUTINI (1994).

Risultati

Secondo l'IFT (HOFMANN *et al.* 1998) i querceti a foglia caduca coprono una superficie di 414.000 ha, pari al 38% della superficie forestale toscana; il 58% sono a prevalenza di cerro e il 30% di roverella (*Quercus pubescens* Willd.). Il cerro è perciò la specie più importante sia in termini di superficie fisionomicamente

condizionata che in termini di partecipazione ad altri boschi. Il 7% di questi boschi sono d'alto fusto (di cui più della metà in conversione), la restante parte è governata a ceduo. A causa delle scelte gestionali del passato e del clima non ovunque favorevole altre specie sono presenti solo in percentuali ridotte.

In Toscana la presenza della rovere non è tuttavia trascurabile (figura 1): il 47% degli individui si trova in cedui produttivi -prevalentemente di cerro-, il 38% in fustaie produttive -principalmente di pini mediterranei- e solo il 15% in altri strati inventariali (protettivi, macchia, aree in rinnovazione). La specie è diffusa principalmente nei boschi di latifoglie del piano basale, preferibilmente su suoli di matrice silicea (arenarie), anche se non manca di vegetare su suoli argillosi.

Analizzando il campione delle aree di saggio dell'IFT, all'interno delle quali essa è presente, emerge che il 29,8% ha come specie principale il pino marittimo, il 26,2% il cerro e il 19,2% la roverella. È inoltre presente in stazioni con altitudine massima di 770 m s.l.m., anche se la maggioranza dei siti rientra nelle fasce altitudinali 0-200 m (46%) e 201-400 m (40%). Le stazioni con pendenza inferiore a 10° e quelle con pendenza compresa tra 11 e 20° sono rispettivamente il 56 e il 23% del totale.

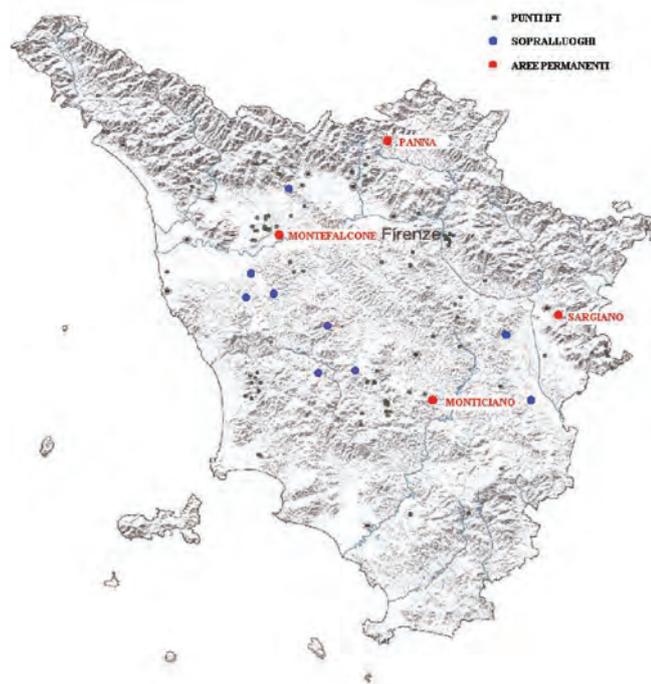


Figura 1 - Distribuzione della rovere in Toscana.
Distribution of sessile oak in Tuscany.

Tabella 1 –Principali caratteristiche delle aree di saggio permanenti realizzate nei popolamenti selezionati.
Main site and stand characteristics of the selected woods.

Località	area di saggio	superf. m ²	esposizione	tipologia	specie principale	rovere G/ha %	cerro. G/ha %	sp. acc. G/ha %	specie accessorie**	indice SH	indice SI
Montefalcone (PI)	A	5000	E	soprassuolo transitorio	cerro	34.26	37.96	27.78	Pm, Fo, Cb, la, Cs, Qi, Pt,	2.73	0.82
	B	1750	E	ceduo	rovere*	71.47	10.73	17.80	Pm, Cb, Cs, Fo, Py, Qi, Aca, la	1.57	0.50
Monticiano (SI)	A	4000	O	avviamento	cerro	13.93	83.07	3.00	St, Cs, Fs, Cb, Py, Fo, Oc, Sau	1.33	0.43
	B	4000	O	avviamento	cerro	12.76	81.23	6.01	Cs, St, Cb, Ti, Fo	1.31	0.42
	C	3990	SO	avviamento	cerro	39.63	46.20	14.17	Pt, St, Fo, Pm, Cs, la, Ag, Py, Sau	2.32	0.75
Panna (FI)	D	1000	SO	avviamento	cerro	34.91	54.92	10.17	Pt, Cs, St, Cb, Fo	1.8	0.60
		3500	O	ceduo invecchiato	cerro	35.72	58.20	6.08	Fo, St, Sd, Pav, Aca, Py, Cm	1.76	0.67
Sargiano (AR)		1400	NO	ceduo invecchiato	rovere	67.18	8.70	24.12	Qi, Fo, Au, Qpu, St, Sau, Ln	1.98	0.68

* comprese forme morfologicamente intermedie fra rovere e farnia

** Aca =acero campestre; Ag =ontano nero; Au =corbezzolo; Cb =carpino bianco; Cm =corniolo; Cs =castagno; Fo =orniello; Fs =faggio; la =agrifoglio; Ln =alloro; Oc =carpino nero; Pav = ciliegio; Pm =pino marittimo; Pt =pioppo tremulo; Py =perastro; Qc =cerro; Qi =leccio; Qpu =roverella; Sau =sorbo uccellatori; Sd =sorbo domestico; St =ciavardello; Ti =tiglio spp.

A livello di esposizione dominano quelle comprese tra NO-N-NE. A livello climatico prevalgono i tipi umido (64%) e subumido (27%) con piovosità medie annue comprese rispettivamente fra 901 e 1200 mm e 800 e 900 mm. Il grado di copertura del popolamento è in genere superiore al 70%. Buona parte dei popolamenti si trova nelle province di Firenze, Pisa e Siena e in numero minore in quelle di Arezzo e Pistoia.

Una sintesi delle indagini condotte in alcuni popolamenti con significativa presenza della specie è riportata in tabella 1. Nella maggior parte delle aree il cerro rappresenta la specie principale; la rovere è comunque presente in maniera rilevante e in due casi (Montefalcone B e Sargiano) assume un ruolo preponderante. Per quanto riguarda il governo prevalgono i soprassuoli transitori e, comunque, tutti i popolamenti esaminati sono di origine agamica.

Altra peculiarità è l'elevata ricchezza in termini di specie arboree presenti: fra esse spicca il ciavardello (*Sorbus torminalis* (L.) Cranz.) che nel caso dell'area C di Monticiano raggiunge una consistenza numerica del 26% (213 piante ad ettaro) e nell'area A del 14% (120 piante ad ettaro) sul numero totale di piante; seguono il castagno (*Castanea sativa* Mill.) e l'orniello (*Fraxinus ornus* L.). Di rilievo è la presenza di latifoglie di pregio come il ciliegio (*Prunus avium* L.), lo stesso ciavardello, il sorbo degli uccellatori (*Sorbus aucuparia* L.), il sorbo domestico (*Sorbus domestica* L.) e il perastro (*Pyrus pyraeaster* Burgsd.).

Quanto ora descritto condiziona la diversità specifica a livello di specie arboree. I valori dell'indice di Shannon variano da un minimo di 1,31 fino a un massimo di 2,73 (tabella 1). È interessante notare come la diversità sia condizionata dalla preponderanza o meno della specie dominante rispetto alle altre; infatti i valori più alti di SH e SI si trovano nelle aree dove l'area basimetrica è ripartita equamente fra le specie principali e quelle accessorie (Montefalcone A e Monticiano C). Particolarmente condizionante è la presenza del cerro. Osservando i valori di area basimetrica del cerro e quelli dell'indice SH si nota una relazione di tipo inversamente proporzionale (figura 2). Nel caso delle aree a prevalenza di rovere

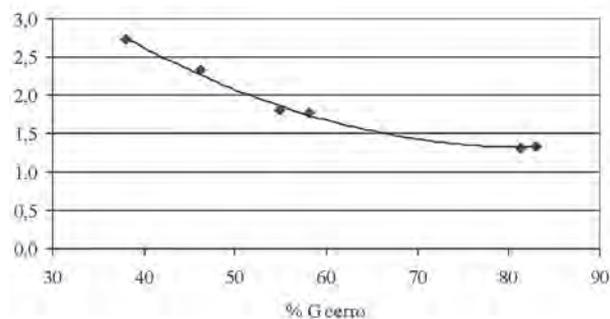


Figura 2 – Variazione dell'indice di diversità specifica di Shannon in funzione del contributo percentuale del cerro all'area basimetrica totale del popolamento.
Variation of Shannon index vs. percentage of Turkey oak basal area.



Figura 3 – Struttura orizzontale e verticale del popolamento di Panna (FI).
Horizontal and vertical structure of Panna (FI) stand.

i valori di diversità specifica risultano comunque più elevati (tabella 1).

La rappresentazione grafica dei transect consente di analizzare in dettaglio la struttura verticale di tre (non si è riportato il caso di Monticiano data la ridotta presenza di rovere) dei quattro popolamenti studiati e di mettere in evidenza elementi comuni e peculiarità di ciascun caso di studio (figure 3, 4 e 5). Il piano dominante ed intermedio sono occupati essenzialmente dalla rovere e dal cerro. Nelle aree di Panna e Sargiano la distribuzione della rovere è uniforme lungo il transect di struttura, mentre nel caso di Montefalcone è fortemente condizionata dalla morfologia e si concentra nel fondo del vallino e lungo la scarpata esposta ad ovest. Nel piano dominante ed intermedio entrano il pino marittimo (*Pinus pinaster* Ait.), il carpino bianco (*Carpinus betulus* L.) e il frassino maggiore (*Fraxinus excelsior* L.) a Montefalcone ed il leccio (*Quercus ilex* L.) e la roverella (*Quercus pubescens* Willd.) a Sargiano. Nel piano dominato, sempre piuttosto consistente, oltre a cerro e rovere si trovano le altre latifoglie. Il grado di copertura e di ricoprimento delle aree di Montefalcone (98.4% - 189%), Panna (86% - 205%) e Sargiano (57%-141%) sono molto differenti fra loro, indice di un'elevata complessità e stratificazione di questi popolamenti.

Per approfondire la relazione tra governo a ceduo e ponderare la presenza rispettivamente di cerro e rovere è utile analizzare i dati dendrometrici relativi

al popolamento di Panna (tabella 2). Il popolamento ha un numero di matricine di rovere pari a quelle del cerro anche se di diametro medio maggiore. Nonostante il minor numero di ceppaie, il cerro ha un numero di polloni superiore e di diametro medio maggiore rispetto alla rovere. Di conseguenza anche il numero medio di polloni per ceppaia del cerro (1.6) è superiore a quello della rovere (1.2).

I risultati relativi alla produzione annuale di lettiera sono riportati in figura 5. I valori medi di lettiera totale e fogliare sono rispettivamente: per Montefalcone di 5,965 ($\pm 0,628$) e 4,050 ($\pm 0,430$) Mg ha⁻¹ anno⁻¹; per Monticiano di 3,817 ($\pm 0,567$) e 2,995 ($\pm 0,288$) Mg ha⁻¹ anno⁻¹; per Panna di 2,993 ($\pm 0,630$) e 2,420 ($\pm 0,536$) Mg ha⁻¹ anno⁻¹; per Sargiano di 3,811 ($\pm 0,782$) e 2,274 ($\pm 0,284$) Mg ha⁻¹ anno⁻¹.

A livello di composizione della lettiera prevalgono le foglie che costituiscono il 67-70% del totale nel caso di Sargiano e Montefalcone e il 79-80% nel caso di Monticiano e Panna rispettivamente (figura 6).

Discussione e conclusioni

L'analisi integrata dei risultati ottenuti dalla banca dati dell'IFT, dalle segnalazioni fornite dal CFS e dai sopralluoghi effettuati confermano che la rovere in Toscana è presente in misura non trascurabile e comunque superiore rispetto a quanto ritenuto in passato. Tale conclusione è coerente con le numerose se-

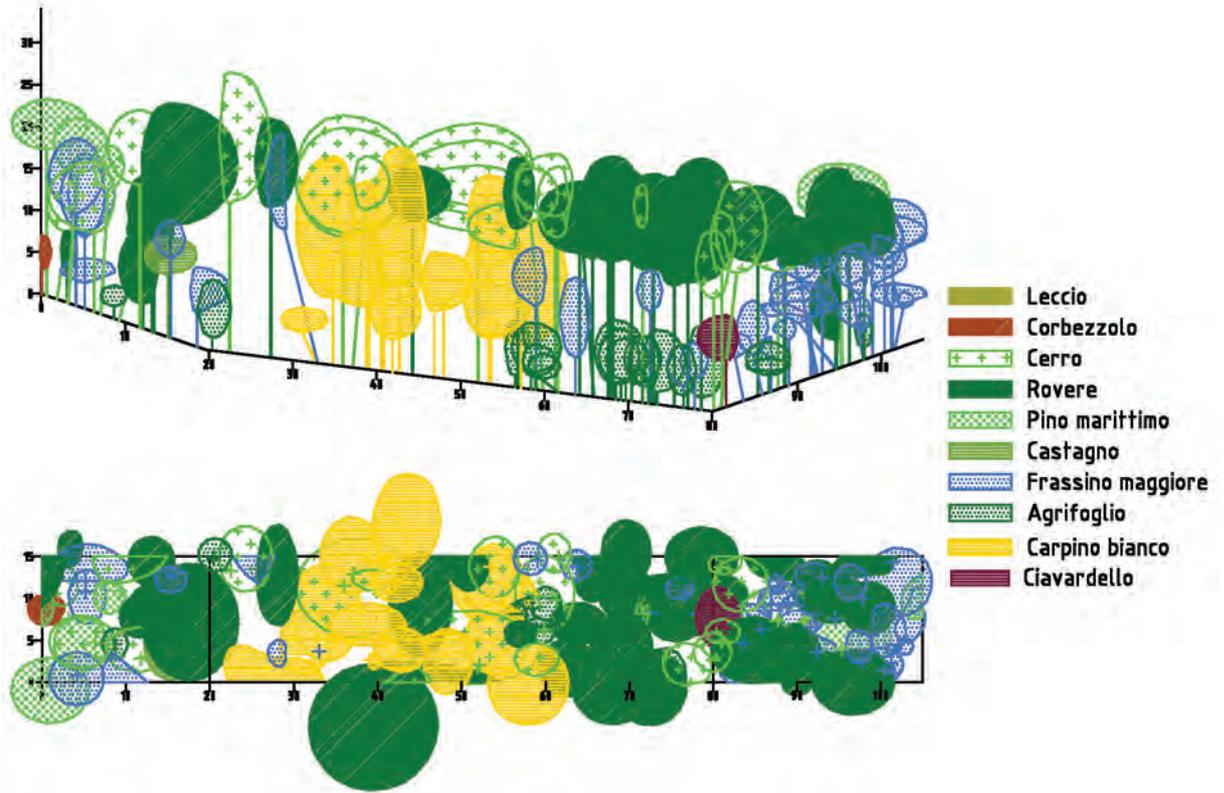


Figura 4 – Struttura orizzontale e verticale del popolamento di Montefalcone (PI).
 Horizontal and vertical structure of Montefalcone (PI) stand.

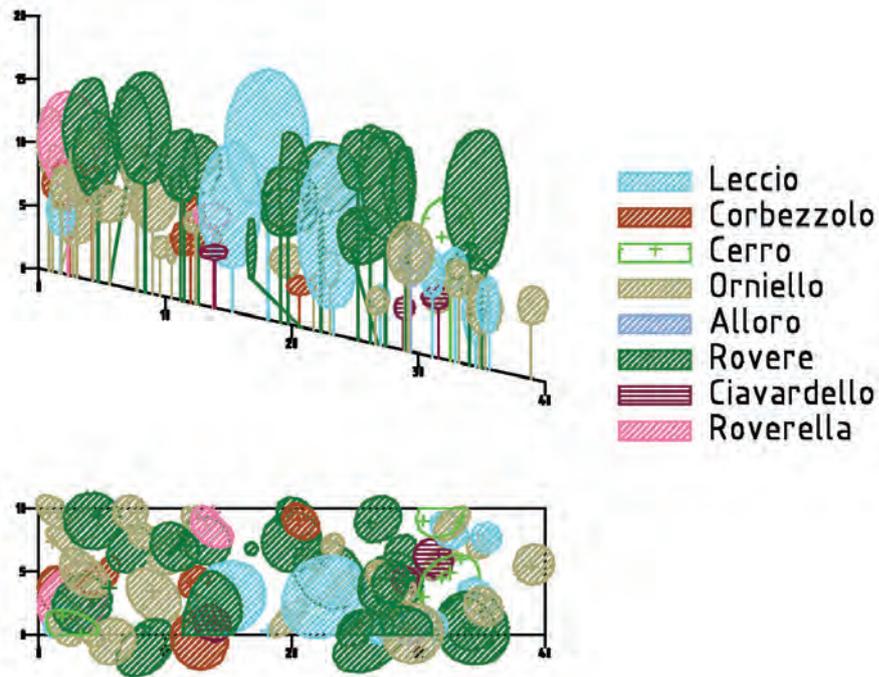


Figura 5 – Struttura orizzontale e verticale del popolamento di Sargiano (AR).
 Horizontal and vertical structure of Sargiano (AR) stand.

Tabella 2 – Principali caratteristiche dendrometriche dell'area permanente in loc. Panna (FI)
 Main characteristics of Panna (FI) stand.

specie *	ceppaie		polloni n.	piante n.	polloni d medio cm	G m2	G %
	n.	%					
Qpe	920	41,2	1,2	1131	10,6	9,97	32,0
Qc	863	38,7	1,6	1360	12,7	17,30	55,6
Fo	351	15,7	2,0	706	5,3	1,59	5,1
St	54	2,4	1,2	66	6,1	0,19	0,6
Sd	23	1,0	1,0	23	4,8	0,04	0,1
Py	11	0,5	1,0	11	4,4	0,02	0,1
Altre	9	0,4	1,7	14	7,1	0,06	0,2
tot.	2231					29,17	
					matricine		
Qpe				20	27,0	1,14	3,7
Qc				20	22,7	0,81	2,6
tot.				3351		31,12	

* Qpe = rovere; Qc = cerro; Fo = orniello; St = ciavardello; Sd = sorbo domestico; Py = perastro.

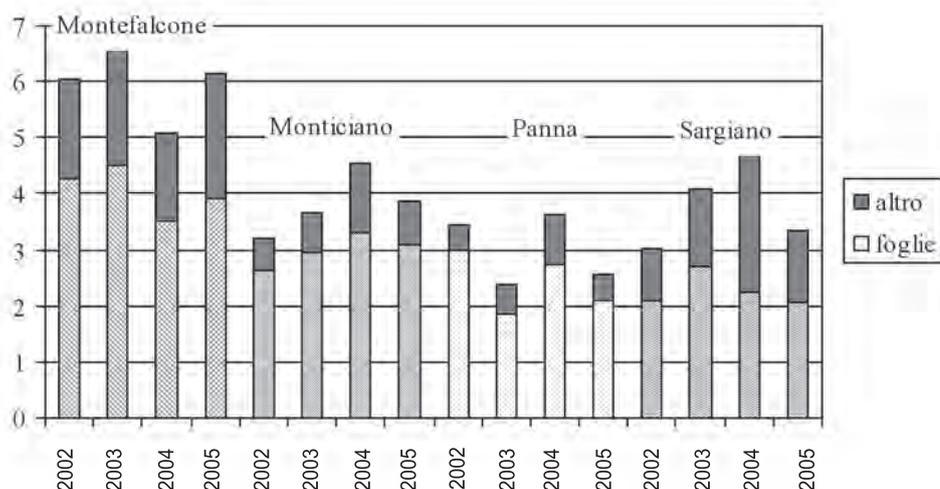


Figura 6 – Produzione di lettera totale e fogliare nei quattro popolamenti selezionati.
 Total and leaf litter production in the four research areas.

gnalazioni riportate in letteratura negli ultimi decenni e con i risultati di precedenti lavori sulla sua presenza e distribuzione (CUTINI e MERCURIO 1995a, 1999).

Se le cause della rarefazione della rovere possono considerarsi ormai assodate (DEL FAVERO *et al.* 1990, CUTINI e MERCURIO 1995a, BERNETTI 2002) l'incremento di presenza registrato negli ultimi decenni merita un approfondimento. Va innanzitutto premesso che il mutevole e complesso quadro tassonomico, la scarsità di elementi fisionomici e morfologici discriminanti e la capacità di ibridazione con altre querce hanno in passato ridotto le possibilità di identificazione della specie. A ciò si sommava anche lo scarso interesse nel distinguere la rovere dalle altre querce caducifoglie, dato il netto prevalere del governo a ceduo finalizzato alla esclusiva produzione di legna da ardere. Negli

ultimi decenni l'aumento delle conoscenze e l'importanza assunta dalle questioni ambientali da un lato e l'implementazione delle tecniche di monitoraggio delle risorse forestali dall'altro, hanno contribuito a rendere più accurate ed efficaci le indagini sulla presenza e distribuzione della specie. Accanto a ciò si è registrato l'abbandono di forme di sfruttamento intensivo del ceduo, oggettivamente penalizzanti. La concomitanza di questi fattori ha consentito di far emergere dati di certo più prossimi alla reale presenza e distribuzione della rovere.

Dal punto di vista ecologico i risultati ottenuti confermano quanto riportato in studi preliminari (CUTINI e MERCURIO 1995a, 1999) e cioè che la rovere si ritrova per lo più nei boschi di latifoglie decidue dell'orizzonte submontano del piano basale. Essa predilige stazioni

in aree collinari interne, su suoli di matrice silicea, esposizioni fresche, pendenze modeste (<20°) e clima umido-subumido con piovosità media annua compresa tra 800 e 1200 mm.

In tali condizioni prosperano in genere boschi di querce caducifoglie e altre latifoglie decidue ove prevale il cerro e, in misura limitata, la roverella. Si tratta comunque di popolamenti vegetanti in stazioni caratterizzate da buona produttività, come stanno ad indicare i valori sia delle grandezze dendrometriche che di produzione annuale di lettiera totale e fogliare (O'NEIL e DE ANGELIS 1981). Non a caso l'IFT riconosce la rovere come specie indicatrice per il *carpino-quer-ceto mesofilo di cerro con rovere* e per il *querceto acido-filo di cerro e rovere* (MONDINO e BERNETTI 1998).

In questi popolamenti la prevalenza del cerro, oltre che da elementi di natura ecologica, è stata favorita dal governo a ceduo e dall'applicazione di moduli colturali intensivi che hanno accresciuto la sua presenza anche in stazioni con caratteristiche potenzialmente adatte a specie più esigenti. Di ciò ne danno conferma da un lato la maggiore facoltà pollonifera e le maggiori capacità di accrescimento dei polloni di cerro rispetto alla rovere e, dall'altro, la relazione inversamente proporzionale tra presenza del cerro e ricchezza specifica del popolamento.

Per quanto riguarda la compartecipazione della rovere in popolamenti con pino marittimo come specie principale, essa può essere comunque in larga parte ricondotta nell'ambito dei boschi misti di caducifoglie. Non va infatti dimenticato che la presenza del pino marittimo è dovuta in larga misura a interventi di coniferamento largamente utilizzati in passato per il recupero di soprassuoli a prevalenza di querce caducifoglie degradati dall'eccessivo sfruttamento.

Oltre allo stretto legame con il cerro e con la gestione a ceduo una significativa presenza di rovere è sinonimo anche di elevata complessità strutturale e di ricchezza specifica del popolamento. I valori e le differenze riscontrate a livello di indice di copertura e di ricoprimento sono rilevanti (GUIDI *et al.* 1994, AMORINI *et al.* 1998) anche nei popolamenti che maggiormente risentono del governo a ceduo. Ciò indica che, indipendentemente dal disturbo antropico, i popolamenti con significativa presenza di rovere si caratterizzano per una notevole articolazione della struttura, conseguenza anche della giustapposizione di un elevato numero di specie con esigenze ecologiche differenti e al tempo stesso complementari. Nei casi di studio

esaminati sono presenti in media sette specie arboree, oltre a rovere e cerro, molte delle quali a legname pregiato. In genere i valori di diversità specifica registrati sono superiori a quelli riportati per popolamenti misti a prevalenza di cerro (FABBIO *et al.* 2006, MANETTI e GUGLIOTTA, *questo volume*). In particolare ove prevale la rovere si registrano valori di diversità specifica più simili a quelli riscontrati in popolamenti misti di rovere e farnia piuttosto che a quelli osservati in soprassuoli con cerro (FABBIO *et al.* 2006).

L'elevata ricchezza specifica e la presenza di specie a legname pregiato in questi boschi sono aspetti che meritano di essere attentamente valutati. Interventi e normative tese a proteggere e valorizzare soprassuoli con significativa presenza di rovere si configurano di fatto anche come iniziative con risvolti positivi per le altre specie forestali rare o sporadiche. Tra le specie arboree che più di frequente si associano alla rovere spicca il ciavardello che a buon diritto può essere considerato specie "indicatrice" di condizioni potenzialmente favorevoli per la rovere. Frequenti inoltre ciliegio selvatico, sorbo degli uccellatori, sorbo domestico e perastro, che insieme allo stesso ciavardello, sono specie a legname pregiato. La presenza di queste specie oltre alla rovere, anch'essa apprezzata per la qualità del legname, è un aspetto che può accrescere nel medio-lungo termine l'interesse per la difesa e la valorizzazione di questi consorzi. A tale proposito indagini preliminari condotte sul legno di fusti di rovere prelevati dal Bosco di Sargiano hanno evidenziato buone possibilità di utilizzo del materiale per la produzione di assortimenti di qualità (CUTINI e GIULIETTI 2006).

Sotto il profilo della protezione della biodiversità, i risultati ottenuti in questa sede indicano in Sargiano un popolamento meritevole di essere valutato come sito idoneo per la conservazione del germoplasma, in aggiunta ai popolamenti toscani già segnalati di Montefalcone, Tatti e Monterufoli (LUMINI 2004).

Un ultimo aspetto che merita di essere sottolineato è la presenza significativa di rovere in soprassuoli comunque di origine agamica. Interventi e normative che intendano proteggere e valorizzare la rovere non possono prescindere dal focalizzare l'attenzione sull'area del ceduo (CUTINI e MERCURIO 1999). In particolare l'avviamento ad altofusto ed una scelta oculata della matricinatura nel ceduo si configurano come scelte prioritarie per favorire la rovere e, di riflesso, anche altre latifoglie più esigenti sotto il profilo ecologico.

Nello specifico una selezione negativa a carico del cerro, operata sia in fase di scelta delle matricine che nei tagli di avviamento ad altofusto, può rappresentare una ulteriore azione con riflessi positivi per la protezione e valorizzazione della rovere e di popolamenti estremamente interessanti sotto vari punti di vista (CUTINI e MERCURIO 1999, CUTINI e GIULIETTI 2004).

Ringraziamenti

Gli Autori intendono ringraziare:

- l'ente Cassa di Risparmio di Firenze per aver sostenuto la ricerca nelle sue prime fasi finanziando il progetto "Indagini per la protezione e la valorizzazione dei boschi di rovere in Toscana";
- la Regione Toscana per aver messo a disposizione i dati dell'IFT e il dott. Marino Vignoli della D.R.E.A.M. Italia (Poppi -AR) per la collaborazione fornita nella fase di elaborazione dati;
- il Coordinamento Regionale della Toscana e tutti i Comandi Stazione del Corpo Forestale dello Stato per la preziosa collaborazione assicurata nella compilazione del questionario e nel corso dei sopralluoghi.

Molte persone hanno contribuito alla realizzazione di questo lavoro: a tutte va la nostra riconoscenza. Tra di esse desideriamo ringraziare in modo speciale il dott. Simone VELLUTI ZATI e il personale del C.R.A.-ISTITUTO SPERIMENTALE PER LA SELVICOLTURA di Arezzo: Umberto CEROFOLINI, Luigi MENCACCI, Mario CECCARELLI, Alessandro VARALLO e Tessa GIANNINI.

Grazie infine a un anonimo revisore per i graditi suggerimenti.

Bibliografia

- AMORINI E., BRUSCHINI S., CUTINI A., FABBIO G., MANETTI M.C., 1998 – *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. 27 (1996), Arezzo: 167-176.
- ARRIGONI P., 1997 – *Documenti per la carta della vegetazione delle Cerbaie (Toscana Settentrionale)*. Parlatorea II: 39-71.
- BARSACCHI M., BETTINI D., BUSSOTTI F., SELMI F., 1997 – *Il popolamento di Quercus petraea (Matt.) Liebl. del bosco di Tatti*. Monti e Boschi, 4: 22-28.
- BERNETTI G., 2002 - *La conservazione in situ ed extra situ delle popolazioni relitte della rovere (Quercus petraea Matt. Liebl.) e della farnia (Quercus robur L.)*. Italia Forestale e Montana 4: 424-426.
- BRUSCHI P., VENDRAMIN G.G., 1998 – *Ricerche preliminari sull'utilizzazione di marcatori microsatellite nello studio della struttura genetica del popolamento di Quercus petraea (Matt.) Liebl. e di Quercus pubescens Willd. della Macchia di Berignone – Tatti (Volterra)*. Monti e Boschi 5: 21-23.
- BRUSCHI P., VENDRAMIN G.G., BUSSOTTI F., GROSSONI P., 2003 – *Morphological and molecular diversity among Italian population of Quercus petraea (Fagaceae)*. Annals of Botany 91: 707-716.
- CUTINI A., 1994 – *Indice di area fogliare, produzione di lettiera ed efficienza di un ceduo di cerro in conversione*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo. Vol. XXIII (1992): 147-166.
- CUTINI A., MERCURIO R., 1995a – *Note sulla distribuzione e sull'ecologia della rovere (Quercus petraea (Matt.) Liebl.) nell'Italia centrale*. Linea Ecologica, anno XXVII 3: 12-15.
- CUTINI A., MERCURIO R., 1995b - *Investigations on the natural regeneration of sessile oak (Quercus petraea (Matt.) Liebl.) in the mediterranean area: ecological and silvicultural aspects*. Colloques Phytosociologiques, XXIV: 473-479.
- CUTINI A., MERCURIO R., 1996 - *Osservazioni preliminari sull'ecologia di semenzali di rovere (Quercus petraea (Matt.) Liebl.)*. Gior. Bot. It. 129 (3): 823-836.
- CUTINI A., MERCURIO R., 1997 - *Growth and development of sessile oak (Quercus petraea) and turkey oak (Quercus cerris) seedlings in response to varying light and soil moisture conditions*. Coenoses 12 (1): 27-32.
- CUTINI A., MERCURIO R., 1999 – *La rovere: criteri per la conservazione e la ridiffusione*. Monti e Boschi, 1: 31-34.
- CUTINI A., GIULIETTI V., 2006 – *La Rovere*. In: Il Bosco di Sargiano – natura e storia. Comune di Arezzo, pp. 22-28.
- CUTINI A., MERCURIO R., MOGGI G., VICIANI D., 1993 - *Osservazioni su una nuova stazione di rovere (Quercus petraea (Matt.) Liebl.) in Toscana*. Atti e Memorie dell'Accademia di lettere, arti e scienze "F. Petrarca"- Arezzo, Vol. LIV: 319-341.
- CUTINI A., GIULIETTI V., HERMANN L., TARCHIANI N., 2004 – *La rovere nelle Macchie di Panna*. Italia Forestale e Montana 1: 55-70.
- DE MAS G., 1992 – *Primo contributo allo studio di tecniche per la coltura e la diffusione della rovere (Quercus petraea (Matt.) Liebl.) nei Colli Euganei (Padova)*. Atti Dell'Istituto di Ecologia e Selvicoltura, Università degli Studi di Padova, vol. VI (5): 123-137.
- DE DOMINICIS V., CASINI S., 1979 - *Memoria illustrativa per la carta della vegetazione della Val di Farma (Colline Metallifere)*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Serie B, 86: 1-36
- DEL FAVERO R., ANDRICH O., DE MAS G., LASEN C., POLDINI L., 1990 – *La vegetazione forestale del Veneto. Prodrumi di tipologia forestale*. Regione Veneto.
- FABBIO G., MANETTI M.C., BERTINI G., 2006 – *Aspects of biological diversity in the CONECOFOR plots. I. Structural and species diversity of the tree community*. Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo. Vol. 30, suppl. 2: 17-28.
- FINESCHI S., TAURCHINI D., GROSSONI P., PETTIT R.J., VENDRAMIN G.G., 2002 - *Chloroplast DNA variation of white oaks in Italy*. Forest Ecology and Management 156: 103-114.

- GRIFONI F., 2003 – *Altre stazioni con rovere (Quercus petraea (Matt.) Liebl.) nell'Italia Centrale: prima caratterizzazione ecologico-forestale*. S.I.S.E.F., Atti 3: 47-53.
- GUIDI G., MANETTI M.C., PELLERI F., 1994 – *Ricerche sull'evoluzione naturale di soprassuoli forestali a Quercus cerris L. e Fagus sylvatica L. nell'Appennino meridionale. Primo contributo – Osservazioni sui caratteri del soprassuolo e relative modificazioni in due aree protette*. Ann. Ist. Sper. Selv. XXII (1991), Arezzo: 117-156.
- HOFMANN A., GORETTI D., TABACCHI G., VIGNOLI M., BERNETTI G., 1998 – *L'inventario forestale*. In: (AA.VV. eds.) *Boschi e macchie della Toscana*. Regione Toscana, Giunta Regionale: 219 pp.
- LUMINI M.B., 2004 – *Il germoplasma delle specie forestali della Toscana*. ARSIA e Regione Toscana, pp. 238.
- MANETTI M.C., GUGLIOTTA OIL., 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., 33 (2002-2004): 105-114.
- MERCURIO R., CUTINI A., 1995 – *La gestione delle aree protette locali: l'esempio del Bosco di Sargiano*. Parchi - Rivista del Coordinamento Nazionale dei Parchi, 15: 63-68
- MONDINO G.P., BERNETTI G., 1998 – *I tipi forestali*. In: (AA.VV. eds.) *Boschi e macchie della Toscana*. Regione Toscana, Giunta Regionale: 358pp.
- NEUMANN M., STARLINGER F., 2001 – *The significance of different indices for stand structure and diversity in forest*. Forest Ecology and Management 145: 91-106.
- O'NEIL R.V., DE ANGELIS D.L., 1981 - *Comparative productivity and biomass relations of forest ecosystems*. In: Reichle D.E. (ed.) *Dynamic properties of forest ecosystems*. Cambridge University Press, London: 441-449.
- SHANNON C.E., 1948 – *The mathematical theory of communication*. In: Shannon C.E., Weaver W. (Eds.), *The mathematical Theory of Communication*, University of Illinois Press, Urbana: 29-125.
- SIMPSON E.H., 1949 – *Measurement of diversity*. Nature: 163-688.
- VICIANI D., MOGGI G., 1997 – *Ricerche su alcuni popolamenti di rovere (Quercus petraea (Matt.) Liebl.) in Toscana (Italia Centrale)*. Webbia 51 (2): 237-249.

Valutazione della funzione paesaggistica delle fustaie transitorie di cerro nel territorio delle Colline Metallifere[§]

Claudio Fagarazzi¹, Roberto Fratini^{1*}, Francesco Riccioli¹

Accettato il 6 luglio 2006

Riassunto – Il presente studio si è focalizzato sulla valutazione delle modificazioni del paesaggio determinate da interventi selvicolturali diretti sia a convertire i boschi cedui in boschi di alto fusto, sia a mantenere i cedui con matricinature più o meno intensive. L'analisi, condotta attraverso un set di questionari somministrati a persone residenti e turisti presenti nella zona oggetto di studio, si è basata sull'uso congiunto di due metodologie di stima, ovvero, il metodo delle preferenze visive e la valutazione contingente. Per quanto riguarda il metodo delle preferenze visive, i risultati ottenuti evidenziano una spiccata preferenza da parte degli intervistati a favore della fustaia rispetto al bosco ceduo, sia uno scarso gradimento verso le fasi di transizione del bosco. Utilizzando il metodo della carta di pagamento è stata valutata la DAP da parte degli intervistati a favore degli imprenditori agro-forestali per lo svolgimento delle funzioni sociali suddette. I risultati hanno evidenziato una DAP per i servizi di presidio e manutenzione del territorio e per la conversione dei cedui (poco apprezzati dal punto di vista paesaggistico) in fustaie, quantificabile in circa 19 euro annui a persona.

Parole chiave: *paesaggio forestale, metodo delle preferenze visive, valutazione contingente.*

Abstract – Appraisal of landscape function of Turkey oak transitory crops in the Colline Metallifere territory. This study examines a few aspects which characterise the forest landscape in an area of southern Tuscany (Grosseto province). Particularly, the forest landscape has been changing due to the partial suspension of coppice harvesting and its conversion into high forest. The impact of this change has been assessed by two methodologies: the visual preferences method and the contingent evaluation method (CVM). These methods are based on a set of questionnaires proposed to a representative sample of people: residents, tourists, hikers, etc. The first step is a survey of visual preferences. While such an evaluation is subjective, it provides insight into commonly held perceptions and values regarding the visual qualities of the landscape. Preferences were determined by using a set of 9 photographs of the study area which represent the range of land cover types in the region. CVM seeks to evaluate environmental and other no-market goods by asking individuals about their values using survey methods. The average value willingness to pay (WTP) obtained is about 19 euro/year..

Key words: *forest landscape, visual preference method, contingent valuation.*

F.D.C. 222.2: 226: 907.1 Quercus (450.52)

Introduzione

In Toscana, i boschi misti di querce coprono una superficie di circa 235.000 ettari e sono caratterizzati soprattutto da formazioni di cerro governate prevalentemente a ceduo matricinato.

La produzione principale di questi soprassuoli è stata, ed è tuttora, la legna da ardere; un prodotto che nel corso degli ultimi dieci anni si è rivalutato nel prezzo sia per effetto della crescente domanda regionale ed extraregionale, sia per effetto del progressivo aumento del prezzo dei combustibili fossili. In questo scenario è quindi plausibile ipotizzare che il governo a ceduo matricinato rappresenterà nel prossimo futuro

la modalità di gestione principale dei boschi privati; mentre l'alto fusto avrà poche opportunità di sviluppo anche per effetto dell'assenza di domanda dei prodotti legnosi da esso ricavabili. L'approccio privatistico non consente, infatti, l'implementazione nel bilancio aziendale di benefici non monetari, come la conservazione e riqualificazione del paesaggio forestale. Si tratta di benefici che invece sono valutati nei grossi complessi demaniali gestiti dalle comunità montane e dalle aziende regionali. In questi contesti, dove sono già presenti cedui di cerro invecchiati sottoposti a tagli di avviamento all'alto fusto, si stanno progressivamente affermando delle fustaie transitorie che non hanno niente da invidiare, in termini di struttura e

[§] Lavoro svolto nell'ambito del progetto "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e culturale di differenti modalità di matricinatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno" promosso e finanziato dall'ARSLA-REGIONE TOSCANA e coordinato dall'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo. Lo studio è frutto della collaborazione tra gli autori: C. Fagarazzi ha redatto i par. Introduzione e Conclusioni; R. Fratini i par. Approccio metodologico e Aspetti di valutazione; F. Riccioli i par. Stima della qualità estetico-visiva e Analisi del valore economico. Il set fotografico è stato realizzato congiuntamente dai tre autori.

* Autore corrispondente rfratini@unifi.it

¹ Dipartimento di Economia Agraria e delle Risorse Territoriali – Università degli Studi di Firenze.

caratteristiche del fusto, alle fustaie di origine gamica. Il problema che si pone per questi soprassuoli, che hanno ormai raggiunto e superato i 50-60 anni di età, è connesso a due fattori:

- a) da un lato individuare nuovi tipi di prodotti legnosi, alternativi alla legna da ardere, capaci di valorizzare il toname di cerro;
- b) dall'altro lato, giustificare, dal punto di vista economico, gli interventi selvicolturali, valutando l'adeguatezza dell'onere economico ad essi connesso, rispetto ai servizi paesaggistici ed ambientali prodotti dalle nuove formazioni forestali. In questo caso, la foresta assume un ruolo polifunzionale che risulta sempre più importante anche nell'ambito dei processi di pianificazione territoriale.

L'esigenza di conoscere, in termini quantitativi, il valore economico dei benefici che la collettività ritrae dalla conservazione e fruizione del paesaggio forestale, spinge allo sviluppo di metodi di stima capaci di valutare i c.d. beni pubblici, ovvero, quei beni caratterizzati dal massimo grado di non esclusività dal lato dell'offerta e non rivalità, dal lato della domanda. Per questi beni "l'assenza di mercato non implica che non abbiano un valore, ma piuttosto manca una misura diretta per valutarlo e, conseguentemente, per valutare quanto i cambiamenti nella sua qualità influenzino il benessere degli individui" (Casini e Ferrini 2002).

Lo studio da noi condotto ha interessato il territorio della Comunità Montana delle Colline Metallifere. Questa area, che comprende i comuni di Massa Marittima, Monterotondo Marittimo, Montieri, Sassetta e Roccastrada, raggiunge una superficie di circa 800 Km². Il territorio della Comunità Montana presenta una densità di popolazione pari a 26,1 abitanti per Km², contro i 46,9 della provincia di Grosseto e i 152,1 della Regione Toscana nel suo complesso. La zona si caratterizza per un progressivo invecchiamento della popolazione, la cui struttura risulta fortemente sbilanciata verso i segmenti generazionali più maturi. E' da rilevare che nel corso degli ultimi cinquanta anni, per motivi legati alla scarsità di posti di lavoro e a causa della lontananza dei centri amministrativi e scolastici, il territorio ha subito un significativo decremento demografico.

La ricchezza mineraria di questa area ha costituito per molti anni la risorsa primaria dell'economia impiegando migliaia di minatori. A partire dalla fine degli anni settanta tale attività è andata esaurendosi ed il territorio ha dovuto cercare una nuova identità,

non più basata sullo sfruttamento del sottosuolo ma sulla valorizzazione delle risorse ambientali. Agli inizi degli anni novanta si è avuto un certo sviluppo del turismo, soprattutto quello legato ad escursioni o attività sportive (*trekking, mountain bike, etc.*). Secondo uno studio dei primi anni 2000 (cfr. Agenda 21, Comunità Montana Colline Metallifere 2004), le presenze nel periodo estivo hanno raggiunto le 130.000 unità, in gran parte concentrate nella cittadina di Massa Marittima. In base alle nostre rilevazioni si è riscontrata una permanenza media sul posto dei visitatori quasi sempre inferiore alla settimana. Il settore agriturismo annovera 56 diverse aziende, 23 delle quali a Massa Marittima, 17 a Roccastrada, 8 a Montieri, 5 a Monterotondo e 3 a Sassetta, con una disponibilità complessiva di oltre 300 posti letto (cfr. Mori, Casini La. e De Meo 2002).

E' da notare che in particolare per i Comuni di Massa Marittima e Montieri il settore turistico è ormai divenuto un elemento economico importante che permette almeno per il periodo estivo di contrastare il lento declino delle altre attività produttive e a ridurre il fenomeno dello spopolamento montano. Se appare pertanto evidente che il turismo legato alle risorse forestali può svolgere un'importante funzione di volano per il territorio montano e collinare, è anche evidente come qualsiasi tipo di analisi territoriale debba essere fondata sulla puntuale rilevazione dello *status quo* dei territori oggetto di pianificazione (cfr. Romano S., Cozzi e Petrizzo 2002). Pertanto l'approccio metodologico da noi utilizzato ci ha permesso da un lato di esprimere una valutazione sulle modificazioni qualitative del paesaggio connesse agli interventi di avviamento all'alto fusto e dall'altro di valutare la compatibilità tecnico-economica di tali interventi rispetto all'uso turistico di queste aree forestali. Nello specifico, attraverso la somministrazione di questionari, ad un campione di 100 fruitori dei servizi ricreativi dell'area, è stato possibile giungere ad una stima del livello di apprezzamento delle modificazioni qualitative del paesaggio forestale.

La valutazione del valore economico connesso ai servizi pubblici forniti dal paesaggio forestale, è stata eseguita con l'approccio della Valutazione Contingente, il metodo adottato per tale valutazione è stato quello della "*carta di pagamento*", con il quale è stato chiesto all'intervistato di scegliere la sua disponibilità massima a pagare per un determinato bene, rappresentato nel caso specifico dal paesaggio forestale, sulla

base di una serie di valori racchiusi in un intervallo monetario prestabilito.

L'approccio metodologico

Tra i termini che descrivono l'ambiente, quello di paesaggio è sicuramente uno dei più controversi. Molte discipline lo hanno utilizzato, spesso con significati diversi. Il paesaggio è stato di volta in volta considerato come ambiente visibile, "come sistema dei segni e dei significati di un territorio, come sistema generale di relazioni tra gli elementi dell'ambiente" (Malcevski 1997). "Il paesaggio può essere definito semplicemente come una porzione di mondo reale entro il quale siamo interessati a descrivere ed interpretare processi e *patterns*. Il paesaggio è anche uno spazio geografico in cui la complessità ecologica è espressa attraverso attori concorrenti che nelle loro funzioni si sovrappongono e interagiscono in vario modo" (Farina 2005). La componente bosco nell'ambito paesaggistico è spesso percepita come l'uso del territorio che maggiormente si avvicina a quello naturale. Parlando di paesaggio forestale toscano, indubbiamente il bosco ceduo rappresenta non solo un caso emblematico della modificazione antropica apportata dall'uomo agli ecosistemi forestali, ma è anche uno degli elementi più caratteristici del paesaggio forestale italiano (Agnolotti 2005).

Da un punto di vista più strettamente economico possiamo però affermare che il paesaggio può essere rappresentato come un bene pubblico che, nel caso specifico del paesaggio rurale, rappresenta una esternalità delle attività agro-forestali attuate dai diversi soggetti economici che operano sul territorio (Cornes e Sandler 1986; Bishope Romano 1998; Tenpesta e Crivellaro 1999). Esternalità che, nel nostro caso, possono variare in relazione alle diverse forme di governo attuate nei soprassuoli forestali, quantificate attraverso la stima delle differenti qualità di paesaggio percepito. Si è ritenuto pertanto opportuno realizzare un questionario da proporre a fruitori dell'area di studio con lo scopo di esprimere una valutazione su:

- l'impatto estetico-visivo degli interventi selvicolturali connessi all'avviamento all'alto fusto dei cedui di cerro (metodo delle preferenze visive);
- il valore paesaggistico-ricreativo di tale conversione (metodo della valutazione contingente).

Per quanto concerne il primo punto, in letteratura gli approcci proposti possono essere ricondotti a

due modelli fondamentali: "il paradigma oggettivista, secondo cui la qualità di un paesaggio è connessa alla qualità degli elementi che lo compongono; ed il paradigma soggettivista, secondo cui la qualità del paesaggio è correlata alle caratteristiche individuali dei soggetti che lo guardano" (Lothian 1999). Evidentemente, l'approccio soggettivista da noi seguito, sottende un principio di uso della risorsa paesaggistica da parte dell'uomo, nel senso che "l'uomo deve conoscere lo scenario da valutare, o, meglio ancora, deve trattarsi dello scenario in cui esso opera e vive" (Tempesta, Thiene e Bazzani 2004). Si tratta poi di stabilire la relazione esistente fra caratteristiche del territorio e giudizio espresso dai fruitori.

Per quanto concerne invece la determinazione del valore paesaggistico-ricreativo va innanzitutto sottolineato che la stima del valore monetario incontra, come più volte ricordato in letteratura (cfr. Signorello 2000; Tenpesta, Visintin, Rizzi, Marangon 2002), difficoltà rilevanti connesse alla natura del bene pubblico puro del paesaggio e ai problemi che si hanno nell'uso della metodologia di valutazione. Molto spesso le determinazioni avvenute tramite l'impiego della valutazione contingente (CVM) hanno definito soltanto una disponibilità a pagare riferita alla necessità che il paesaggio non subisca un degrado nel tempo. Nel nostro caso il *test* effettuato su un campione della popolazione, più che fornirci una valutazione globale del paesaggio forestale delle Colline Metallifere e delle sue componenti storico-culturali, ci consente di esprimere un giudizio sul grado di apprezzamento verso alcune formazioni forestali.

Dal punto di vista operativo, si è proceduto considerando le componenti ambientali principali del paesaggio attraverso descrittori fisico-quantitativi. Si è utilizzato un *set* fotografico relativo ai diversi ambienti forestali presenti (tipologie forestali, grado di accrescimento, grado di copertura forestale, *etc.*). Tali foto sono state successivamente sottoposte all'attenzione di un campione di fruitori, che hanno espresso un giudizio di preferenza estetico-visivo (cfr. Gios e Notaro 2001) per ciascuna immagine (cfr. allegato 1).

Le fasi principali del procedimento seguito sono state le seguenti:

1. identificazione delle formazioni forestali omogenee da ritrarre attraverso il *set* fotografico;
2. realizzazione del *set* fotografico;
3. precampionamento e dimensionamento del campione;

4. somministrazione del *test* al campione di fruitori;
5. elaborazione statistica delle risposte ottenute;
6. stima dei “valori paesaggistici” delle varie formazioni forestali attraverso metodi monetari o non monetari.

La scelta delle zone da rappresentare attraverso le foto costituisce una fase molto delicata perché è necessario identificare con precisione le aree forestali maggiormente rappresentative e capaci di rendere realistiche le realtà paesaggistiche da valutare. Per tale ragione è stato necessario programmare a priori le aree da fotografare usufruendo anche di foto aree con elevato dettaglio.

La predisposizione del *set* fotografico ha seguito un criterio così riassumibile:

- evitare foto artistiche;
- fotografare i luoghi alla stessa ora, con la stessa macchina, nelle stesse condizioni climatico-meteorologiche;
- avere sempre in primo piano il paesaggio forestale che si vuol rappresentare;
- mantenere sempre la stessa angolazione di scatto.

Oltre alla fase di realizzazione del questionario, è risultata rilevante la preparazione degli intervistatori rispetto alle metodologie di indagine applicate ed alle modalità di esecuzione delle domande, soprattutto per quanto attiene alla valutazione del valore connesso ai servizi ambientali delle formazioni forestali.

L'elaborazione finale dei dati acquisiti ha poi consentito l'identificazione delle relazioni esistenti tra giudizi di gradimento paesaggistico espressi ed i diversi profili socio-economici degli intervistati. Grazie a tali risultati è stato quindi possibile giungere alla determinazione di un modello interpretativo di gradimento paesaggistico delle formazioni forestali esaminate.

Stima della qualità estetico-visiva dei boschi di cerro

Il metodo delle preferenze visive impiegato per stimare la qualità del paesaggio forestale (Borra e Mattalia 1994; Giaù 1996), è basato sull'elaborazione statistica delle preferenze espresse da un certo campione di persone, rispetto ad una serie di paesaggi boschivi proposti. Nel caso delle Colline Metallifere il metodo si è basato sulla realizzazione di una serie di foto che rappresenta le varie fasi della conversione all'alto fusto dei cedui di cerro al fine di ottenere un quadro esaustivo della “trasformazione estetico - visiva” del

paesaggio al variare del suo grado di utilizzazione.

Per ogni fase del processo di conversione è stata realizzata una foto nel periodo primaverile (alla fine di maggio): alcune immagini sono state scattate dai cigli delle strade comunali, in modo da cogliere la visione d'insieme, altre addentrandosi all'interno del bosco in modo da cogliere in dettaglio la struttura del bosco.

Per ottenere un quadro il più possibile omogeneo dei diversi paesaggi forestali oggetto di indagine, tutte le immagini sono state scattate con cielo limpido e sereno, nelle prime ore del pomeriggio in modo da avere la medesima angolazione solare. Si è in tal modo cercato di limitare la soggettività, prima menzionata, che caratterizza questa fase evitando foto artistiche e scegliendo quindi uno “*standard di scatto*” per l'intera serie.

Il prodotto di questa fase è costituito da nove foto che rappresentano varie modalità di conversione dei cedui di cerro, e più precisamente:

1. Ceduo invecchiato di cerro di 25 anni non soggetto a tagli di avviamento (foto 2);
2. Ceduo invecchiato di 40 anni non soggetto a tagli di avviamento (foto 3);
3. Fustaia transitoria di cerro di 50 anni recentemente sottoposta a primo taglio di diradamento (foto 4);
4. Fustaia transitoria di cerro di 40 anni soggetta a deboli tagli di avviamento all'alto fusto (foto 5);
5. Ceduo invecchiato (di circa 40 anni) sottoposto a primo taglio di avviamento all'alto fusto (foto 6);
6. Tagliata in ceduo di cerro con rilascio di 50 matricine ad ettaro (foto 7);
7. Tagliata, realizzata da 2-3 anni, in ceduo di cerro di 25-30 anni con matricinatura a gruppi (foto 8);
8. Tagliata, realizzata da 2-3 anni, in bosco ceduo di cerro di 40 anni con rilascio di 230 matricine ad ettaro (foto 9);
9. Tagliata recente in bosco ceduo di cerro di 45 anni con rilascio di 250 matricine ad ettaro (foto 10).

La foto 1, che rappresenta una panoramica del territorio forestale successivamente ad un taglio di conversione del ceduo all'alto fusto, non è inserita nel *set* delle preferenze ma è stata utilizzata per valutare l'impatto visivo del taglio sul paesaggio (parte 2 del questionario in allegato).

Il questionario utilizzato per l'indagine è stato strutturato secondo le seguenti parti:

- caratteristiche socio-economiche del soggetto: età, sesso, titolo di studio, occupazione, comune

di residenza, motivazione della visita;

- preferenze paesaggistiche dell'intervistato, attraverso un giudizio di gradimento su quattro tipi di paesaggio (urbano, montano, costiero, rurale) e sei tipologie colturali (seminativi, colture legnose agrarie, pascoli, boschi di alto fusto di latifoglie, boschi di conifere e boschi cedui) rappresentative di paesaggi locali;
- valutazione del livello di gradimento delle diverse formazioni rappresentate nel set fotografico;
- stima del valore paesaggistico delle diverse formazioni boschive, attraverso la disponibilità a pagare sia per la conversione dei boschi cedui in fustaie, sia per la funzione di presidio del territorio degli imprenditori agro-forestali.

Per lo svolgimento dello studio è stata messa a punto un'indagine campionaria in prossimità di punti panoramici nei comuni di Montieri, Monterotondo e Massa Marittima. L'indagine è stata svolta nel periodo compreso tra metà giugno e la fine di settembre, nei giorni di fine settimana ed in un giorno a rotazione infrasettimanale. Le interviste effettuate hanno riguardato un campione di 100 fruitori, composto prevalentemente da residenti e turisti frequentatori della zona oggetto di indagine.

Esaminando il profilo socio-economico dei soggetti intervistati emerge che il 37% ha una età compresa fra i 36 ed i 50 anni, il 30% fra 36 e 35 anni, il 19% superiore ai 50 anni ed il 14% ha un età inferiore ai 25 anni. Inoltre il 46% della popolazione intervistata è in possesso di un titolo di scuola media superiore, il 23% di un titolo di scuola media inferiore, il 23% di diploma di laurea e soltanto l'8% è risultato avere conseguito la sola licenza elementare.

Le motivazioni addotte per giustificare la visita dell'area sono principalmente riconducibili a visite giornaliere (persone che dal mare si spostano nelle colline interne) e vacanze di più giorni nella stessa località (63% circa, prevalentemente in agriturismo o campeggio). Un altro 21% del campione esaminato dichiara di essere di passaggio per raggiungere altre località o di trovarsi in quel luogo per motivi di lavoro. In quest'ultimo caso si tratta prevalentemente di persone residenti o provenienti dai comuni limitrofi (provincia di Grosseto). Se esaminiamo le preferenze paesaggistiche degli intervistati emerge che i paesaggi maggiormente apprezzati sono quello montano e costiero, con rispettivamente il 36% e il 34% delle preferenze, mentre la campagna si attesta

al 25%. Scarso apprezzamento raccoglie il paesaggio urbano con circa il 5% delle preferenze. Allo scopo di identificare le preferenze paesaggistiche soggettive dei vari individui, si è quindi proceduto ad una valutazione delle preferenze paesaggistiche connesse a tipologie elementari di paesaggio (seminativi, colture legnose agrarie, pascoli, boschi di alto fusto di latifoglie, boschi di conifere e boschi cedui). In tal modo è stato possibile attribuire un diverso livello gerarchico alle sei tipologie di paesaggio in relazione al diverso gradimento estetico visivo attribuito dai soggetti interpellati. Alle sei classi gerarchiche è stato quindi attribuito un punteggio variabile tra 0 e 5, direttamente proporzionale al grado di gradimento visivo (0= livello più basso; 5= livello più alto).

Dai dati ottenuti, è stato possibile calcolare i rispettivi valori medi paesaggistici (x_{mj}) (1):

$$x_{mj} = \frac{\sum_{j=1}^N x_j}{N}$$

dove:

x_j = giudizio di gradimento espresso dal j -esimo soggetto;

N= dimensioni del campione.

I valori medi delle preferenze paesaggistiche, illustrati in Tabella 1, evidenziano che la coltura maggiormente apprezzata risulta essere il bosco di latifoglie seguito da quello di conifere, mentre quella meno apprezzata e rappresentata dal seminativo.

Partendo quindi dal presupposto che il bosco rappresenta una tipologia di paesaggio molto apprezzata dal campione, si è allora proceduto, nella seconda parte del questionario, alla stima del diverso grado di apprezzamento paesaggistico connesso alle varie modalità di gestione dei boschi di latifoglie, ponendo

Tabella 1 - Preferenze paesaggistiche delle diverse tipologie colturali.
Visual landscape preferences.

Parametri	Seminativi statistici	Vigneti, oliveti, frutteti	Pascoli	Boschi di latifoglie	Boschi di conifere	Boschi cedui
<i>moda</i>	0,0	5,0	1,0	4,0	5,0	2,0
<i>curtosi</i>	-0,2	-1,3	-0,2	-0,1	-0,6	-0,5
<i>media</i>	1,3	3,1	1,8	3,4	3,3	2,1
<i>dev stand</i>	1,7	1,7	1,4	1,2	1,6	1,4
<i>n</i>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<i>t student</i> ($\alpha=0,05$)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
<i>lim fiduciario</i>	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
<i>lim inferiore</i>	0,9	2,8	1,5	3,2	3,0	1,9
<i>lim superiore</i>	1,6	3,5	2,1	3,6	3,6	2,4

particolare attenzione ai diversi stadi di conversione da ceduo a fustaia. In particolare, è stato richiesto ai soggetti intervistati di ordinare gerarchicamente le immagini secondo valori decrescenti di gradimento. Ad esse sono stati quindi assegnati dei valori progressivamente crescenti (variabili tra 0 e 8) attribuendo 0 alla tipologia meno gradita e 8 a quella più gradita.

Dai risultati, illustrati nelle Tabelle 2 e 3, si può dedurre che la foto 4, rappresentativa di una fustaia transitoria recentemente sottoposta a tagli di diradamento, è l'immagine più apprezzata, seguita dalla foto 5. Al contrario la modalità di conversione che prevede il rilascio di circa 250 matricine ad ettaro risulta essere quella meno gradita.

Come in precedenza osservato, dai dati ottenuti dalla valutazione complessiva di ogni singola foto si sono ricavati i rispettivi valori medi paesaggistici (x_{ij}) (2):

$$x_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^N x_j}{N}$$

dove:

x_j = giudizio di gradimento espresso dal j-esimo soggetto;
 N= dimensioni del campione.

In una fase successiva sono state confrontate la

modalità di conversione maggiormente apprezzata (foto 4) e la modalità di conversione meno apprezzata (foto 10) considerando le variabili socio-economiche degli intervistati.

Dall'esame e dall'elaborazione delle risposte conferite dagli intervistati si nota una certa differenza soprattutto se si esamina il giudizio di preferenza in base alla variabile età¹; si può infatti evidenziare

Tabella 2 - Giudizi di gradimento del set fotografico.
Graded valuation of set photos.

Foto	Utilizzazione	giudizio di gradimento	giudizio di gradimento normalizzato
4	Fustaia transitoria di cerro di 50 anni recentemente sottoposta a 1° taglio di diradamento	601	1,00
5	Fustaia transitoria di cerro di 40 anni soggetta a debole taglio di avviamento all'alto fusto	533	0,89
6	Ceduo invecchiato di ceduo (di circa 40 anni) sottoposto a primo taglio di avviamento all'alto fusto	503	0,84
3	Ceduo invecchiato non soggetto a tagli di avviamento	482	0,8
7	Tagliata in ceduo di cerro con rilascio di matricine	399	0,66
2	Ceduo invecchiato di cerro di 25 anni di età non soggetto a tagli di avviamento	360	0,6
8	Tagliata realizzata 2-3 anni fa in un ceduo di cerro di 25-30 anni con matricinatura a gruppi	307	0,51
9	Tagliata, realizzata da 2-3 anni, in bosco ceduo di cerro di 40 anni con rilascio di 230 matricine ad ettaro	269	0,45
10	Tagliata recente in bosco ceduo di cerro di 45 anni con rilascio di 250 matricine ad ettaro	148	0,25

Tabella 3 - Preferenze delle differenti tipologie di soprassuolo.
Visual preferences of different types of forests.

Parametri statistici	Foto 2 Ceduo invecchiato di cerro di 25 anni non soggetto a tagli di avviamento	Foto 3 Ceduo invecchiato di cerro di 40 anni non soggetto a tagli di avviamento	Foto 4 Fustaia transitoria di cerro di 50 anni recentemente sottoposta a 1° taglio di diradamento	Foto 5 Fustaia transitoria di cerro di 40 anni soggetta a debole taglio di avviamento all'alto fusto	Foto 6 Ceduo invecchiato di cerro di 40 anni sottoposto a 1° taglio di avviamento all'alto fusto	Foto 7 Tagliata recente in ceduo di cerro con rilascio di 50 matricine per ettaro	Foto 8 Tagliata realizzata 2-3 anni fa in un ceduo di cerro di 25-30 anni con matricinatura a gruppi	Foto 9 Tagliata realizzata 2-3 anni fa in un ceduo di cerro di 40 anni con rilascio di 230 matricine	Foto 10 Tagliata recente in ceduo di cerro di 45 anni con rilascio di 250 matricine ad ettaro
moda	0,00	7,00	7,00	6,00	3,00	4,00	2,00	1,00	0,00
curtosi	-1,17	-0,91	0,23	-0,11	-0,51	-0,87	-0,54	0,20	1,37
asimmetria	0,18	-0,40	-1,01	-0,73	-0,33	0,06	0,64	1,04	1,47
media	3,60	4,82	6,01	5,33	5,03	3,99	3,07	2,69	1,48
dev stand	2,62	2,39	1,97	2,09	2,12	2,15	2,11	2,29	2,12
n	100	100	100	100	100	100	100	100	100
t student	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98
lim fiduc	0,52	0,47	0,39	0,42	0,42	0,43	0,42	0,45	0,42
lim inferiore	3,08	4,35	5,62	4,91	4,61	3,56	2,65	2,24	1,06
lim superiore	4,12	5,29	6,40	5,75	5,45	4,42	3,49	3,14	1,90

¹In fase di elaborazione dei dati l'età degli intervistati è stata suddivisa in 5 classi: classe 1 (età inferiore ai 20 anni), classe 2 (età compresa fra 21 e 25 anni), classe 3 (età compresa fra 26 e 35 anni), classe 4 (età compresa fra 36 e 50 anni), classe 5 (età superiore ai 51 anni).

come le persone con età superiore ai 51 anni reputano gradita tale modalità di conversione rispetto alle altre classi di età: la percentuale di intervistati che hanno attribuito alla foto valori compresi fra 7 e 8, è pari al 63% nella classe 5 (età maggiore di 51 anni), al 57% nella classe 3 (età compresa fra 26 e 35 anni) ed al 51% nella classe 4 (età compresa fra 36 e 50 anni). Anche l'80% degli intervistati, indipendentemente dal titolo di studio, ha espresso valori di gradimento alti (compresi fra 6 e 8).

Per la foto 10, che ritrae un intervento di taglio in bosco ceduo di cerro di 45 anni con rilascio di 250 matricine ad ettaro, il 75% degli intervistati, indipendentemente dal sesso, ha attribuito un livello gerarchico molto basso (compreso tra 0 e 2), che nel 50% dei casi ha coinciso con valore pari a zero. Più interessante appare la risposta se analizzata in base all'età dove è possibile notare una differenza fra la prima classe di età (inferiore ai 20 anni), dove il 68% reputa la modalità di conversione poco gradevole, percentuale che si aggira intorno al 75% per gli intervistati con età superiore ai 26 anni, e all'88% per la seconda classe (età compresa fra 21 e 25 anni).

L'elemento chiave di disturbo identificato dagli intervistati risulta essere la presenza di alcune zone prive di copertura e di residui dei vari interventi selvicolturali. L'origine di tale giudizio è presumibilmente legata alla convinzione che il bosco sia un bene che va preservato, per essere protetto, da qualsiasi intervento antropico e che il "taglio" rappresenti una operazione che deturpa l'ambiente con un grado di danno direttamente proporzionale alla sua intensità.

Se esaminiamo anche l'indice di forma (curtosi) della distribuzione dei dati relativi alle preferenze visive, osserviamo che relativamente ai contesti rappresentati dalle foto 4, 9 e 10 vi è una concentrazione più elevata delle risposte, ovvero, vi è una maggiore uniformità nella gerarchizzazione da parte dei vari soggetti intervistati. Tali immagini presentano infatti valori di curtosi positivi, cioè una distribuzione più appuntita del normale (detta leptocurtica) che è indice di scarsa variabilità dei dati.

Analisi del valore economico del paesaggio agro-forestale

Il metodo utilizzato per un'analisi del valore economico del paesaggio forestale è stato quello della *carta di pagamento*. Così come concepito da Mitchell e Carson (1989) questo metodo ha il pregio di evitare la distorsione dovuta al punto di partenza, presentando al tempo stesso il limite legato alla serie di cifre proposte che possono in qualche modo influenzare le risposte dell'intervistato. Il metodo necessita della definizione di un intervallo monetario entro cui far scegliere ai soggetti intervistati la loro disponibilità a pagare (DAP).

La simulazione effettuata, si è così concentrata sulla valutazione della disponibilità a pagare, da parte dei soggetti intervistati, delle somme di denaro a favore degli imprenditori agro-forestali sia per il mantenimento di coltivazioni agro-forestali utili a prevenire l'abbandono di zone a rischio (presidio del territorio), sia per la conversione dei boschi cedui in fustaia. L'intervallo monetario inserito nella carta di pagamento è compreso fra zero e 300 euro annui, con l'aggiunta dell'opzione "altro"².

Dall'analisi condotta emerge che il 93% degli intervistati sono disponibili a pagare una somma di denaro per mantenere le coltivazioni che limitino l'abbandono del territorio e il 92% è disposto a pagare per favorire le conversioni dei boschi cedui in fustaia.

Non tutti gli intervistati sono stati in grado di quantificare la propria DAP, per cui i risultati sono stati definiti sulla base dei soli soggetti che hanno fornito indicazioni significative su tale parametro.

Rispetto al primo quesito (Figura 1), le frequenze più alte si riscontrano in corrispondenza del valore di 5 euro con una percentuale pari al 19% ed in corrispondenza del valore di 10 euro, con una percentuale pari al 17%. Oltre il 40% del campione risulta disposto a contribuire per tale servizio con un importo superiore ai 20 €. Di questi solo il 9% circa con importi superiori ai 50 €.

² Il range della DAP è stato identificato tenendo in considerazione quanto previsto dal PSR della Regione Toscana, nella misura 5.3, per le indennità a favore delle zone svantaggiate. L'indennità compensativa, erogata per ettaro di superficie agricola utilizzata (SAU), è determinata, per ogni beneficiario, dalla sommatoria dei valori della indennità corrispondenti alla classe di ampiezza nella quale ricadono i terreni agricoli aziendali e in base alla tipologia di imprenditore agricolo, secondo lo schema seguente: imprenditore agricolo a titolo principale:

- 200 euro/ettaro da 2 fino a 15 ettari di SAU;
- 120 euro/ettaro da 16 a 30 ettari di SAU;
- 80 euro/ettaro da 31 ettari fino a 200 Ha di SAU.

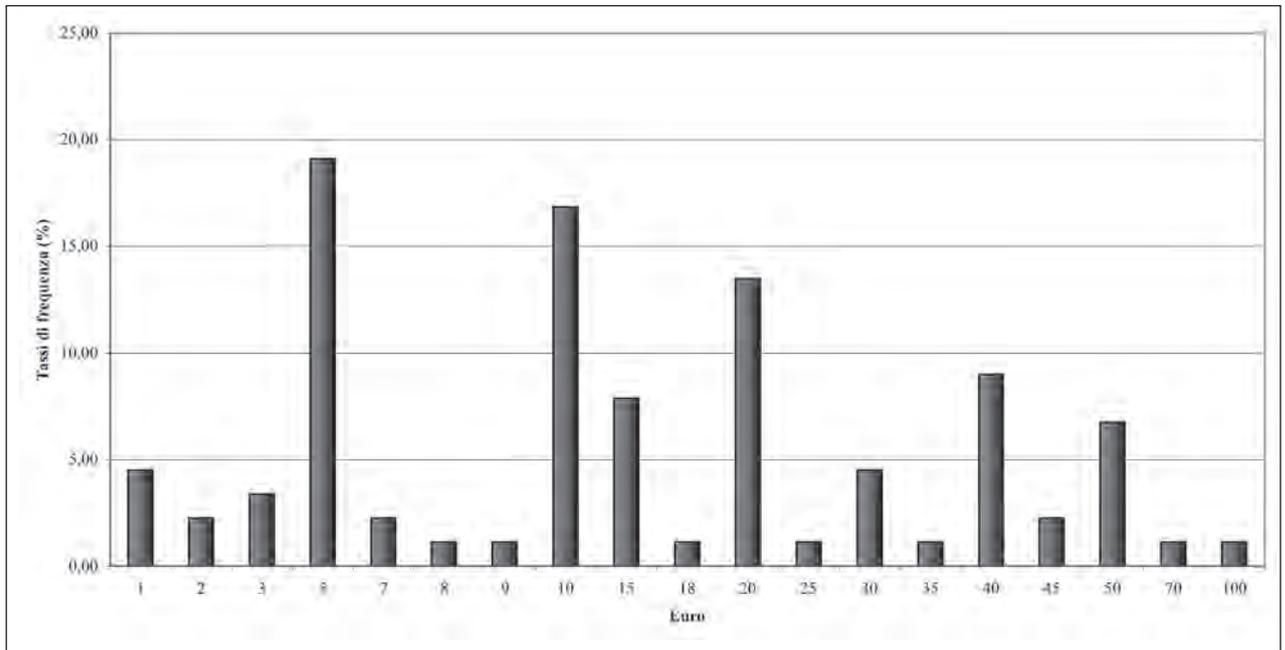


Figura 1 - Tassi di frequenza per la DAP per il presidio del territorio.
Rate of frequency for WTP paid for conservation of territory.

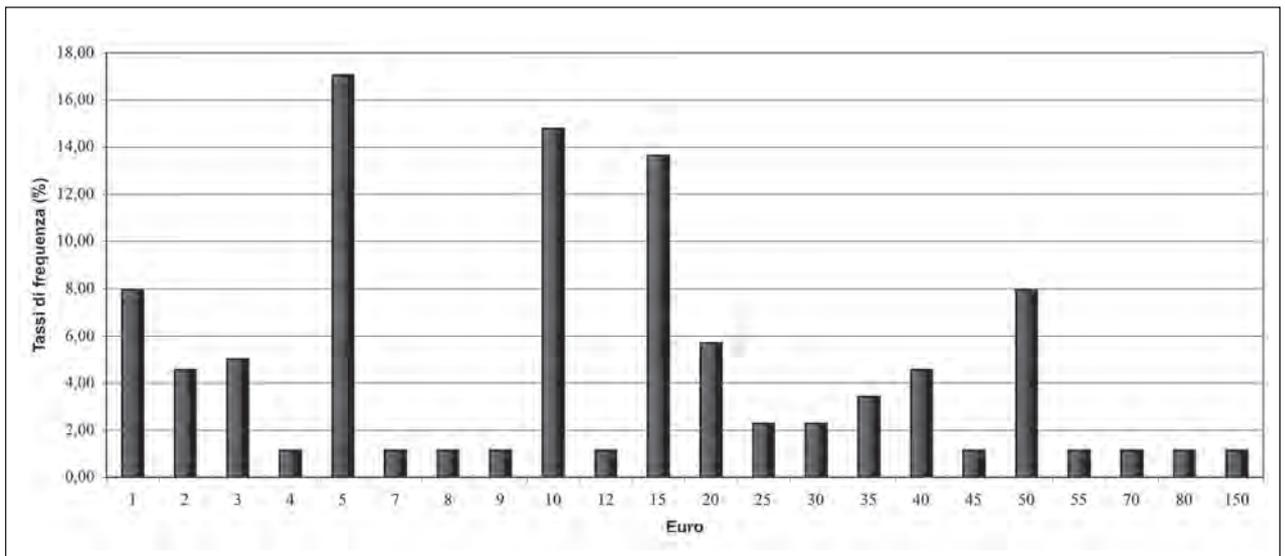


Figura 2 - Tassi di frequenza per la DAP per la conversione dei cedui in fustaia.
Rate of frequency for transformation of coppice to high forest.

Anche nella DAP connessa alla conversione del ceduo in fustaia (Figura 2), sono riscontrabili tassi di frequenza più elevati in corrispondenza delle classi di 5 e 10 €, con rispettivamente il 17% ed il 15%; mentre il 32% dei soggetti è disposto a contribuire con un importo di almeno 20 € annui. Le persone intervistate disposte poi a contribuire con oltre 50 euro rappresentano soltanto il 12,5%.

Se passiamo ad esaminare alcuni indicatori statistici (Tabella 4), osserviamo che nel caso di interventi di mantenimento delle colture, la DAP media è di circa 19 euro l'anno, mentre la deviazione standard è pari a quasi 18 euro. Nel caso della conversione dei cedui all'alto fusto, la DAP media risulta pari a 19,06 euro/anno con una deviazione standard di 22,57 euro (Tabella 3). L'analisi della curtosi mostra un valore po-

Tabella 4 - Statistiche sulla DAP (valori espressi in euro annui).
Statistics about WTP (value expressed in euros per annum).

Parametri statistici	DAP per mantenimento colture	DAP per conversione cedui
<i>moda</i>	5,00	5,00
<i>curtosi</i>	3,78	12,38
<i>asimmetria</i>	1,68	2,85
<i>media</i>	19,17	19,06
<i>dev stand</i>	17,97	22,57
<i>n</i>	89,00	88,00
<i>t student</i> ($\alpha=0,05$)	1,99	1,99
<i>lim fiduciario</i>	3,78	4,78
<i>lim inferiore</i>	15,38	14,28
<i>lim superiore</i>	22,95	23,84

sitivo, indice di una distribuzione di dati leptocurtica, con valori poco variabili che si concentrano intorno al valore medio. È possibile notare a questo proposito una asimmetria positiva con coda più lunga a destra in quanto la maggior parte delle DAP espresse risultano essere minori della DAP media per il mantenimento del territorio.

Analizzando i dati suddivisi per classi di età (Figura 3) è possibile notare come le DAP medie più elevate, relative alla prima tipologia di incentivo, sono state espresse da individui con più di 50 anni, che risultano disposti a pagare importi prossimi ai 27 euro annui, seguite da individui con età compresa fra 35 e 50 anni che hanno espresso una DAP media pari a 19,17 euro annui. Stessa tendenza è riscontrabile nella valutazione della DAP legata alla conversione dei cedui in fustaia, poiché anche qui sono le persone più mature (> 50 anni) quelle disposte a pagare la cifra maggiore (27,05 €/anno), cui seguono i soggetti con età compresa tra i 35 ed i 50 anni con importi medi pari a 19,52 euro annui (grafico 4).

L'esame delle DAP medie effettuato rispetto al grado d'istruzione, non evidenzia una relazione diretta tra tale parametro e la DAP per il mantenimento del territorio. Infatti, la DAP espressa da individui laureati si aggira intorno ai 17 euro contro i 19 euro espressi da persone in possesso del diploma di licenza media superiore ed i 16 euro offerti da quelli in possesso della licenza elementare.

Per quanto riguarda la conversione dei boschi cedui in fustaia la DAP è stimata intorno ai 19 euro per gli intervistati in possesso di licenza media superiore ed elementare e di 13 euro per chi è in possesso di un diploma di laurea.

Un elemento di riflessione che scaturisce dall'analisi dei risultati ottenuti in seguito all'applicazione della CVM è la scarsa consistenza della DAP media da parte

del campione intervistato: non si arriva a 20 euro in nessuna delle due ipotesi. Certamente il dato può essere visto anche come una scarsa sensibilità verso le superfici forestali presenti, solo in parte bilanciata da un desiderio di mantenimento e di conservazione dei principali habitat forestali esaminati. L'altro elemento che emerge è la percezione da parte dell'intervistato di un pagamento di cui non si intuisce fino in fondo la destinazione finale. I beneficiari, in questo caso i proprietari forestali, che per gran parte delle aree sono gli stessi enti pubblici (Comunità Montana e Regione Toscana), molto spesso sono considerati dagli intervistati poco efficienti nell'attuazione delle misure di difesa del territorio.

Aspetti problematici della valutazione

Notoriamente la valutazione non monetaria del paesaggio non è esente da limiti dovuti soprattutto alle caratteristiche intrinseche del metodo di stima usato: uno di questi limiti consiste nella "rappresentazione" del paesaggio attraverso fotografie le quali lo "estrapolano" dal contesto nel quale è inserito e non permettono di considerare il valore aggiunto della diversità paesaggistica. A questo elemento di incertezza va certamente aggiunta la qualità fotografica che può condizionare fortemente l'intervistato. Nel caso specifico, il solo esame delle diverse modalità di conversione del bosco ceduo, attraverso fotografie che forniscono un quadro su scala particellare e non comprensoriale, non permette l'ottenimento di un quadro esaustivo dell'intero complesso forestale delle Colline Metallifere.

Un altro elemento di carattere limitativo, al quale non si è riusciti a far fronte, è quello relativo alla soggettività che accompagna la realizzazione del *set* fotografico. Soggettività legata all'angolazione e alla posizione di scatto di ciascuna foto, che di fatto costituiscono una "rappresentazione distorta della realtà". Purtroppo, va ricordato, il problema della soggettività legata alle decisioni in fase di realizzazione del *set* fotografico prese dal fotografo è in ogni caso difficile da eliminare, resta tuttavia il compito di rendere questa soggettività la più bassa possibile.

Sono inoltre da considerare anche i problemi di coerenza delle risposte, specie quando le immagini sottoposte a valutazione sono molto numerose. Alcuni studi effettuati hanno evidenziato quali elementi di influenza alcune caratteristiche socio demografiche

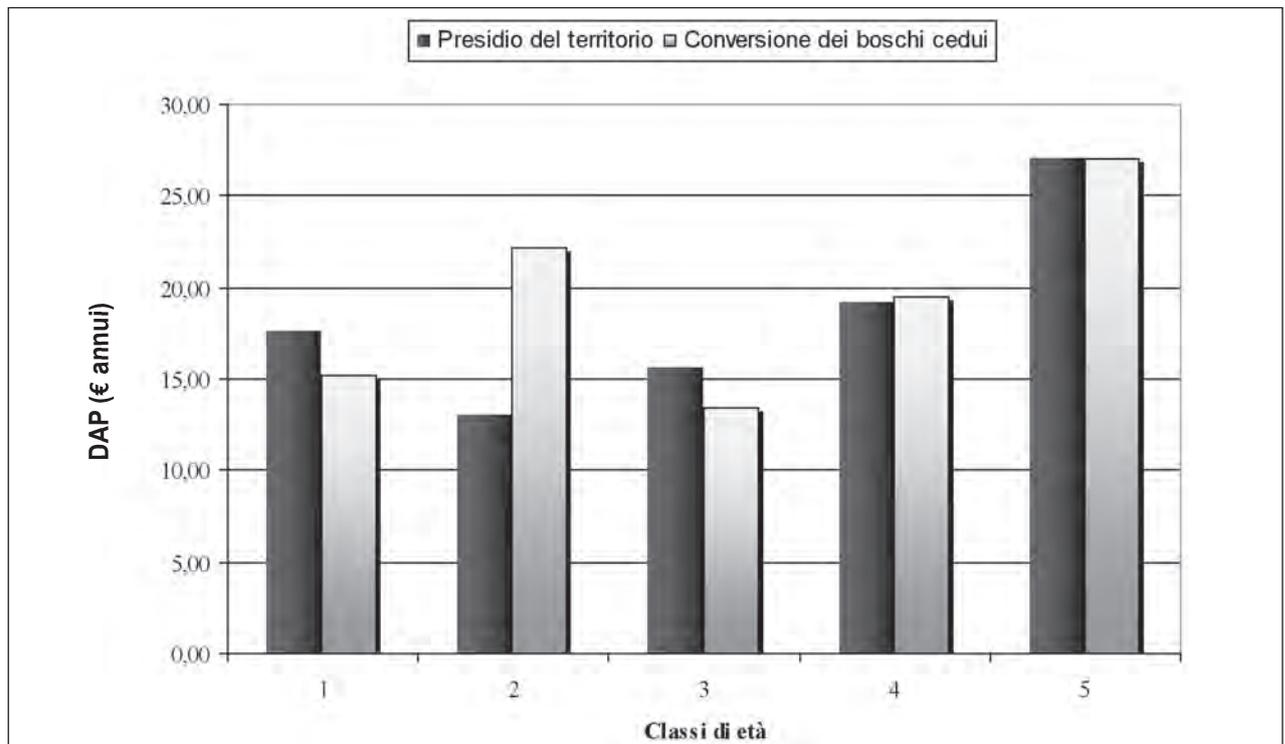


Figura 3 - Entità della DAP per differenti classi di età.
WTP analysed as two age groups of people.

dell'intervistato sulla percezione del paesaggio, ad esempio l'età e il titolo di studio (Casini e Romano S. 1993; Tenpesta e Crivellaro 1999) ed in taluni casi la sensibilità verso le problematiche ambientali (Dear den 1987).

Per quanto concerne la fase di valutazione contingente si possono riscontrare delle evidenti distorsioni legate alla soggettività delle risposte degli intervistati. Scartando l'ipotesi di interviste telefoniche o tramite posta, il metodo scelto per l'analisi si è basato su intervista diretta la quale ha il pregio di chiarire eventuali dubbi dell'intervistato, ma al tempo stesso "implica l'insorgere di eventuali distorsioni derivanti dal così detto *effetto intervistatore*" (Casini e Ferrini 2002). Per questo tipo di valutazione contingente un elemento di criticità è rappresentato dalle conoscenze informative, spesso incomplete o parziali, degli intervistati riguardo l'argomento proposto, considerato che in gran parte il campione esaminato è composto da turisti o frequentatori occasionali di questa area del territorio toscano.

Anche in letteratura, viene indicata come "... principale sfida che il disegnatore di uno studio di valutazione contingente...quella di rendere lo scenario sufficientemente comprensibile, plausibile, e

significativo per gli intervistati in modo che questi possano fornire valori validi e stabili nonostante la mancanza di esperienza con una o più dimensioni dello scenario" (Mitchell e Carson 1989).

Per tale ragione, è stato adottato il metodo della *carta di pagamento*, che ci ha permesso il superamento di uno dei limiti connessi all'impiego di altri metodi di Cvm, ovvero, la possibilità di *errore da un punto di partenza (starting point bias)*, in quanto è stata riscontrata un'alta probabilità (Gios e Notaro 2001) che la valutazione sia legata a tale elemento, influenzando fortemente le risposte successive degli intervistati.

In conclusione possiamo affermare che il metodo seguito ci ha permesso di conoscere, anche se il test è limitato ad un piccolo campione della popolazione presente in questa area del territorio toscano, la sensibilità del cittadino e la sua propensione ad intervenire nei processi di gestione delle risorse naturali, in questo caso le formazioni forestali di cerro delle Colline Metallifere.

Conclusioni

Il presente studio si è focalizzato sulla valutazione

delle modificazioni del paesaggio determinate da interventi selvicolturali diretti sia a convertire i boschi cedui in boschi di alto fusto, sia a mantenere i cedui con matricinature più o meno intensive.

L'analisi, condotta attraverso questionari proposti a persone residenti e turisti presenti nella zona oggetto di studio, si è basata sull'uso congiunto di due metodologie di stima, ovvero, il metodo delle preferenze visive e la valutazione contingente. Attraverso tali approcci è stato possibile "quantificare" il valore estetico-visivo delle formazioni forestali avviate all'alto fusto con modalità diverse. Per quanto riguarda la valutazione non monetaria, essa ha evidenziato sia una preferenza da parte degli intervistati a favore della fustaia rispetto al bosco ceduo, sia uno scarso gradimento verso le fasi di transizione del bosco, in genere considerate di forte impatto ambientale sul paesaggio forestale. Riguardo al bosco ceduo, lo stadio evolutivo meno gradito è ritenuto quello riscontrabile nei 3-5 anni successivi al taglio, sia esso effettuato con matricinatura intensiva sia con matricinatura a gruppi. In questa fase la copertura del bosco è molto rada, il terreno nudo è preponderante ed i polloni ricacciati sono ancora in numero considerevole generando una sorta di cespuglieto poco gradito dal punto di vista paesaggistico. A questa tipologia di bosco si aggiungono i primi stadi evolutivi dei cedui avviati all'alto fusto, soprattutto, quando i primi tagli di avviamento sono praticati in boschi giovani generando effetti paesaggistici simili ai cedui suddetti.

I risultati evidenziano, infatti, che il 62% dei soggetti, attribuisce alle fasi immediatamente successive alle utilizzazioni del bosco il maggior impatto sul paesaggio (foto 8, 9 e 10). In seguito si è cercato di quantificare, in termini economici, tale processo di conversione attraverso la stima della disponibilità a pagare, da parte degli intervistati, sia per il mantenimento del servizio di presidio e manutenzione del territorio, sia per la conversione dei boschi cedui in fustaia. Utilizzando il metodo della carta di pagamento è stata valutata la DAP da parte degli intervistati a favore degli imprenditori agro-forestali per lo svolgimento delle funzioni sociali suddette. I risultati hanno evidenziato una DAP per i servizi di presidio e manutenzione del territorio e per la conversione dei cedui (poco apprezzati dal punto di vista paesaggistico) in fustaie, quantificabile in circa 19 euro annui a persona.

Il naturale complemento al presente studio è sicuramente rappresentato dallo sviluppo di un approccio

diretto a valutare la compatibilità dei costi (espressi sia in termini di mancati redditi che di costi diretti) connessi alla trasformazione dei cedui di cerro in fustaie, con il valore economico totale della funzione paesaggistica assoluta dalle fustaie di cerro generate con tale processo. Un approfondimento ulteriore di questa ricerca potrebbe permetterci di valutare il punto di pareggio fra contributo regionale e costi di implementazione del trattamento selvicolturale preferito dai visitatori, al fine di dare indicazioni precise all'Ente Regione per la definizione delle misure silvo-ambientali da inserire nelle misure della pianificazione regionale.

Ringraziamenti

Un ringraziamento particolare va al prof. Leonardo Casini per il lavoro svolto in fase di organizzazione e coordinamento del progetto. Si ringrazia inoltre il dott. Paolo Cantiani per l'aiuto fornitoci in fase di scelta dei siti significativi per lo svolgimento dell'indagine.

Bibliografia citata

- Agenda 21 - Comunità Montana Colline Metallifere, 2004 - *Rapporto sullo stato dell'ambiente*, 3° forum plenario di Meta 21, Agenda 21.
- Agnolotti M., 2005 - *Bosco ceduo e paesaggio: processi generali e fattori locali*. In: "Il bosco ceduo in Italia", a cura di O. Ciancio e S. Nocentini. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze: 21-62.
- Bateman I., Willis K. E Garrod G., 1994 - *Consistency between contingent valuation estimates: a comparison of two studies of UK National Parks*. *Regional Studies*, 28, (5): 457-474.
- Borra D., Mattalia A., 1994 - *Il metodo delle preferenze visive nella valutazione del paesaggio forestale*. *Genio Rurale* (1): 60-68.
- Bishop R.C., Romano D. (a cura di), 1998 - *Environmental resource valuation: applications of the contingent valuation method in Italy*. Kluwer Academic Publishers.
- Casini L., Ferrini S., 2002 - *Le indagini economiche: La valutazione economica del paesaggio toscano*, Arsia-Regione Toscana: 49-68.
- Casini L., Romano S., 1993 - *La valutazione del surplus dei cacciatori della provincia di Firenze con l'impiego di scelta dei modelli dicotomici: aspetti metodologici ed applicativi*. *Aestimum*, (2): 149-170.
- Cornes R., Sandler T., 1986 - *The theory of externalities, Public Goods, and Club Goods*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Farina A., 2001, *Ecologia del paesaggio*, Utet, Torino.

- GIAU B., (A CURA DI), 1996 - *Manuale per la valutazione della qualità economica dei boschi e la rappresentazione*. Progetto RAISA- Dipartimento di economia e ingegneria agraria e forestale. Edizioni Bosco Ambiente.
- Gios G., Notaro S., 2001 - *La valutazione economica dei beni ambientali: introduzione al metodo della valutazione contingente* - Cedam, Padova.
- Lothian A., 1999 - *Landscape and the philosophy: is landscape quality inherent in the landscape or in the eye of the beholder?* - Landscape and Urban Planning, Vol.44: 177-198.
- Malcevski S., 1997 - *Qualità ed impatto ambientale. Teoria e strumenti della valutazione di impatto*. ETAS libri. Milano.
- Mitchell R.C., Carson R.T., 1989 - *Using surveys to value public goods: the contingent valuation method*, Resources for the future, Washington D.C.
- Mori P., Casini La., De Meo I., 2002 - *Il Mercato del legno nelle Colline Metallifere*. Gestione sostenibile del bosco e opportunità di valorizzazione economica, Compagnia delle Foreste, Arezzo.
- Romano D., Carbone F., 1993 - *La valutazione economica dei benefici ambientali: un confronto fra approcci non di mercato*. Rivista di Economia Agraria, n° 1: 19-62.
- ROMANO S., COZZI M., PETRIZZO C., 2002 - *GIS e analisi multicriteriale nella valutazione della vocazionalità turistico-ricreativa dei boschi: il caso della C.M. "Vallo di Diano"*. Estimo e Territorio, (4): 40-60.
- Signorello G., 2000 - *Il valore economico del paesaggio agrario: primi risultati del caso di studio dell'altopiano ibleo*, Università di Catania.
- Tempesta T., Crivellaro M., 1999 - *La valutazione del paesaggio rurale tramite indici estetico- visivi*, Genio Rurale, (4): 50-63.
- Tempesta T., Visintin F., Rizzi L., Marangon F., 2002 - *Il valore ricreativo dei paesaggi forestali*, Rivista di economia agraria, LVII, (4): 638-680.
- Tempesta T., Marangon F., 2004 - *Stima del valore economico totale dei paesaggi forestali italiani tramite valutazione contingente*, Genio Rurale (11): 32-45.
- Tempesta T., Thiene M., Bazzani G.M., 2004 - *Il costo opportunità del miglioramento del paesaggio e la Mid Term Review nella Regione Veneto*, Atti del workshop SIDEA Riforma della PAC e multifunzionalità: l'agricoltura tra nuove sfide e nuove opportunità, 16 dicembre 2004, Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Bologna.

**Foto utilizzate per la valutazione delle preferenze visive nell'ambito del questionario.
Riferimento tabella n° 2**

Foto	Utilizzazione	Punteggi	IMMAGINE
4	Fustaia transitoria di cerro di 50 anni recentemente sottoposta a primo taglio di diradamento <i>Turkey oak transitory high forest aged fifty, after the first thinning</i>	601	
5	Fustaia transitoria di cerro di 40 anni soggetta a debole taglio di avviamento all'alto fusto <i>Turkey oak transitory high forest aged forty after a weak thinning</i>	533	
6	Ceduo invecchiato (di circa 40 anni) sottoposto a primo taglio di avviamento all'alto fusto <i>Aged coppice aged forty after a first thinning for conversion into high forest</i>	503	
3	Ceduo invecchiato di 40 anni non soggetto a tagli di avviamento <i>Aged oak coppice</i>	482	
7	Tagliata in ceduo di cerro con rilascio di 50 matricine ad ettaro <i>Cutting of an oak coppice with release of fifty standards per hectare</i>	399	

2	Ceduo invecchiato di cerro di 25 anni di età non soggetto a tagli di avviamento <i>Turkey oak coppice aged twenty-five</i>	360	
8	Tagliata realizzata 2-3 anni fa in un ceduo di cerro di 25-30 anni con matricinatura a gruppi <i>Oak coppice aged twenty-five after cutting with release of grouped standards</i>	307	
9	Tagliata realizzata 2-3 anni fa in un bosco ceduo di cerro di 40 anni con rilascio di 230 matricine ad ettaro <i>Oak coppice with release of 230 standards per hectare three years after cutting</i>	269	
10	Tagliata recente in bosco ceduo di cerro di 45 anni con rilascio di 250 matricine ad ettaro <i>Recent cutting in a Turkey oak coppice, aged forty-five with release of 250 standards per hectare</i>	148	



Foto 1 – Quadro insieme della vallata.
View of the forested land.

Progetto Arsia Toscana "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui", coordinato dall'Istituto sperimentale per la selvicoltura di Arezzo

INDAGINE CONOSCITIVA NEL TERRITORIO DELLE COLLINE METALLIFERE

QUESTIONARIO N° _____

Età _____

Sesso _____

Titolo di studio _____

Occupazione _____

Comune di residenza _____

Motivazione della visita _____

Tipo di sistemazione _____

1. PERCEZIONE PAESAGGISTICA

Quando pensa ad un paesaggio fa riferimento a:

- un paesaggio **urbano**
- un paesaggio tipico della **montagna**
- un paesaggio **costiero** con presenza del mare
- un paesaggio tipico della **campagna**

Metta in ordine di preferenza i seguenti tipi di paesaggio

- un paesaggio **urbano**
- un paesaggio tipico della **montagna**
- un paesaggio **costiero** con presenza del mare
- un paesaggio tipico della **campagna**

**Quali sono gli elementi del paesaggio agrario e forestale che Lei ritiene più importanti?
(punteggio da 0 a 5)**

- Seminativi
- Vigneti oliveti e frutteti
- Pascoli
- boschi di alto fusto di latifoglie

- boschi di conifere
 boschi cedui

Quanto conta il bosco nella sua visione di paesaggio?

molto abbastanza poco

2. ANALISI FOTO

Nella foto panoramica (foto 1) della zona Fontancinaldo nota qualche elemento di disturbo?

NO
SI

se si cosa? _____ Con che grado di disturbo?

elevato medio scarso

Ordini secondo valori decrescenti di gradimento le seguenti immagini (punteggio da 0 a 8)

2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ha trovato difficoltà a dare un ordine di gradimento alle foto presentate

NO
SI

Il taglio boschivo rappresenta un elemento peggiorativo del paesaggio?

SI NO

Se SI quanto? molto abbastanza poco

3. MERCATO DEL LEGNO

Ritiene importante l'impiego del legno nel settore dei mobili, infissi, ecc.?

NO
SI

Se si quale tipo di legno preferisce?

massello impiallacciato pannelli lamellari

Ha delle preferenze nelle specie legnose utilizzate nell'arredamento, falegnameria, ecc.?

4. DISPONIBILITA' A PAGARE

L'attuale riforma della Politica Agricola Comunitaria ed il Piano di sviluppo rurale della Regione Toscana, prevedono contributi finanziari a favore di quegli agricoltori che si impegnano nel mantenimento e conservazione del territorio agro forestale secondo criteri ambientali, prevedono inoltre contributi a favore degli interventi forestali di conversione dei boschi cedui all'alto fusto.

Nel territorio in esame sono previsti alcuni possibili compensi per mantenere e valorizzare l'attuale paesaggio agro-forestale fra questi anche:

- a) incentivi per il mantenimento delle coltivazioni per **evitare gli effetti dell'abbandono**
- b) incentivi per il **la conversione dei boschi cedui a fustaia** (far vedere foto con 1° taglio avviamento)

4.1 Ritieni sia giusto finanziarli?

NO

SI

4.2 Se SI sarebbe disposto a pagare un contributo annuale?

Indichi una cifra compresa all'interno della carta di pagamento allegata al questionario.

SI per tutti i due gli interventi

A _____

B _____

NO per tutti i due gli interventi;

A _____

B _____

CARTA DI PAGAMENTO

€ 0	€ 14	€ 60	€ 130
€ 1	€ 15	€ 65	€ 135
€ 2	€ 16	€ 70	€ 140
€ 3	€ 17	€ 75	€ 145
€ 4	€ 18	€ 80	€ 150
€ 5	€ 19	€ 85	€ 160
€ 6	€ 20	€ 90	€ 170
€ 7	€ 25	€ 95	€ 180
€ 8	€ 30	€ 100	€ 190
€ 9	€ 35	€ 105	€ 200
€ 10	€ 40	€ 110	€ 250
€ 11	€ 45	€ 115	€ 300
€ 12	€ 50	€ 120	
€ 13	€ 55	€ 125	ALTRO _____

Gestione del bosco e conservazione della biodiversità: l'analisi eco-paesistica applicata a territori boscati della Toscana meridionale [§]

Paola Mairota^{1*}, Guido Tellini Florenzano² e Pietro Piussi³

Accettato il 3 marzo 2006

Riassunto – Questa ricerca, svolta in un territorio caratterizzato da boschi di latifoglie sempreverdi e caducifoglie della Toscana meridionale, cerca di valutare le conseguenze del governo a ceduo sulla biodiversità e di proporre criteri adatti al mantenimento della conservazione biologica. È stata condotta un'analisi della configurazione spaziale del paesaggio secondo i principi dell'ecologia del paesaggio e utilizzando gli uccelli come bioindicatori, sfruttando dati già disponibili relativi al territorio studiato. La relazione tra territorio e biodiversità è stata analizzata a diverse scale spaziali per capire se la percezione del territorio boscato e dei cambiamenti ad esso apportati dall'applicazione di strategie forestali da parte di un tecnico forestale può essere comparata a quella degli uccelli. Sono stati costruiti scenari che prevedono limitazioni alla gestione per stimare l'impatto di differenti criteri di utilizzazione sul *pattern* spaziale delle risorse e di conseguenza sulla biodiversità. Questi criteri sono poi stati verificati in un'azienda forestale pubblica dotata di un piano di gestione. Le principali conclusioni a cui si è pervenuti possono essere così riassunte:

1. a livello regionale il territorio delle Colline Metallifere svolge un ruolo importante per assicurare la continuità ecologica. La gestione forestale e la pianificazione ecologica dovrebbero sempre analizzare il territorio a scale diverse;
2. l'eterogeneità strutturale, nel caso considerato, influisce sulla biodiversità in modo apparentemente contraddittorio. I criteri di gestione adottati favoriscono le specie di uccelli legate alle fustaie ma sono svantaggiosi per le specie legate a spazi aperti. La politica forestale degli ultimi decenni orientata al rimboschimento di terreni agricoli, lo spopolamento rurale che ha dato origine a successioni secondarie su terre abbandonate e l'allungamento dei turni dei cedui hanno avuto come conseguenza la forte riduzione delle aree aperte. Queste ultime costituiscono l'habitat per specie ornamentali che in tutto il bacino del Mediterraneo sono minacciate;
3. la crescita degli alberi causa cambiamenti strutturali nei popolamenti e quindi il mosaico costituito dalle diverse strutture arboree può essere definito "fragile". I cambiamenti che avvengono nel paesaggio come conseguenza di questi processi aumentano l'omogeneità e quindi agiscono sulla biodiversità in modo negativo;
4. numerosi limiti alla gestione adottati nella costruzione degli scenari corrispondono a norme già adottate nella usuale prassi dell'assetto forestale che comunque non tengono espressamente in considerazione la biodiversità;
5. dati empirici sulla biodiversità nei cedui, che potrebbero sostenere o respingere queste ipotesi, sono assenti; la ricerca sul campo su questo problema è necessaria;
6. il differente comportamento delle diverse specie di uccelli nell'habitat dei cedui dimostra che è necessario adottare precisi e chiari criteri per quanto riguarda le specie indicatrici o le specie "ombrello" ed evitare generiche affermazioni su "fauna", "flora" "uccelli" o "habitat" nel valutare la biodiversità.

Parole chiave: *gestione forestale, biodiversità, paesaggio, grana, estensione.*

Abstract – Forest management and biodiversity conservation: landscape ecological analysis of wooded lands in southern Tuscany (Italy).

This research, developed for a wooded area of Southern Tuscany with both the evergreen and deciduous broadleaves woods, aims to show the consequences of coppice management on biodiversity and to suggest a methodology useful to foster biological conservation. An analysis of landscape spatial configuration was carried out according to principles of landscape ecology and using birds as indicators, by means of already available data describing this territory. The connection between the territory and biodiversity has been analysed at different spatial scales to understand if the perception limits of wooded land and their changes, caused by implementation of forestry strategies by a forest technician can be analogous to that of birds. Scenarios were built according to different constraints applied to management to estimate the impact of different utilisation criteria on resources spatial pattern and therefore on biodiversity. These criteria were then tested in a public estate managed according to a forest management plan. The most relevant conclusions of this research can be summarised as follows:

1. at a regional level the Colline Metallifere territory is important for establishing ecological continuity. Forestry and ecological planning should always approach the territory at different scales;
2. structural heterogeneity, for this case study, affects biodiversity in an apparently contradictory way. The management criteria adopted favour bird species linked to high forest environment but are disadvantageous to species linked to open ground. Forest policy of past decades leading to reforestation of former fields and pastures, rural depopulation inducing the secondary succession on abandoned

[§] Ricerca svolta nell'ambito del Progetto "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e culturale di differenti modalità di matricatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno" promossa e finanziata da ARSIA- REGIONE TOSCANA e coordinata dall'ISSEL (Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo).

Le ricerche di cui ai contributi 1 e 3, nonché la Premessa e le Conclusioni sono stati svolti congiuntamente e in parti uguali dai tre Autori. La ricerca di cui al contributo 2 è stata svolta congiuntamente e in parti uguali da P. Mairota e P. Piussi.

* autore corrispondente p.mairota@uniba.it

¹ Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali, Facoltà di Agraria Università degli Studi di Bari, via Amendola 165/A 70126 Bari

² DREAM Italia, via dei Guazzi 31, I-52013 Poppi (AR) tellini@dream-italia.it

³ DISTAF Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Firenze, via S. Bonaventura 13 50145 Firenze pietro.piussi@unifi.it

- farmland and longer coppice rotations resulted in a strong reduction of open areas. These are important habitats for birds, which all over the Mediterranean area are menaced;
3. growth processes cause structural changes at the stand level and therefore mosaics originated by different stand structures can be considered as "fragile". Changes in the landscape due to these processes increase homogeneity and therefore may act on biodiversity in a negative way;
 4. several limitations adopted in building the scenarios correspond to rules already adopted in standard management plans, which do not take biodiversity specifically into consideration;
 5. empirical data on biodiversity collected in coppices, which could support or reject these hypotheses, are lacking; field research is mostly needed;
 6. different behaviour of various bird species in the coppice habitat show the need to adopt strict and clear concepts regarding indicator species or umbrella species and to avoid generic statements about "fauna", "birds" or "habitat" to evaluate biodiversity.

Key words: *forest management, biodiversity, landscape, grain, extent.*

F.D.C. 180: 907: 62: (450.52)

Premessa

Obiettivi

Nell'ambito del progetto "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e colturale di differenti modalità di matricinatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno" si è ritenuto necessario prendere anche in considerazione alcune conseguenze della ceduzione sulla funzionalità ecologica del paesaggio forestale. Con questa analisi ci si prefiggeva di proporre un criterio oggettivo di analisi del territorio, utilizzabile ai fini della programmazione, in grado di chiarire le implicazioni del governo a ceduo sulla biodiversità, secondo i principi dell'ecologia del paesaggio applicati ad una serie di immagini virtuali del territorio oggetto del progetto.

Per questa ricerca ci si è avvalsi delle conoscenze relative all'ambiente già disponibili, del materiale documentario più adatto e dei metodi di analisi che meglio si prestano ad essere applicati in altri ambienti; la ricerca era infatti mirata alla definizione di strategie gestionali di carattere generale coerenti con la conservazione della biodiversità.

L'applicazione dell'analisi del paesaggio al territorio delle Colline Metallifere ha avuto quindi lo scopo di valutare l'impatto della ceduzione entro territori più ampi di quelli interessati da singoli episodi di ceduzione. La migliore conoscenza delle implicazioni ambientali del governo a ceduo può consentire ai tecnici forestali ed agli amministratori pubblici di rispondere in modo più appropriato all'esigenza di procedere alle utilizzazioni secondo criteri che meglio rispondano al criterio di multifunzionalità della selvicoltura. I processi decisionali potrebbero quindi evitare il ricorso

a motivazioni generiche male documentate e spesso oggetto di critiche da parte della pubblica opinione ed invece appoggiarsi a valutazioni fondate sul piano metodologico.

Fasi della ricerca

La ricerca si è svolta nella Toscana meridionale (province di Grosseto, Livorno e Pisa) nell'ambito del Demanio forestale regionale gestito dalla Comunità Montana delle Colline Metallifere (d'ora innanzi CM) e della Val di Cecina (Foresta di Monterufoli, provincia di Pisa), e prevalentemente nel territorio boscato incluso nel Piano di Gestione (d'ora innanzi PdG) della CM.

Il lavoro si è articolato in una serie di studi collegati tra loro dall'idea che, se la funzione produttiva dei boschi deve conciliarsi con altre funzioni (cfr. PAVARI 1933; PATRONE 1970; DE PHILIPPIS 1970) ed in particolare con la conservazione biologica (in passato semplicemente auspicata dai selvicoltori e dai naturalisti, ma oggi indicata dal Processo Pan-Europeo per una gestione forestale sostenibile come obiettivo da perseguire con pari dignità di altri fini), è necessario disporre di strumenti oggettivi per valutare l'impatto delle attività selvicolturali e proporre interventi volti a migliorare, ove possibile, oppure a mitigare, se necessario, le conseguenze dei tagli boschivi sul territorio.

Con una prima indagine (MAIROTA *et al.*, I contributo questo volume) è stata descritta la configurazione del paesaggio forestale a scale diverse sia in termini di presenza/assenza di copertura boschiva sia in termini di forma di governo e tipo strutturale. Inoltre si è cercato di capire se la percezione che gli uccelli (considerati validi bioindicatori) hanno del paesaggio

sia comparabile a quella del tecnico forestale al fine di poter valutare fino a che punto il punto di vista degli uccelli sia "automaticamente" considerato nella prassi della gestione forestale. La configurazione del paesaggio forestale e le sue modificazioni (dissodamenti, cambiamenti di forma di governo, variazioni della distribuzione degli stadi evolutivi, nell'ambito di una stessa forma di governo) vengono infatti percepite dagli uccelli che ad esse rispondono rapidamente con variazioni della loro distribuzione in un determinato contesto territoriale.

Questo lavoro ha interessato, oltre che i querceti caducifogli, anche un altro tipo di bosco – i querceti sempreverdi – largamente diffuso lungo la costa toscana e le colline prospicienti. Tutto questo territorio può essere considerato tipico della regione costiera della Toscana in termini di tipo di copertura vegetale, forma di governo e situazione economica. Oltre a ciò l'area studiata non è classificata, né proposta, come area protetta, salvo le indicazioni contenute nell'art. 2 della legge RT 39/2000 che sono valide per tutti i boschi, e quindi le modalità di gestione attuali e future sono teoricamente libere da vincoli particolari.

Con una seconda indagine (MAIROTA e PIUSSI, II contributo questo volume) si sono valutati gli effetti di ipotetiche diverse modalità d'uso della foresta sulla configurazione spaziale delle risorse e quindi sulla biodiversità attraverso la costruzione di scenari diversificati dal tipo di vincoli alla selvicoltura del ceduo (vincoli al taglio in determinate condizioni di stazione o di soprassuolo arboreo).

Un terzo studio (MAIROTA *et al.*, III contributo questo volume) esamina invece le conseguenze a lungo termine sulla configurazione delle risorse derivanti dall'applicazione dell'attuale PdG forestale che del resto già contiene gran parte delle regole di gestione imposte negli scenari costruiti nel caso precedente, e quindi argomenta circa possibili implicazioni sulla biodiversità.

Terminologia

E' opportuno chiarire in primo luogo il significato che verrà dato ad alcuni termini che sono impiegati nei contributi che seguono e che, data la loro diffusione in contesti spesso assai diversi, hanno ricevuto definizioni diverse.

La ricerca riguarda la conservazione della *biodiversità*. Questo termine ha assunto una grande popolarità anche al di fuori della comunità scientifica, anche se

nell'uso corrente il suo significato non è univoco. Quasi tutte le definizioni (WRI, WCU, UNEP, 1991; WCU, UNEP, WWF, 1991; McNEELY *et al.* 1990), comunque, pongono in evidenza che il concetto di biodiversità riguarda tutti i livelli dell'organizzazione biologica e che attiene non solo alla numerosità delle specie, ma anche alla abbondanza relativa delle popolazioni ed al complesso delle relazioni tra questi e l'ambiente. Per esempio: "la diversità biologica [che] si riferisce alla variabilità fra gli organismi viventi e dei complessi ecologici nei quali essi si trovano. La diversità può essere definita come il numero delle differenti entità e la loro frequenza relativa. Ai fini della diversità biologica, queste entità sono organizzate in molti livelli, dagli ecosistemi più complessi alle strutture chimiche che costituiscono la base molecolare dell'ereditarietà. Il termine quindi comprende ecosistemi, specie, geni e la loro abbondanza relativa." (U.S. CONGRESS OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT 1987 in BOYLE 1994).

Se per biodiversità si intende "l'insieme della pluralità delle specie e della complessità delle catene alimentari all'interno di un sistema, alla grande (microcosmo) come alla piccola scala (paesaggio, regione geografica) in cui le specie si muovono e con cui interagiscono" (HEYWOOD e WATSON 1995; WILSON 1988; 1997 in PAOLETTI 2001), risulta evidente come la scala ed i caratteri della struttura spaziale del paesaggio non siano estranei alla nozione stessa di biodiversità.

La conoscenza della biodiversità nella sua totalità è evidentemente un obiettivo impossibile da realizzare e per questo motivo si sono proposti nel tempo alcuni criteri che permettono di valutarne il grado attraverso il ricorso ad indicatori ossia a proprietà emergenti in grado di descrivere la struttura o la funzionalità di un sistema.

L'uso di indicatori ha una lunga tradizione, anche, tra l'altro, nel settore forestale dove gli indicatori (specie erbacee o arbustive, caratteri fisici o chimici del suolo, altezza degli alberi, *etc.*) sono stati impiegati per individuare le condizioni stazionali sia per la produttività di una stazione sia per le possibilità di impiego di determinate specie nei rimboschimenti. Si parla di bioindicatori quando la funzione di indicatori è svolta da organismi.

Come emerge dalla letteratura di settore (Noss 1990) gli uccelli sono buoni indicatori di qualità ambientale, sia perché possono essere specialisti di determinati ecosistemi, sia perché sono sensibili alle modificazioni ambientali, sia perché sono organismi

di grande vagilità alla scala di paesaggio, cioè dotati di efficienti modalità di spostamento e colonizzazione, sia, infine, perché (e ciò è di particolare interesse per gli scopi del presente lavoro) la diversità delle comunità di uccelli può essere legata alla struttura della vegetazione (McARTHUR 1961). Tra gli uccelli, i rapaci posti al vertice della catena alimentare, territoriali, spesso migratori e caratterizzati da ampi spettri trofici, possono essere utilizzati come veri e propri "campionatori" (LOVARI *et al.* 1976) di altre specie della fauna vertebrata e invertebrata, ovvero come indicatori della presenza di particolari inquinanti (metalli pesanti, pesticidi) accumulati nei tessuti.

Le migliori conoscenze oggi disponibili sul funzionamento degli ecosistemi e sulle relazioni che intercorrono tra ecosistemi diversi consentono lo studio dei processi che accadono tra le aree sottoposte a ceduzione e le aree limitrofe, sia che si tratti di altre aree boscate oppure di terre soggette a differenti forme d'uso. L'ecologia classica aveva posto in evidenza la peculiarità degli *ecotoni* in termini di condizioni fisiche e biologiche e di processi dinamici in atto, ma è stata l'*ecologia del paesaggio* che ha affrontato in modo organico i rapporti tra tratti di ecosistemi diversi, rapporti ben evidenti nella realtà di scala vasta.

Per gli scopi di questa ricerca si è adottata come definizione di *paesaggio* quella proposta dal *Working Group for Landscape Ecological Research* di *Wageningen* (1975 in ZONNEVELD 1979): "il paesaggio è un complesso di sistemi in relazione che nell'insieme formano una porzione riconoscibile (anche sotto l'aspetto fisionomico) della superficie terrestre. Esso è costituito e mantenuto dalle forze abiotiche e biotiche, così come dalle attività umane."

Questa "struttura" del paesaggio si traduce in una serie di processi ("funzioni") che interessano soprattutto i limiti (*ecotoni* ed *ecoclini*) tra i diversi elementi. Il paesaggio appare quindi come un *mosaico* nel quale elementi di composizione e struttura diversi sono accostati: l'elemento dominante è definito *matrice*, mentre al suo interno si individuano tratti di territorio (*patch*) omogenei rispetto al carattere (o ai caratteri) che sono oggetto di studio e che si differenziano dallo spazio circostante. Le *patch* sono talvolta collegate da strisce (*corridoi*) che possiedono la stessa loro natura e se da un lato interrompono la continuità spaziale della matrice attraversata, dall'altro determinano quella tra *patch* diverse. Entro il paesaggio hanno luogo flussi di elementi e di energia

e spostamenti di organismi e la connessione spaziale, ma soprattutto quella funzionale, tra vari elementi del paesaggio è infatti un importante carattere dal punto di vista biologico.

Questa realtà è l'oggetto di studio dell'ecologia del paesaggio. Anche di questo termine sono state prodotte definizioni diverse per le quali si rimanda a NAVEH e LIEBERMAN (1984); BERDOULAY e PHIPPS (1985); FORMAN e GODRON (1986); FINKE (1993); ROMANI (1994); FORMAN (1995); BAILEY (1996); WIENS (1999).

Ai fini della presente ricerca questi processi sono di grande importanza: la presenza di una data specie animale in un dato ambiente dipende dal fatto che questa specie percepisce l'ambiente (e le differenze nell'ambiente) che lo circonda e lo utilizza (o lo evita) in relazione alle proprie esigenze di nutrizione, ricovero e riproduzione. Si indica con *estensione* la scala più piccola dell'eterogeneità a cui un organismo risponde; a scala ancora più piccola (minor dettaglio) l'organismo non risponde in quanto le strutture/informazioni non incrementano le conoscenze che gli sono necessarie e quindi costituisce uno spreco di energia (KOTLIAR e WIENS 1990). Ad una scala di dettaglio diventa importante la *grana*, ossia la scala più grande a cui l'organismo risponde alla struttura della *patch*; a scala ancora più grande (maggior dettaglio) l'organismo non risponde a (non percepisce) nessuna struttura che possa effettivamente esistere (KOTLIAR e WIENS 1990) in quanto inutile alla sua sopravvivenza.

I. Biodiversità e configurazione del paesaggio forestale attraverso le scale spaziali[§]

Paola Mairota¹, Guido Tellini Florenzano² e Pietro Piussi³

Accettato il 3 marzo 2006

Riassunto – La prima parte del lavoro si riferisce ad un'analisi ecopaesistica condotta a differenti scale spaziali allo scopo di comprendere i possibili effetti della gestione forestale alle scale spaziali più piccole. Partendo da alcuni principi della Teoria gerarchica degli ecosistemi e della *Landscape ecology* si è considerato che la configurazione spaziale delle risorse ad ogni livello di scala dipende da fattori i cui domini spazio-temporali sia più grandi sia più piccoli di quelli entro cui esse sono fruibili. Le proprietà strutturali e funzionali dei singoli elementi del paesaggio dipendono sia da quelle delle loro componenti (che possono essere studiate a scale di maggior dettaglio) sia da quelle del contesto paesistico nel suo complesso. Inoltre le relazioni delle singole specie con le componenti del loro habitat dipendono da fattori che variano con la scala. Pertanto è stato individuato un *set* di scale spaziali pertinente con la gestione forestale. Per ciascun livello della gerarchia delle scale, usando gli uccelli come bioindicatori, è stata descritta la configurazione delle risorse ed evidenziati i mutui rapporti di congruenza e le implicazioni funzionali per il mantenimento della biodiversità nel paesaggio. Si è rilevato che processi di tipo socioeconomico che attengono livelli relativamente alti della gerarchia delle scale spaziali (regionale, gestione del territorio) hanno avuto esiti sulla configurazione del paesaggio anche a scale più grandi (vegetazione, singolo bosco). I cambiamenti del paesaggio in definitiva si sono riverberati attraverso le scale spaziali con esiti negativi alle scale più grandi in termini di qualità ambientale. Ciò è evidenziato dai valori bassi e medio bassi degli indicatori di biodiversità riferiti alla componente ornitica della comunità biotica (indici di rarità e di qualità ambientale) che assumono invece valori più elevati nelle aree caratterizzate da un maggior grado di eterogeneità spaziale. Nella seconda parte del lavoro sono state confrontate la prospettiva del tecnico forestale e quella degli uccelli per tentare di capire fino a che punto la percezione dell'eterogeneità del paesaggio del primo (su cui è basata la gestione) comprenda la percezione delle risorse e degli habitat da parte degli uccelli. Si è indagato anche sulle differenze nelle modalità di risposta di differenti categorie di specie (migratori-non migratori, *area-resource limited*) alla configurazione delle risorse alle varie scale. Si è visto che la percezione del forestale e quella degli uccelli coincidono quando si faccia ricorso ad un *set* di specie, piuttosto che ad una singola specie e che in effetti le caratteristiche della configurazione spaziale utilizzate dalle diverse specie di uccelli alle diverse scale sono tipiche per ciascuna categoria di specie.

Parole chiave: *biodiversità, scale spaziali, bioindicatori, configurazione spaziale, limiti della percezione.*

Abstract – *Biodiversity and forest landscape configuration across spatial scales.* In the first part of this work a multiple scale landscape ecological analysis was carried out to assess how forest management can affect biodiversity at the small scale (low resolution). The rationale of the work is based on principles of Hierarchical ecosystem theory and of Landscape ecology. It was considered that spatial configuration of resources at each level of scale depends on factors with both larger and narrower space-time domains. Individual landscape elements both structure and properties depend on those of its components (that can be detected at larger scales, high resolution) and on those of the landscape context (at a smaller scale). Moreover individual species relationship with their habitat components depend on factors that are different at each scale. Therefore a hierarchical set of spatial scales was defined that was relevant to forest managers perspective. For each level of scale, using birds as bioindicators, resource spatial configuration was described paying attention to their mutual consistency, and implications were highlighted that are functional to maintain landscape biodiversity. It was found that socio-economic processes attaining to relatively high levels of the scale hierarchy (regional, land management) have resulted in spatial explicit landscape changes at lower levels of scale (vegetation, forest stand). Such landscape changes ultimately reverberate at the large scale in terms of decline of environmental quality. This is shown by the relatively low values of biodiversity indicators relevant to the ornithic component of biotic community (rarity and environmental quality index) which instead are higher in more heterogeneous parts or the study area. In the second part of the work forest managers' and birds' landscape perspective were compared and an attempt was made to assess whether forest managers' perception limits of landscape heterogeneity (on which management is based) encompass the limits of birds' resource-habitat perception and to gain insights on how different birds categories (migrant vs. non migrant; area vs. resource limited) respond to spatial configuration at different scales. It was found that forest managers' perception limits of landscape heterogeneity (on which management is based) encompass the limits of birds' resource-habitat perception, as long as a composite set of species is considered rather than a single species. Moreover, landscape configuration features selected at different scales appear to be different for each different bird category.

Key words: *forest management, spatial scales, bioindicators, spatial configuration, perception limits.*

F.D.C. 62: 180: 907

Introduzione

È stata condotta un'analisi delle configurazioni

spaziali del paesaggio integrata con l'uso di bioindicatori, costituiti in questo caso dall'avifauna, e basata

[§] La ricerca è stata svolta congiuntamente e in parti uguali dai tre Autori.

¹ Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali, Facoltà di Agraria Università degli Studi di Bari, via Amendola 165/A 70126 Bari p.mairota@uniba.it

² DREAM Italia, via dei Guazzi 31, I-52013 Poppi (AR) tellini@dream-italia.it

³ DISTAF Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Firenze, via S. Bonaventura 13 50145 Firenze pietro.piussi@unifi.it

sulla teoria gerarchica degli ecosistemi e sui principi dell'ecologia del paesaggio. L'approccio analitico è stato di tipo *multiscalare-gerarchico* perché:

- a. il concetto di scala, come quello stesso di configurazione spaziale delle risorse, non è estraneo alla nozione di biodiversità;
- b. la gestione del territorio finalizzata anche alla conservazione della biodiversità richiede proprio un'impostazione pianificatoria integrata e multi-scalare, in cui le strategie e gli interventi gestionali ad ogni scala operativa superino la dimensione settoriale e siano congruenti attraverso le scale spaziali;
- c. la configurazione spaziale delle risorse è influenzata da fattori che hanno domini spazio-temporali sia più ampi sia più ristretti, ovvero la struttura interna e le proprietà di ogni elemento paesistico sono dipendenti da quelle delle sue componenti (individuabili ad una scala più grande, come la densità del bosco o le dimensioni dei singoli alberi) e da quelle del contesto paesistico (mosaico o matrice) che lo contiene (scala più piccola, come la forma dei singoli appezzamenti di bosco);
- d. le relazioni di ogni specie con le componenti dell'habitat dipendono da fattori differenti ad ogni scala;
- e. nella dimensione territoriale la biodiversità dipende dalla continuità ecologica del paesaggio.

Di conseguenza da un punto di vista sia strutturale sia funzionale, si è fatto riferimento ad un *range* caratteristico di scale. I limiti (superiore e inferiore) di tale *range* corrispondono ai limiti della percezione delle risorse (estensione e grana) da parte di un organismo.

La prima parte della ricerca (MAIROTA e PIUSSI 2001) ha riguardato prevalentemente gli aspetti strutturali relativamente alla percezione della continuità ecologica del paesaggio da parte del selvicoltore (visto come un organismo nel sistema).

Successivamente si è fatto il tentativo (MAIROTA *et al.* 2002) di verificare, da un punto di vista più mirato agli aspetti funzionali e in una zona poco distante ma simile per quanto riguarda la vegetazione (Monterufoli, provincia di Pisa) l'approccio della prima parte della ricerca. Questa seconda parte della ricerca ha avuto lo scopo di mettere a confronto la prospettiva del gestore forestale e quella degli uccelli relativamente alla configurazione spaziale delle risorse, e precisamente

la presenza e distribuzione delle *patch* alle diverse scale nell'ambito del territorio oggetto dello studio. Si è fatto cioè un tentativo di capire se la percezione dei limiti della eterogeneità del paesaggio da parte del tecnico forestale include "automaticamente", per quanto inconsapevolmente, i limiti della percezione di risorse e/o di habitat da parte degli uccelli. Si è inoltre cercato di capire se ed in quale modo specie di uccelli appartenenti alle diverse categorie rispondono alla configurazione spaziale a scale diverse.

Metodi e materiali

Sia la ricerca sugli aspetti strutturali sia quella sugli aspetti funzionali sono state condotte utilizzando da un lato la cartografia di forme di uso del suolo alle diverse scale e dall'altro (limitatamente ai livelli gerarchici superiori a quello della gestione forestale) le carte di distribuzione degli uccelli ricavate dalla letteratura.

Più precisamente si è utilizzato il materiale seguente:

- a. scala continentale: carte che descrivono la frammentazione della copertura forestale in Europa e Asia ricavate dalla elaborazione di altre carte tematiche (RIITERS *et al.* 2000);
- b. scala sub-continentale (penisola italiana): carta delle aree "naturali", carte della ricchezza di specie (MASSA 1982; MESCHINI e FRUGIS 1993; BATTISTI e CONTOLI 1995), carta nazionale della biopermeabilità (AUTORI VARI 1997)
- c. scala regionale: Corine Land Cover (1992) e carta delle aree protette in Toscana (REGIONE TOSCANA 2000);
- d. scala di bacino: carta forestale della Toscana (REGIONE TOSCANA 1999).

Questa cartografia è stata posta a confronto con le carte della distribuzione degli uccelli prodotte da PETERSON *et al.* (1983), TELLINI FLORENZANO *et al.* (1997) e con i rilievi diretti per la valle del fiume Cecina (TELLINI FLORENZANO 1996).

Per la scala di dettaglio (ossia a scala maggiore di quella di gestione forestale) si sono prodotte carte in ambiente GIS (Arcview®), mediante banche dati esistenti sia per la copertura forestale costituite dal PdG informatizzato da DREAM Italia (1994) in formato MapInfo® e tradotto in ArcView® dal dott. Fabrizio Ferretti, integrate con le banche dati sull'avifauna.

La ricerca è stata svolta per i livelli di inquadra-

mento superiori (sub-continentale, regionale, territoriale), con procedimento qualitativo e per i livelli operativi (gestionale, vegetazionale, selvicolturale), con procedimento semi-quantitativo. A livelli inferiori la diversità spaziale è stata valutata mediante diagrammi di importanza-diversità e/o l'indice di diversità di SHANNON (ODUM 1983).

In particolare, per gli scopi della prima parte della ricerca, tali limiti sono stati individuati rispettivamente nel livello sub-continentale e nel livello selvicolturale. I limiti superiori (estensione) ed inferiori (grana) di questo range corrispondono appunto ai limiti delle foreste (la risorsa) così come vengono percepiti dal tecnico forestale (l'organismo). Intermedi ed innestati rispetto a questi sono stati individuati altri tre livelli (regionale, territoriale e vegetazionale) che completano il *set* (spettro) di scale idoneo a descrivere la gerarchia della *patchiness* (ossia del modo con cui le *patch* sono distribuite) attinente alla gestione forestale (Tavola 1, in allegato).

Nella prima parte della ricerca per gli uccelli sono stati utilizzati l'indice di importanza ornitologica (numero di specie rare e di specie minacciate di estinzione) e quello di qualità ambientale (condizioni adatte a specie ornitiche specialiste) considerati dal PdG tra gli attributi di ciascuna Unità di Gestione (UdG).

Nella seconda parte della ricerca si è scelto di incrementare i livelli intermedi della gerarchia della *patchiness* per cogliere meglio le differenze tra le categorie di uccelli utilizzate. Il *range* di scale spaziali scelto per descrivere la gerarchia della *patchiness* rilevante per la gestione forestale (*attribute scale*) ha incluso così sette livelli innestati uno nell'altro che vanno da quello

sub-continentale a quello di soprassuolo (Tavola 1, in allegato), e precisamente il subcontinente (in questo caso la penisola italiana), la regione, il bacino, l'area di gestione (ossia la sezione dei PdG) il tipo di vegetazione, la tecnica selvicolturale ed i caratteri interni ad un tratto di bosco sottoposto da un dato intervento (livello infra-selvicolturale, ossia la composizione e la struttura spaziale del soprassuolo).

Nella seconda parte della ricerca si è fatto riferimento alla distribuzione di un gruppo di specie ornitiche che comprendeva due ampie categorie e precisamente specie con limiti definiti dalla disponibilità di risorse (*resource limited*) e specie con limiti definiti dalle dimensioni minime dell'area che fornisce l'habitat idoneo (*area limited*) (cfr. CARIGNAN e VILLARD 2002); a loro volta entrambe le categorie sono state ulteriormente suddivise (sottocategorie) in migratori e non migratori, in relazione alla loro modalità di presenza nel territorio di studio (Tabella 1).

Risultati

Risultati (prima parte)

I risultati dell'analisi ecopaesistica, sono riassunti nella Tabella 2 che riporta anche, per ciascun livello, le informazioni relative alle fonti cartografiche utilizzate.

Le Figure 1 e 2 evidenziano rispettivamente gli "spazi biopermeabili" nella penisola italiana, le aree con vincoli e la localizzazione di spazi con interesse naturalistico nella Regione Toscana, la localizzazione del complesso gestionale della Comunità Montana delle Colline Metallifere rispetto ai bacini regionali,

Tabella 1 – Set di specie ornitiche scelte come bioindicatori.
Set of bird species used as bioindicators.

Categoria	Specie	Area minima richiesta dalla coppia nidificante*	Tipi di habitat primario*	Siti di nidificazione*	Necessità di habitat nell'ambito dell'home range*	Modalità di presenza nell'area di studio	Interesse per la conservazione
a <i>resource limited</i>	Succiacapre <i>Caprimulgus europaeus</i>	< 10 ha	garighe boschi di conifere	suolo (garighe)	mosaico di vegetazione praterie corsi d'acqua	migratore	si
b <i>area limited</i>	Biancone <i>Circaetus gallicus</i>	> 100 ha	boschi di latifoglie boschi di conifere macchie garighe	alberi (boschi aperti)	mosaico di vegetazione alberi alti spazi aperti	migratore	si
c <i>resource limited</i>	Picchio rosso maggiore <i>Picoides major</i>	< 10 ha	boschi di latifoglie boschi di conifere	cavità negli alberi e alberi morti	in ambiente mediterraneo boschi maturi	non- migratore	no
d <i>area limited</i>	Gheppio <i>Falco tinnunculus</i>	10-100 ha	boschi di latifoglie boschi di conifere macchie garighe	fabbricati alberi	aree agricole aperte	non- migratore	no

* Fonte: TUCKER e EVANS 1997.

mentre la Figura 3 mostra la ripartizione del territorio di studio nei sottobacini di afferenza.

Dall'esame dei rapporti spaziali tra le entità riportate nelle suddette carte, appare che l'ambito delle Colline Metallifere, con particolare riferimento alle

sezioni del piano di gestione forestale considerate, riveste una significativa valenza connettiva tra le zone collinari interne e quelle pianeggianti costiere, confermata dalle distribuzioni regionali di molte specie di uccelli che presentano in quest'area nuclei di

Tabella 2 - Sintesi dei risultati.
Synopsis of results.

Livello	Informazioni utilizzate spaziale	Caratteristiche della configurazione significative per la biodiversità	Implicazioni funzionali	Implicazioni funzionali evidenziate/confermate attraverso i bioindicatori
Sc	I Carta degli spazi biopermeabili d'Italia (AA.VV., 1997) Carte di distribuzione della ricchezza di specie (Massa 1982; Meschini e Frugis 1993; Battisti e Contoli, 1995)	Area di studio compresa in un vasto e compatto nucleo di naturalità disgiunto da quello più vasto e continuo costituito dalla fascia appenninica	Valenza di elemento <i>source</i> , da cui dipendono i processi distributivi delle popolazioni animali	L'area è caratterizzata da elevati valori dell'indice di ricchezza di specie di uccelli e roditori ed è inoltre ubicata lungo la direttrice della rotta migratoria di molti rapaci tra cui il biancone.
R	I Carte di preparazione del SIT Regione Toscana (Trevisani, 1998) Tavola illustrativa n. 2 del Piano di Indirizzo Territoriale della Regione Toscana (www.regione.toscana.it) Corine Land Cover (1992) Carte di distribuzione regionale degli uccelli presenti/nidificanti nel complesso demaniale (Tellini Florenzano <i>et al.</i> 1997)	Territorio della CM ubicato all'incrocio di tre bacini idrografici regionali e caratterizzato da un pattern di drenaggio orientato radialmente in tutte le direzioni, denso e articolato. La posizione relativa dell'area di studio rispetto ai parchi nazionali, alle aree protette, ai siti Bioltaly, alle aree di reperimento per l'avvio di processi istitutivi evidenzia l'importanza dell'ambito di studio per la coesione spaziale di tali aree. Area di studio compresa in una matrice paesistica di tipo forestale compatta e poco porosa.	Valenza connettiva (ambito di snodo) tra le zone collinari interne e quelle pianeggianti costiere rispetto alle dinamiche distributive delle popolazioni animali in relazione al ruolo connettivo di spartiacque e fasce riparali.	Le distribuzioni regionali di molte specie di uccelli che presentano nell'area di studio nuclei di distribuzione centrali confermano la valenza connettiva indicata.
T	I Tavola illustrativa n. 2 del Piano di Indirizzo Territoriale della Regione Toscana (www.regione.toscana.it) Carta della vegetazione forestale della Toscana (Arrigoni e Menicagli 1999) Carte di preparazione del SIT Regione Toscana (Trevisani 1998) Carta dei sottobacini* Carte di distribuzione degli uccelli presenti/nidificanti nel complesso demaniale**	Si riconosce una matrice forestale costituita da boschi di latifoglie, di conifere e misti fortemente porosa per la presenza di patch estese (sviluppate nella direzione nord-sud) costituite da macchia mediterranea e garighe. Tale matrice comprende e caratterizza le numerose aree protette e siti Bioltaly che circondano il complesso demaniale. Si evidenzia la valenza di interconnessione geografica tra l'ambito collinare e quello costiero dei corsi d'acqua Cornia e Pecora.	Il complesso demaniale è di importanza fondamentale per la unitarietà di una matrice paesistica molto estesa ed interconnessa, attraverso vegetazione e corsi d'acqua, ad ambiti territoriali con caratteristiche simili.	La interconnessione tra ambito collinare e costiero è evidenziata anche dalla presenza nell'area di specie (tra le altre gruccione, assiolo, tottavilla, barbaggianni) la cui distribuzione regionale è ripartita tra tali ambiti.
G	O Carta delle forme di copertura del suolo (ambienti forestali e non forestali)* Carte di distribuzione degli uccelli presenti/nidificanti nel complesso demaniale**	Matrice paesistica di tipo forestale compatta e poco contrastata per la forte dominanza areale delle formazioni di latifoglie (governate a ceduo) la cui continuità spaziale è interrotta solo da poche, esigue e disperse patch di arbusteti, macchie xerofile e fustaie di conifere. Si evidenzia la presenza degli esiti spaziali di processi di frammentazione di matrici paesistiche omogenee (perforazioni, erosioni e dissezioni) di cui è significativa la tipologia e la disposizione spaziale. (rimboschimenti e cesse)	Si colgono indicazioni circa la possibile tendenza evolutiva di questo paesaggio. Si ipotizza che ad una prima fase di espansione dell'agricoltura a spese del bosco (perforazioni ed erosioni) sia seguita una fase più o meno prolungata e/o ancora in atto di abbandono (incolti) con conseguente avvio del processo spontaneo della formazione di nuovi boschi (arbusteti, macchie xerofile), e (insieme) una fase di gestione forestale più intensiva	La valenza funzionale delle forme di copertura, comprese quindi anche quelle non forestali (coltivi, incolti e pascoli), è evidenziata dalle relazioni spaziali tra queste e le specie ornitiche nidificanti e prioritarie - classificate in base a tali relazioni*** - che sostanzialmente confermano quanto noto in letteratura circa i <i>landscape requirements</i> nell'ambito dell' <i>home range</i> di ogni specie.

C=continentale; R=regionale; T=territoriale; G=gestionale; V=vegetazionale; S=selviculturale. I=inquadramento; O=operativo. * estratte dal GIS; ** estratte dal GIS integrato con i dati relativi alle specie ornitiche. *** ubiquitarie; legate prevalentemente ad ambienti non forestali; legate prevalentemente ad ambienti non forestali confinanti o interni ad aree con copertura forestale; legate prevalentemente ad ambienti forestali ubicati al margine della matrice e/o confinanti/contenti aree con copertura non forestale; con esigenze particolari (mosaico forestale contrastato); legate prevalentemente ad ambienti forestali di interno della matrice.

segue dalla pagina precedente
continues from previous page

Livello	Informazioni utilizzate spaziale	Caratteristiche della configurazione significative per la biodiversità	Implicazioni funzionali	Implicazioni funzionali evidenziate/confermate attraverso i bioindicatori
V	O Carta della distribuzione dei tipi vegetazionali* Carta dei sottobacini* Carte di distribuzione degli uccelli presenti/nidificanti nel complesso demaniale**	Si evidenzia la presenza di un mosaico paesistico che rispetto alla matrice è l'espressione della eterogeneità spaziale del paesaggio e della maggiore complessità della sua configurazione spaziale Ad un livello di maggior dettaglio e considerando la ripartizione delle sezioni assestamentali in ambiti fluviali di afferenza (bacini del Cornia e del Pecora), una configurazione a mosaico si riscontra nella sezione G (ambito del Cornia) e nella sezione F (ambito del Pecora); mentre una configurazione del tipo matrice si riscontra nella sezione E (ambito del Pecora e del Cornia), quest'ultima ubicata centralmente al complesso in esame.	La complessità della configurazione spaziale che emerge a questa risoluzione, rappresenta l' <i>underlying landscape rationale</i> di questo ambito paesistico, e, quindi, la condizione ad esso inerente, da assecondare per la conservazione della biodiversità Si evidenzia anche la funzione di raccordo territoriale interno (spartiacque Pecora/Cornia e valle del Pecora) al complesso dell'ambito di destra idrografica del fiume Pecora (sezione E)	Alcune delle specie ornitiche legate prevalentemente ad ambienti forestali o con particolari esigenze evidenziano una localizzazione specifica rispetto ai sottobacini e/o al pattern del reticolo idrografico: tottavilla e fanello sono localizzate esclusivamente nell'ambito territoriale del fiume Cornia. Il gruccione preferisce le stazioni in sinistra idrografica di entrambi i fiumi ubicate in corrispondenza degli elementi di maggiori dimensioni del reticolo idrografico. L'averla cenerina (ambito del fiume Pecora) sembra preferire corsi d'acqua di ordine maggiore. Tra le specie legate prevalentemente ad ambienti non forestali la cappellaccia e soprattutto il calandro sono localizzati nell'ambito del Pecora, anch'esse in corrispondenza della stessa tipologia di corsi d'acqua.
S	O Carta degli usi del suolo* Carta della porosità e degli ecotoni* Carta degli indici di rarità e qualità ambientale**	Matrice paesistica fortemente omogenea e relativamente poco porosa e con ecotoni di tipo forestale, dominata dalle formazioni di sclerofille governate a ceduo in passato e non più coltivate. Forte dominanza del tipo vegetazionale Ericeto a <i>Arbutus unedo</i>	Gli elementi paesistici che determinano porosità "grossa" della matrice nella sezione E sono maggiormente rappresentati da prati-pascolo, tipologia che insieme a quella delle macchie xerofile e degli arbusteti risulta importante dal punto di vista della conservazione dell'avifauna. Nella sezione G una porosità più "fine" è determinata fustaie di conifere che hanno sostituito spazialmente ma non funzionalmente gli ambienti suddetti. L'importanza degli ecotoni si manifesta alla scala territoriale da una parte ai fini della della continuità tra il complesso in esame e la matrice forestale che lo contiene, dall'altra a i fini dell'attenuazione del contrasto tra la matrice forestale stessa ed altri elementi paesistici.	Alla tipologia selvicolturale del ceduo invecchiato corrispondono (in una scala da 1 a 4) valori bassi o medio bassi dell'indice di rarità; valori da medio alti ad alti si riscontrano per tali formazioni solo per UdG prossime a ecotoni o elementi di porosità della matrice. Valori "alti" sono più frequenti nell'ambito di afferenza al fiume Cornia, mentre i valori più bassi si localizzano nelle zone prossime alla valle del Pecora. L'ambito del Cornia (sezione G) è quello in cui prevalgono i valori più alti dell'indice di qualità ambientale. La parte di questo stesso ambito ricadente nella sezione E, invece presenta valori medio-bassi di tale indice. L'ambito in sinistra idrografica del fiume Pecora presenta vaste zone interessate da valori medio bassi di tale indice intervallate da aggregazioni di UdG con valori medio alti dello stesso. L'ambito in destra idrografica del fiume Pecora (sezione F) invece è contraddistinto da valori medio bassi.

C=continentale; R=regionale; T=territoriale; G=gestionale; V=vegetazionale; S=selvicolturale. I=inquadramento; O=operativo. * estratte dal GIS; ** estratte dal GIS integrato con i dati relativi alle specie ornitiche. *** ubiquitarie; legate prevalentemente ad ambienti non forestali; legate prevalentemente ad ambienti non forestali confinanti o interni ad aree con copertura forestale; legate prevalentemente ad ambienti forestali ubicati al margine della matrice e/o confinanti/contenti aree con copertura non forestale; con esigenze particolari (mosaico forestale contrastato); legate prevalentemente ad ambienti forestali di interno della matrice.



Figura 1 – Livello sub-continentale: carta degli “spazi bio-permeabili” d’Italia (AA.VV., 1997).
 Sub-continental level: map of “biopermeable” spaces in Italy.

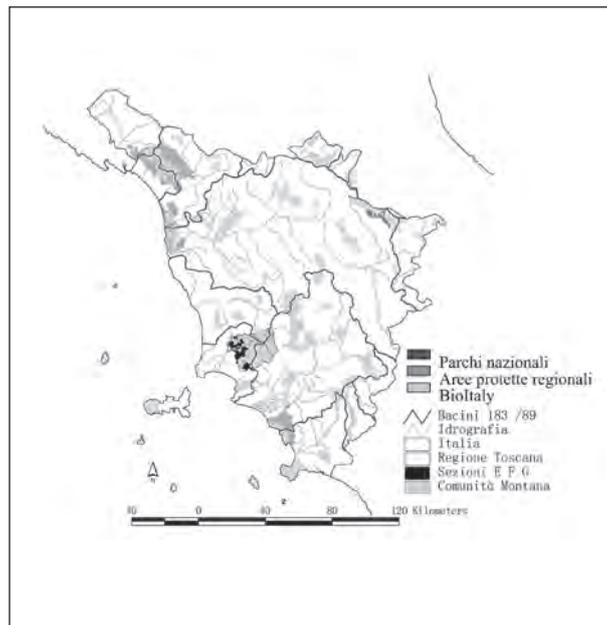


Figura 2 – Livello regionale: quadro dei vincoli e degli ambiti d’interesse naturalistico (PIT, www.regione.toscana.it).
 Livello territoriale: localizzazione del complesso gestionale rispetto alla CM e ai bacini regionali di afferenza.
 Regional level: map of constraints and of areas of interest for conservation (PIT www.regione.toscana.it).
 Territorial level: location map of the management estate with respect to Comunità Montana and to regional catchment.

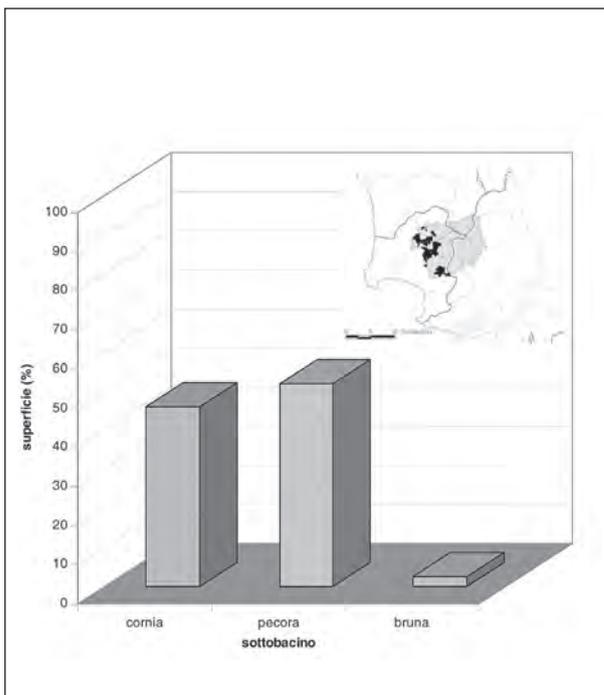


Figura 3 – Livello territoriale: localizzazione del complesso gestionale rispetto alla comunità montana e ai sottobacini regionali e distribuzione della superficie negli ambiti fluviali di afferenza.
 Territorial level: location map of the management estate with respect to Comunità Montana and to regional sub-catchment and distribution of area by subcatchment.

distribuzione centrali (Figura 4). Ciò nonostante l’area studiata non è compresa in alcuna delle categorie di aree protette della regione, né classificata come sito Bioltaly, benché centrale rispetto ad un numeroso gruppo di questi (Figura 2), e solo in parte incluso tra le aree di cui alla L.R. n. 49 del 11 aprile 1995 “Norme sui parchi, le riserve naturali e le aree naturali protette d’interesse locale (Figura 2).

A scala di dettaglio si sono valutate le caratteristiche della copertura forestale che costituisce la matrice del paesaggio. Tale matrice, anche perché costituita in prevalenza da vegetazione del tipo Ericeto a *Arbutus unedo* (67%) e Lecceto a *Fraxinus ornus* (29%), presenta caratteri di omogeneità, compattezza e scarso contrasto (Figura 5). Le implicazioni funzionali derivanti da tali caratteri sono evidenziate, alle scale inferiori, dai valori bassi e medio bassi degli indicatori di biodiversità prescelti e relativi alla componente ornitica della comunità biotica (indici di rarità e di qualità ambientale) e confermate dalla occorrenza di valori più elevati degli stessi indicatori nelle aree caratterizzate da un maggior grado di eterogeneità spaziale (Tavola 2, in allegato). Questi risultati potrebbero suggerire che il ripristino del regime culturale a ceduo,

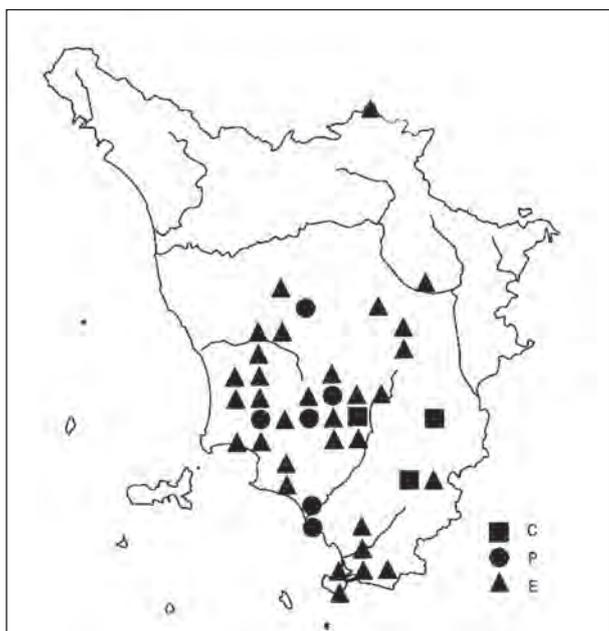


Figura 4 – Livello regionale: distribuzione del Biancone (TELLINI *et al.*, 1997). C= nidificazione certa; P= nidificazione probabile; E= nidificazione possibile.
*Regional level: distribution of Short-toed Eagle (TELLINI *et al.*, 1997). C= certain nesting; P= probable nesting; E= possible nesting.*



Figura 5 – Livello gestionale: matrice del paesaggio forestale.
Management level: forest landscape matrix.

agendo sulla ampiezza e disposizione delle tagliate e sulla matricinatura, possa fornire un contributo per il mantenimento di livelli più elevati di biodiversità, sebbene rimanga da chiarire il ruolo svolto dalle tagliate come “surrogati” di ambienti in via di scomparsa a livello regionale (coltivi, pascoli).

Risultati (seconda parte)

I risultati, riassunti nella Tabella 3 e nella Figura 6, evidenziano come la percezione dei limiti della diversità del paesaggio da parte del tecnico forestale (ad esempio i limiti di un dato tipo di bosco oppure i limiti di una tagliata), che è alla base della gestione del bosco, includa i limiti della percezione che gli uccelli hanno di risorse e di habitat.

Infatti, per tutte le specie selezionate per le categorie, lo spettro dei livelli gerarchici in cui si articolano i rispettivi limiti della percezione del paesaggio, è compreso entro quello di riferimento per il tecnico forestale. In particolare entrambe le specie *area limited* fanno una scelta dell'habitat ricevendo informazioni dal più alto livello della gerarchia di scala, mentre quelle *resource limited* basano la loro scelte su informazioni che emergono dai livelli di scala inferiori. Le prime, infatti discriminano attraverso la

configurazione del territorio, che riguarda una scala più piccola, riconoscendo per esempio i confini dell'area boscata o della tagliata, mentre le seconde si basano su caratteri più fini, pertinenti a scale maggiori, quali per esempio la struttura della vegetazione ed il suo stadio di sviluppo.

Inoltre, a ciascun livello di scala corrispondono specifici attributi della configurazione del paesaggio attraverso cui tutte le specie (ognuna con le modalità specie-specifiche) discriminano gli ambienti idonei da quelli non idonei. Alla scala regionale infatti le specie discriminano attraverso la tipologia della matrice paesistica; alla scala di bacino gli attributi su cui si basa la selezione sono la *porosità* (numerosità delle *patch* in una matrice) e il *contrasto* (livello di gradualità nel passaggio tra due aree ai limiti della matrice) della matrice; alla scala della gestione forestale la scelta, influenzata dal tipo di copertura del suolo, avviene attraverso il riconoscimento dei confini tra le forme di uso del suolo e degli ecotoni; al livello vegetazionale gli animali sono in grado di cogliere le differenze compositive tra le formazioni vegetali; al livello selvicolturale selezionano mediante attributi riconducibili alla forma di governo (presente e passata); al livello infra-selvicolturale si basano su

Tabella 3 - Limiti della percezione e modalità della differenziazione graduale dei bioindicatori.
Perception limits and modes of gradual differentiation of bioindicators.

Categoria	Specie	Livello gerarchico/Scala						
		1 sub-continente 100-500 Km	2 regione 50-100 Km	3 bacino 10-50 Km	4 gestione forestale 1-10 Km	5 vegetazione 0,5-1 Km	6 selvicoltura 0,1-0,5 Km	7 infra-selvicoltura 0,1 Km
a resource limited	Succiacapre <i>Caprimulgus europaeus</i>			matrice forestale porosa	copertura del suolo: bosco/gariga-prateria uso del suolo: ceduo e secondariamente and altofusto in contiguità con coltivi (abbandonati), aree in erosione tipo di ecotone: bosco/spazi aperti	bosco: pinete (rimboschimento) <i>melico quercetum</i> <i>cerridis orno</i> <i>quercetum ilicis</i> <i>cephalothero-quercetum ilicis</i> gariga <i>armerio-alysetum</i>	bosco: macchia alta perticaie cedui in abbandono culturale	bosco: stadi giovanili e intermedi densità normale o elevata altezza ridotta o media gariga bassa densità altezza ridotta
b area limited	Biancone <i>Circaetus gallicus</i>	patch di bosco in matrice non forestale	matrice forestale	matrice forestale compatta ma diversificata	copertura del suolo: bosco uso del suolo: altofusto e ceduo tipo di ecotone: bosco/spazi aperti			
c resource limited	Picchio rosso Maggiore <i>Dendrocopos major</i>				copertura del suolo: bosco uso del suolo: altofusto tipo di ecotone: transizione da tra bosco di conifere e bosco di latifoglie	pinete <i>orno quercetum ilicis</i> <i>cephalothero- quercetum ilicis</i> <i>melico quercetum cerridis</i>	perticaie	stadi intermedi e maturi densità normale o elevata altezze elevate
d area limited	Gheppio Falco tinnunculus		matrice paesistica mista forestale/ agricola	mosaico paesistico bosco/spazi aperti	copertura del suolo: bosco/prateria coltivi uso del suolo prateria coltivi tipo di ecotone: transizione tra prateria/coltivi e bosco			

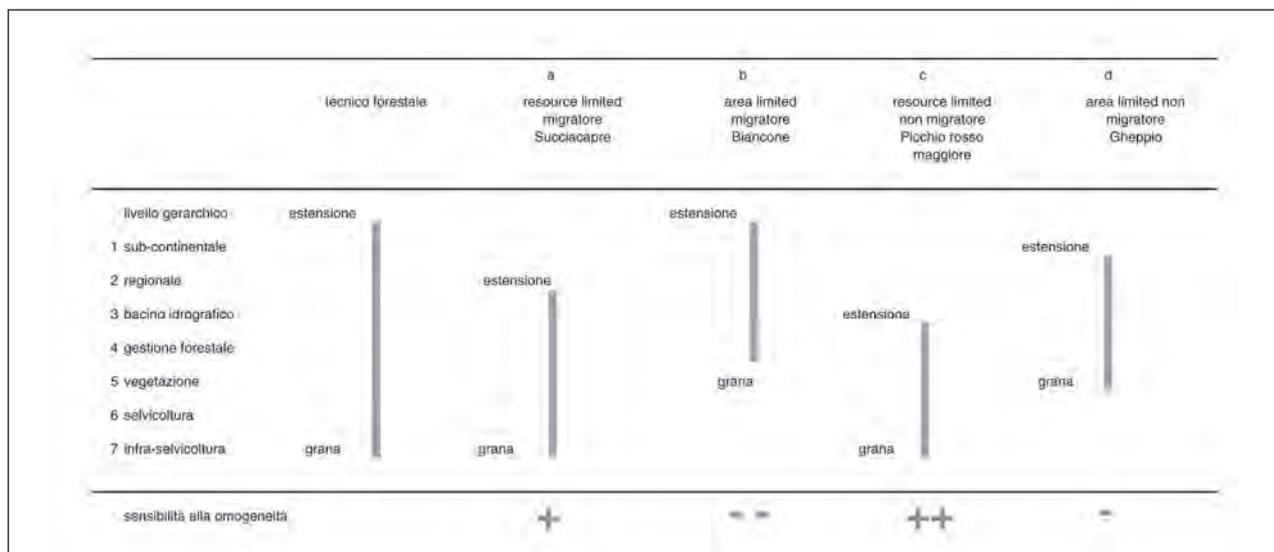


Figura 6 - Limiti della percezione delle risorse forestali da parte del tecnico forestale e degli uccelli e sensibilità alla omogeneità della configurazione spaziale delle risorse.
Perception limits of forest manager and birds and sensitivity to homogeneity of spatial configuration of resources.

caratteri della struttura dei popolamenti quali lo stadio di sviluppo, la densità e l'altezza.

Discussione

Discussione (prima parte)

I livelli di inquadramento indicano tutti la grande valenza connettiva dell'area in esame. Più precisamente si è visto che:

- 1) le aree con configurazioni più eterogenee dal punto di vista della composizione e della struttura, cui corrispondono valori più elevati dell'indice di importanza ornitologica, e di quello della qualità ambientale possono venire considerate "sistemi fragili" (NILSSON e GRELSSON 1995) ossia sistemi che verrebbero alterati, con ricadute negative per la fauna, nel momento in cui venissero attuati mutamenti nelle modalità di gestione; in questo caso, tra i numerosi elementi di mutamento, potrebbe rientrare anche la cessazione delle utilizzazioni;
- 2) esiste al livello gestionale una matrice paesistica a ceduo invecchiato di sclerofille (Figura 5), estesa e fortemente omogenea, che, insieme ai rimboschimenti di conifere, rappresenta la conseguenza sul territorio, in termini di configurazione spaziale, della cessazione delle attività agricole nelle zone marginali e l'abbandono colturale del ceduo. Tali processi hanno determinato a livelli più bassi (vegetazionale e selvicolturale) il costituirsi di alcuni caratteri strutturali della vegetazione e della configurazione spaziale degli elementi paesistici in grado di influenzare negativamente la scelta di tali aree da parte degli uccelli. Tali modificazioni si riverberano, inoltre, anche alle scale più piccole (da quella territoriale a quella regionale) sotto forma di declino della qualità ambientale e dell'importanza per l'avifauna;
- 3) le specie maggiormente sensibili rispetto alla omogeneità della matrice, ossia quelle che la rifuggono, sembrano essere quelle non ubiquitarie e con *home range* relativamente ridotti. I limiti percettivi di tali specie che ne determinano il tipo di risposta al *pattern* spaziale delle risorse (scelta ed individuazione delle componenti dell'habitat) infatti sembrano connessi proprio con il livello selvicolturale (limite superiore: estensione) e con livello infra-selvicolturale (limite inferiore: grana). Pertanto una situazione di omogeneità della matrice su vaste aree impedisce a tali specie:

- a) al livello superiore della percezione, la discriminazione degli stadi di successione della vegetazione e di quelli di crescita (stadi di età) dei cedui, necessari a queste specie entro l'*home range*;
- b) al livello inferiore della percezione, la selezione dell'habitat attraverso "indizi" forniti dalla struttura spaziale e dalla composizione del popolamento vegetale.

Le aree di cui al punto 1 si caratterizzano come "sensibili" rispetto all'abbandono colturale, che ne determinerebbe il declino in termini di ricchezza e diversità. Nel caso in esame i cedui che sono tuttora oggetto di utilizzazioni delle sezioni G ed E ricadono negli ambiti a maggiore valenza per l'avifauna.

Per quanto attiene le aree a ceduo invecchiato, dal punto di vista concettuale proprio la omogeneità vegetazionale e selvicolturale riscontrata alle due scale corrispondenti è interessante ai fini della proposizione di modelli colturali finalizzati anche alla gestione della biodiversità. Evidenze sperimentali (FULLER *et al.* 1989) indicano che la densità della copertura, in particolare di quella dello strato arbustivo, è uno dei fattori critici in grado di influenzare la composizione delle comunità di uccelli. Questa è a sua volta influenzata dall'età del popolamento rispetto al ciclo colturale. In particolare è stato dimostrato che agli stadi giovanile ed intermedio del ceduo (gli Autori citati considerano un turno di 12-14 anni) corrispondono sia densità maggiori delle singole popolazioni di uccelli canori migratori, molti dei quali legati ad una gestione attiva del bosco ceduo (tra quelli considerati ci sono, per esempio, la Tottavilla e il Succiacapre), sia valori di ricchezza più elevati rispetto a quelli riscontrati negli stadi più maturi del ceduo. In particolare la densità totale di questi uccelli, molto bassa nei primi anni dopo il taglio e negli anni successivi alla chiusura delle chiome, è risultata massima nei periodi intermedi. Dati aneddotici sembrano confermare che, oltre 50 anni fa, quando anche nei boschi della Toscana meridionale si applicavano turni relativamente brevi (10-15 anni), alcune specie di uccelli - oggi "espulse" totalmente dal bosco - usassero proprio questi cedui.

Anche nei cedui in cui sono cessate le utilizzazioni tali valori tendono ad essere bassi e la composizione delle comunità tende a differenziarsi in favore di specie tipicamente di interno forestale, anche se queste ultime generalmente preferiscono i boschi d'alto

fusto⁴. In relazione a ciò, si ritiene che una maggiore biodiversità potrebbe essere favorita da una ripresa delle utilizzazioni, pianificata nello spazio e nel tempo, che favorisca la eterogeneità della matrice paesistica. Attraverso la ceduzione, infatti, si ottiene una diversificazione sia nella dimensione orizzontale o corologica (livello selvicolturale) sia in quella verticale o topologica (livello infra-selvicolturale). Il regime colturale a ceduo opera proprio a questi due livelli agendo, tra le altre variabili, sull'ampiezza e disposizione spaziale delle tagliate e sulla matricinatura (densità, aggregazione spaziale).

Discussione (seconda parte)

I *pattern* di frammentazione della copertura forestale risultano essere caratteri importanti, indipendentemente dal tipo di bosco, fino alla scala di bacino per la strategia delle decisioni degli uccelli che usano questi tipi di habitat.

Le forme di gestione forestale sono determinanti

nella percezione dei limiti per entrambe le categorie di uccelli (*area limited* e *resource limited*). A questo livello, oltre al contrasto ed alla porosità, anche l'eterogeneità del paesaggio (complessità dello *spatial patterning*, ovvero la varianza spaziale) ed il tipo di ecotono, sono effettivamente influenzati dalla gestione forestale. Questi ultimi caratteri in particolare sono tra le più importanti variabili nella percezione visiva e nei processi di "differenziazione graduale" (*sensu* ANTROP 1985) attraverso i quali i singoli organismi, inclusi gli umani, compiono le scelte (specie-specifiche) relative alla selezione dell'habitat.

Ai livelli di scala di vegetazione e di selvicoltura la selezione dell'habitat è basata rispettivamente sulla composizione e sul tipo di struttura (quindi l'età nel caso del ceduo) del popolamento, mentre a livello infra-selvicolturale diventano importanti le strutture spaziali della vegetazione (quindi matricine, residui dell'utilizzazione *etc.*).

⁴Recenti evidenze sperimentali (PAPI 2001) mostrano come in alcuni querceti cedui invecchiati del Lazio, agli interventi di avviamento all'altofusto, ad un calo iniziale abbia fatto seguito un aumento dei valori di tutti i parametri di comunità (ricchezza, abbondanza, diversità, percentuale di non passeriformi) risultati superiori a quelli registrati prima dell'intervento.

II. Selvicoltura dei cedui e conservazione biologica: la costruzione di scenari ipotetici[§]

Paola Mairota¹ e Pietro Piussi²

Accettato il 3 marzo 2006

Riassunto – L'analisi paesistica svolta in un precedente lavoro (MAIROTA *et al.*, I contributo questo volume) ha messo in evidenza l'elevato grado di omogeneità strutturale e compositiva, di compattezza e da scarso contrasto della matrice del paesaggio forestale studiato, al livello selvicolturale. Da un punto di vista funzionale questo determina una basso grado di qualità ambientale. Ciò sembra suggerire che il ripristino del regime culturale a ceduo, che comporta la diversificazione delle matrici omogenee, possa favorire il conseguimento ed il mantenimento di livelli più elevati di biodiversità. Si è tentato pertanto di testare questa possibilità confrontandola, attraverso la costruzione di scenari ipotetici, con la questione della gestione forestale sostenibile dal punto di vista del soddisfacimento delle istanze socio-economiche come da quello del mantenimento degli equilibri ecologici. Per la costruzione degli scenari sono state formulate ipotesi relative a possibili differenti tattiche di gestione forestale che si articolano attraverso gradi di restrizione alla selvicoltura del ceduo, utilizzando diversi criteri (bioecologico, socio-economico, tecnico) come filtro per rispondere alle istanze indicate. L'esercizio condotto dimostra che un certo grado di eterogeneità della configurazione spaziale può essere ottenuto attraverso l'introduzione di una serie di regole alla selvicoltura del ceduo, alcune delle quali già prescritte dalle leggi vigenti, con particolare riferimento alla dimensione ed alla disposizione spaziale delle tagliate. Appare inoltre chiaro come tali regole non possano essere in alcun modo generalizzate ma debbano essere derivate anche dall'esame di altri fattori di contesto, specifici da caso a caso, sia di ordine ecologico sia di ordine socio-economico, affinché il confronto tra scenari alternativi possa effettivamente essere di supporto ad una strategia di gestione compatibile. Infine è emersa la necessità di acquisizione, in sede di pianificazione forestale, di elementi quantitativi di conoscenza circa la effettiva distribuzione nei vari habitat degli organismi animali che si potranno scegliere come indicatori di qualità/integrità ambientale e/o delle specie rare, e circa il loro successo riproduttivo in tali habitat.

Parole chiave: *scale spaziali, eterogeneità, scenario ipotetico, selvicoltura del ceduo, gestione forestale sostenibile.*

Abstract – Coppice silviculture and biological conservation: building hypothetical scenarios. The landscape ecological analysis carried out in a previous work (MAIROTA *et al.*, I contribution, this volume) has shown the high degree of structural and compositional homogeneity and the low degree of contrast of forest landscape matrix, at the silvicultural level. From the functional point of view this results in a low environmental quality. Reinstating coppicing appears as a management and silvicultural option as, by leading to homogeneous matrix diversification, it could foster the maintenance of higher biodiversity levels. Such a possibility was tested confronting it, via hypothetical scenario building, with the issue of sustainability of forest management with respect to both socio-economical and ecological instances. For scenario building hypotheses were formulated relevant to different forest management tactics by means of an iterative rule incorporation process to coppicing which are based upon a number of criteria (bioecological, socio-economical, technical). The exercise carried out demonstrates that a certain degree of landscape spatial configuration can be obtained by means of rule introduction, some of which are brought into force by current laws, with particular reference to coupes size and spatial arrangement. Yet it clearly appears as such rules can not be generalised but must be derived from the exam of other factors, case specific, both ecological and socio-economical, in order that the comparison between alternative scenario can effectively support a sustainable management strategy. Finally it has emerged the need for the gathering, within management plans, of quantitative information relevant to the actual distribution between different habitat of animal species selected as indicators of habitat quality, and/or rare ones, as well as to their breeding performances in those habitat.

Key words: *spatial scales, heterogeneity, hypothetical scenario, coppice silviculture, sustainable forest management.*

F.D.C. 62: 180: 907

Introduzione

I risultati ottenuti nella prima fase del lavoro pongono il problema di una strategia della gestione forestale calibrata sulle necessità di conservazione emergenti alla scala più vasta. Tale istanza peraltro appare in sintonia con le più recenti posizioni della

Regione Toscana in materia di conservazione della biodiversità, che nell'ambito del Piano di Indirizzo Territoriale (PIT) individua nelle "aree di collegamento ecologico" degli "ambiti territoriali indispensabili per l'efficiente funzionamento della cosiddetta rete ecologica", avvicinandosi al modello concettuale della "continuità ecologica" (WIENS 1997 e 1999) rispetto a

[§] La ricerca è stata svolta congiuntamente e in parti uguali dai due Autori.

¹ Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali, Facoltà di Agraria Università degli Studi di Bari, via Amendola 165/A 70126 Bari p.mairota@uniba.it

² DISTAF Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Firenze, via S. Bonaventura 13 50145 Firenze pietro.piussi@unifi.it

quello della “rete ecologica” (BOTANI 2000).

La prospettiva della ripresa e/o del mantenimento delle ceduazioni, in questa come in altre aree in cui il bosco ceduo è molto diffuso, si deve necessariamente porre nel contesto della gestione forestale sostenibile dal punto di vista del soddisfacimento delle istanze socio-economiche come da quello del mantenimento degli equilibri ecologici.

Per quanto riguarda il primo punto di vista nei boschi cedui, che rappresentano una importante componente del paesaggio forestale italiano, la selvicoltura può essere esercitata solo se lo stato del soprassuolo, le condizioni di viabilità, il costo e la disponibilità di manodopera e la possibilità di migliorare nel lungo periodo la produttività oppure i beni e servizi prodotti non ne restringono l'area della convenienza economica.

Per quanto riguarda il secondo punto di vista non si può prescindere dal considerare due particolari questioni e precisamente la questione della stabilità del bosco, dato che l'esercizio della selvicoltura del ceduo esercita un forte impatto sui fattori di controllo della stabilità stessa, e la questione della biodiversità, influenzata sia dall'esercizio come dalla cessazione delle attività selvicolturali.

La stabilità delle formazioni boschive nella Toscana meridionale, ed in particolare dei boschi di latifoglie, può essere minacciata da fattori diversi. Non è questa la sede per una analisi approfondita del problema e quindi si ricorderanno in breve i principali fattori di destabilizzazione, in alcuni casi interagenti: fuoco, patogeni (deperimento delle querce), tendenza all'inacidimento del clima mediterraneo. Quest'ultimo fenomeno, per il quale non sembra ora possibile definire lo sviluppo futuro, agisce direttamente sullo stato fisiologico degli alberi e quindi condiziona la loro suscettibilità ad agenti patogeni, quali per esempio *Diplodia mutila* e *Biscognauxia mediterranea*³, organismi fungini che da endofiti si trasformano in parassiti. Sembra infatti (SICOLI *et al.* 1998; ANSELMI *et al.* 2000; CELLERINO e GENNARO 2000; LUISI e LERARIO 2000) che la cessazione del regime colturale del ceduo sia da associare a tale fenomeno in quanto, comportando

l'invecchiamento dei popolamenti e la senescenza dei singoli individui, interagisce con le alterazioni metaboliche indotte da condizioni di stress idrico (dovute ad una più generale tendenza alla diminuzione delle precipitazioni in ambiente mediterraneo) ritenute predisponenti alla azione di funghi.

Relativamente al fuoco è opportuno ricordare che la riduzione della biomassa, la sua diversa distribuzione in senso verticale e l'accumulo di residui di lavorazione al suolo, conseguenze di una gestione attiva del ceduo, agiscono in modo complesso e non facilmente prevedibile sull'insorgere e l'evolversi degli incendi boschivi, ma le attività forestali, se opportunamente condotte, consentono la creazione ed il mantenimento di una rete viaria di servizio che riveste una notevole importanza per la prevenzione ed il controllo del fuoco. Una attività forestale programmata nel lungo periodo dovrebbe inoltre assicurare nel territorio la presenza di maestranze in grado di intervenire per lavori di prevenzione e di lotta contro gli incendi.

Sulla base di tali considerazioni, si sono costruiti scenari ipotetici da usare come base di discussione tra tecnici forestali, amministratori pubblici, pubblica opinione e associazioni ambientaliste, per la definizione di una strategia gestionale per la eventuale ripresa delle ceduazioni nell'area delle Colline Metallifere.

Metodi e materiali

Per la costruzione degli scenari, con i limiti dati dalla documentazione disponibile e fornita dai piani di assestamento, sono state formulate ipotesi relative a possibili differenti strategie di gestione forestale che si articolano attraverso gradi di restrizione alla selvicoltura del ceduo. I primi due scenari (1-2) sono stati rispettivamente basati sulle improbabili ipotesi della “non gestione”⁴ e della “ripresa delle ceduazioni su tutta la superficie a ceduo invecchiato di sclerofille”.

Il primo caso potrebbe, per esempio, verificarsi in conseguenza di una politica di lunghissimo termine intesa al conseguimento di stadi successionali ipoteticamente più evoluti e maturi. Il secondo caso invece potrebbe trovare applicazione in funzione di

³*Diplodia mutila* (Fr.) Mont.; *Biscognauxia mediterranea* (De Not.) O. Kuntze [= *Hypoxylon mediterraneum* (De Not.) Mill.].

⁴L'indicazione di “non gestione” è in realtà una semplificazione adottata per questo tipo di elaborazione esemplificativa; in realtà si potrebbero immaginare interventi di avviamento alla fustaia per ragioni diverse (uso turistico, esigenze di gestione faunistica, conservazione di specie arboree di particolare interesse, barriere visive etc., formazioni in zone di pertinenza delle incisioni del reticolo idrografico) ma anche abbandono colturale totale, per lo meno nel medio termine (ricerca scientifica, bassa produttività). Ai fini delle modifiche strutturali un intervento di diradamento non dovrebbe incidere sulle condizioni di ambiente adatte all'avifauna.

una politica che privilegia la produzione legnosa. In questo caso lo scenario è stato costruito assegnando casualmente tutte le UdG classificate “ceduo invecchiato di sclerofille” alle classi di età (anni da 1 a 18). Il turno è stato scelto tenendo conto delle prescrizioni della Legge Regionale Toscana (LR 2000/39) e del relativo Regolamento (Decreto del Presidente della Giunta Regionale n. 48/R). Le uniche regole imposte all’assegnazione automatica sono state quelle di rispettare una dimensione massima delle tagliate (20 ha), suddividendolo⁵, se del caso, le particelle, e la non contiguità delle stesse per tre anni silvani, imposte dallo stesso Regolamento.

Nel caso di questo scenario, come in quello degli scenari 3-6, si è ipotizzato che venga concessa l’autorizzazione necessaria per il taglio dei cedui che abbiano superato l’età di 36 anni.

Gli altri scenari (3-6), in un’ottica di gestione forestale sostenibile, sono stati basati su ipotesi più realistiche.

A partire dallo scenario 2, incrementando il livello di “supervisione” nella assegnazione delle UdG alle classi di età, sono stati introdotti, con effetto inclusivo, un serie di filtri/regole di ordine bioecologico, socio-economico e tecnico per tenere conto, oltre che degli obblighi di legge, di esigenze di conservazione delle risorse naturali, esigenze sociali generali rurali ed urbane, esigenze tecniche operative.

Le ipotesi di scenario così formulate prevedono, in modo progressivo:

- scenario 3: l’esclusione dalla rotazione di particelle con pendenza > 30%;
- scenario 4: come 3, inoltre l’esclusione di una zona di pertinenza delle incisioni del reticolo idrografico (5 m per lato⁶);
- scenario 5: come 4, inoltre la costituzione di una zona di rispetto in corrispondenza delle strade principali (5 m per lato);
- scenario 6: L’esclusione delle particelle con polloni di altezza media minore di 5 m (presumibilmente caratterizzate da bassa provvigione e fertilità) e maggiore di 9 m (presumibilmente di età elevata e quindi con una bassa densità di ceppaie ed una povertà di specie legnose).

Risultati

I risultati del lavoro svolto sono illustrati nelle Tavole 3-5 in allegato.

Nella Tavola 3, sono rappresentati i 6 scenari nella situazione a regime (18° anno dall’inizio della simulazione), mentre nelle Tavole 4 e 5 è evidenziata rispettivamente la dinamica temporale dello scenario 2 e dello scenario 6 nell’intervallo di tempo necessario per raggiungere la situazione a regime.

Si nota come lo scenario 1 sia stato rappresentato come se la configurazione della matrice rimanesse inalterata (infatti è stato usato anche nella Figura 5, MAIROTA *et al.* I contributo questo volume, per rappresentare proprio la matrice paesistica). Ciò deriva dal fatto che tale scenario non prevede modificazioni della configurazione spaziale relativamente agli stadi evolutivi del soprassuolo in quanto questi, non sono apprezzabili alla scala spaziale e temporale del piano di gestione.

Questa precisazione in realtà riguarda anche tutti gli altri scenari che evidenziano soltanto i cambiamenti della matrice derivanti dalle regole imposte ed applicate nell’ambito del dominio spazio-temporale del piano di gestione, ricordando che la risoluzione spaziale (particella/sottoparticella) corrisponde al limite inferiore di percezione dell’eterogeneità spaziale da parte del tecnico forestale.

Relativamente allo scenario 2 si nota come l’effetto della simulazione sulla configurazione spaziale della matrice sia di determinare un elevato grado di disaggregazione degli elementi che la costituiscono (stadi di crescita), nonostante una loro quasi equa ripartizione in termini di superficie, (Figura 1)⁷.

Tale elevato grado di disaggregazione, pur in condizioni analoghe di ripartizione degli stadi di crescita, si attenua negli altri scenari per il progressivo aumento delle superfici fuori rotazione (a parità di superficie totale) che si presentano invece aggregate (Tavola 3 in allegato). Ciò è particolarmente importante perché a parità di condizioni (contrasto e dimensione media degli elementi paesistici), all’aumentare dell’aggregazione spaziale degli habitat aumenta (HARRISON e FAHRIG 1995) la probabilità di sopravvivenza delle popolazioni

⁵La suddivisione è avvenuta con criterio arbitrario. Questa scelta si giustifica solo in relazione alla natura speculativa del presente lavoro, che sarà meglio definita nella discussione.

⁶Anche l’ampiezza assegnata a queste fasce a quelle di rispetto delle strade principali è arbitraria e strumentale all’elaborazione esemplificativa

⁷Nei grafici non è considerato lo scenario 4 perché questo non si differenzia in maniera apprezzabile dallo scenario 3.

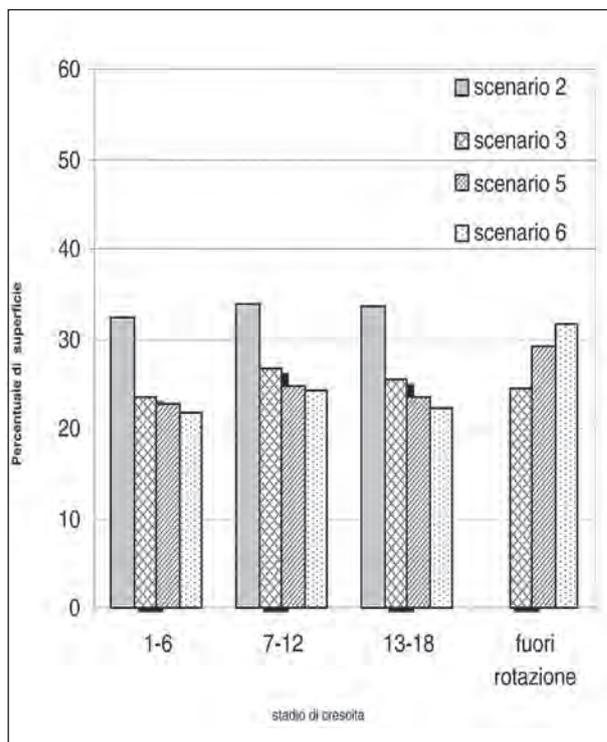


Figura 1 - Ripartizione degli stadi di crescita per scenario.
Distribution of development stages by scenario.

alla scala di paesaggio. Inoltre, l'introduzione della categoria fuori rotazione determina anche maggiori livelli di contrasto.

In definitiva dallo scenario 2 allo scenario 6 aumenta il livello di eterogeneità spaziale, derivante appunto dalla combinazione di aggregazione⁸, cioè la distribuzione spaziale delle *patch* e contrasto, che "esprime la complessità della configurazione spaziale" (WIENS 1995).

Dal punto di vista operativo si nota come in sede di assegnazione delle particelle alle differenti classi di età si possa influenzare (in relazione a finalità gestionali particolari) l'incidenza relativa di ciascuno stadio di crescita rispetto agli altri (e quindi l'*output* in termini di aggregazione e contrasto) imponendo per la assegnazione regole diverse da quella della randomizzazione.

Relativamente all'aumento della superficie fuori rotazione, nel caso specifico l'introduzione nello scenario 3 della regola di esclusione delle particelle con pendenza > 30% e la loro relativamente alta incidenza territoriale ha determinato a questo livello l'aumento più sensibile di tale categoria. Cioè, in termini

operativi, il livello di scenario in cui le variazioni si manifestano significativamente dipende sia dall'ordine di introduzione di una regola rispetto ad un'altra, sia dalla incidenza relativa in termini di superficie delle particelle interessate dalla regola che determina la esclusione dalla rotazione.

Dall'esame dei dati areali relativi a ciascuna sezione (E, F, G) del PdG, inoltre si nota come, mentre l'incidenza relativa di ciascuno stadio di crescita risulta proporzionale alla superficie della sezione (come conseguenza della randomizzazione), l'incidenza relativa e la distribuzione spaziale della quota fuori rotazione sia dipendente dalle caratteristiche intrinseche della sezione stessa (Figura 2). Per esempio la maggiore incidenza delle particelle caratterizzate da pendenze relativamente elevate si riscontra in quelle parti delle sezioni G ed F ubicate in corrispondenza dello spartiacque tra il fiume Cornia e il fiume Pecora e di quelle della sezione F ubicate in prossimità dello spartiacque tra il fiume Pecora e il fiume Bruna (Figura 3). Le stesse aree, presumibilmente, presentano anche caratteristiche della forma del rilievo tali da influenzare la fertilità, il che giustifica la presenza nelle stesse aree della maggior parte delle particelle caratterizzate da altezze contenute.

Alla scala delle sezioni, inoltre, si coglie come le particelle caratterizzate da valori relativamente elevati degli indici di rarità e qualità ambientale (relative alla componente ornitica), escluse dalla rotazione nello scenario 6, siano prevalentemente ubicate ai limiti esterni delle sezioni. Pur se il valore degli indici non ha carattere assoluto dal punto di vista dinamico, essendo fortemente influenzato dalle caratteristiche della configurazione paesistica, per cui non è detto che cambiando questa non varino i valori degli indici, tuttavia questo risultato conferma l'importanza degli ecotoni per la conservazione della biodiversità.

Infine a questa scala si percepisce anche come l'esclusione dalla rotazione colturale, a partire dallo scenario 3, di una zona di pertinenza delle incisioni del reticolo idrografico introduca elementi di microeterogeneità nella matrice paesistica. Questi, anche in relazione alla loro inerente condizione ecotonale, alle caratteristiche di linearità e curvilinearità, alla natura di ecosistemi ripariali svolgono importanti funzioni eco-paesistiche (FORMAN e GODRON 1986; FORMAN 1995).

⁸Per la valutazione del grado di aggregazione PIELOU (1977, in KOTLIAR e WIENS 1990) ha proposto lo spettro convenzionale *clumped-random-uniform*, con un passaggio dal massimo di irregolarità e casualità distributiva al massimo di regolarità.

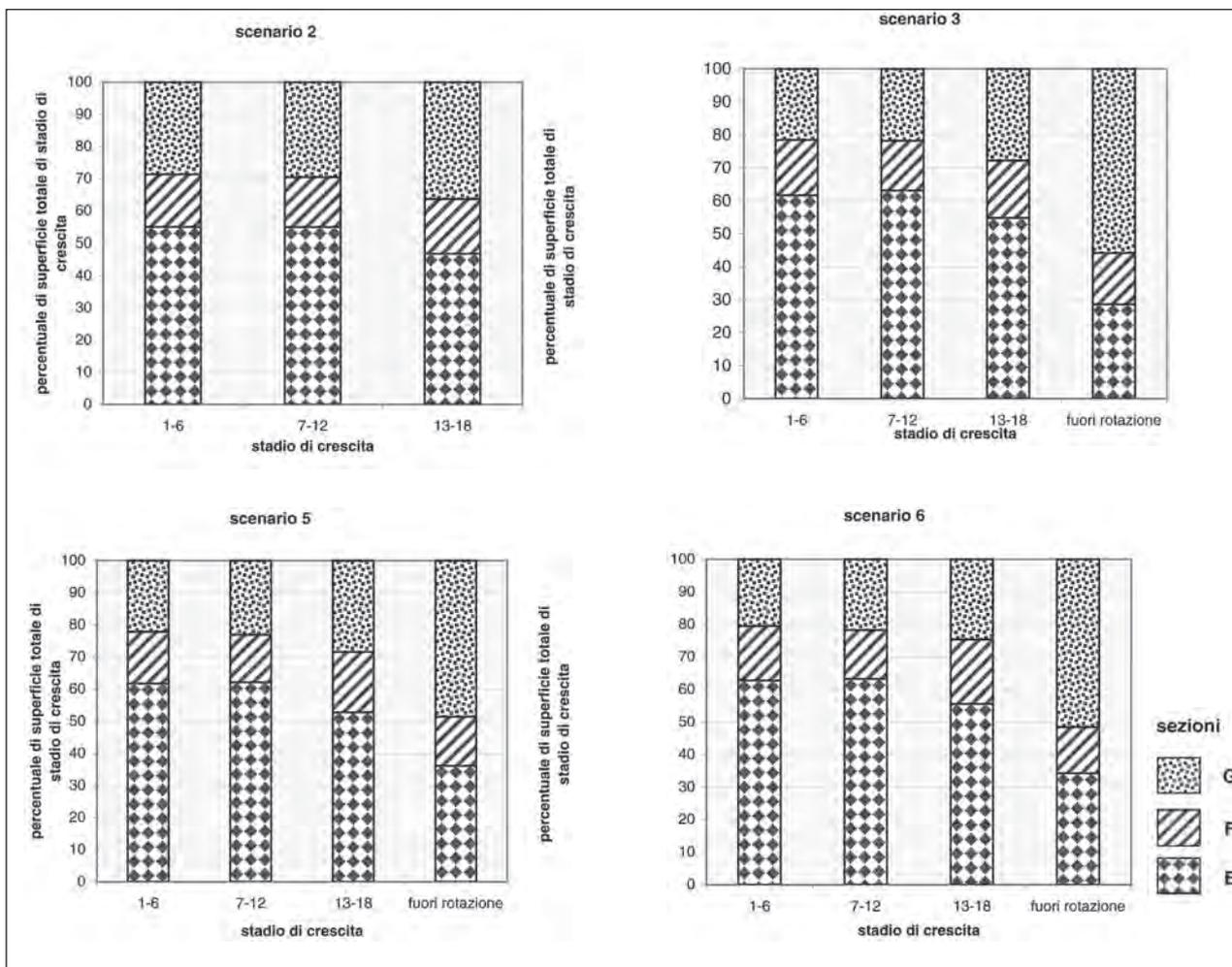


Figura 2 – Ripartizione degli stadi di crescita per sezione.
 Distribution of development stages by section.

Discussione

La metodologia proposta ed i risultati ottenuti, se anche tengono conto di numerose esigenze di ordine tecnico, normativo, economico *etc.*, costituiscono degli strumenti concettuali utili a formulare ipotesi piuttosto che decisioni operative. Questi strumenti sono utili stimoli per valutare criticamente i documenti di pianificazione disponibili e per sviluppare le basi necessarie a progettare modalità di gestione forestale che meglio rispondono alla funzionalità del paesaggio e quindi alla conservazione biologica.

Per l'esercizio illustrato si è potuto far riferimento solo a dati attinenti alla disponibilità di habitat, alla sua fisionomia e composizione, la cui conoscenza, sia pure imprescindibile, non è di per sé sufficiente alla valutazione delle conseguenze ecologiche alla scala di paesaggio dei cambiamenti del *pattern* spaziale degli

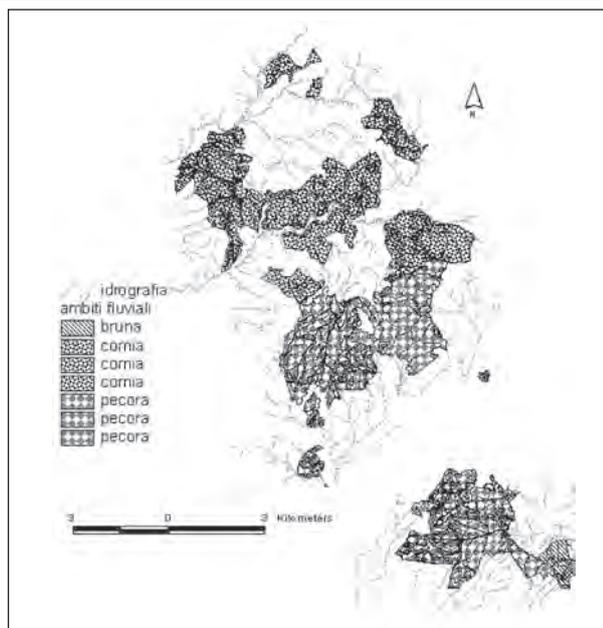


Figura 3 – Ripartizione del complesso gestionale negli ambiti fluviali di afferenza.
 Distribution of management estate by subcatchment.

habitat (FAHRIG 1998). Infatti questa esperienza ha dimostrato che i piani di gestione, oltre che recepire quanto prescritto dalle leggi, dovrebbero procedere all'acquisizione di elementi quantitativi di conoscenza circa la effettiva distribuzione nei vari habitat degli organismi animali che si potranno scegliere come indicatori di qualità/integrità ambientale e/o delle specie rare, e circa il loro successo riproduttivo in tali habitat, la cui raccolta non sembra far parte dei protocolli della ricerca ornitologica italiana, probabilmente per l'elevato costo delle relative campagne di reperimento.

E' comunque necessario tenere in conto anche quei fattori che non possono essere presi in considerazione dallo scenario stesso in quanto espressione del dinamismo a breve o medio termine e della occorrenza di eventi stocastici esogeni (ad es. incendi o attacchi di parassiti).

Le concettualizzazioni sono fondamentali, in primo luogo, in un'ottica di gestione forestale sostenibile, per definire, attraverso il confronto fra scenari alternativi, una strategia culturale (ceduo *vs.* conversione *vs.* cessazione parziale o totale delle utilizzazioni). La elaborazione di scenari dovrà poi tener conto anche di altri fattori ecologici (ad es. la stabilità biologica del

bosco, l'erosione del suolo in seguito alla ceduzione) e sociali (mercato, manodopera, partecipazione delle comunità umane) che influenzano la scelta d'uso del bosco e che, come detto prima, sono stati ignorati dal nostro "esercizio". Un caso che può costituire oggetto di indagine è la compatibilità della gestione del ceduo finalizzata all'ottenimento di più elevati gradi di eterogeneità ambientale con la presenza di popolazioni di ungulati selvatici (in particolare daino e capriolo). Infatti proprio la diversificazione della matrice nelle dimensioni orizzontale (corologica) e verticale (topologica) dello spazio derivante dal regime del ceduo favorisce in particolare questi animali con conseguente forte impatto sui giovani polloni. Inoltre evidenze sperimentali indicano come tagliate relativamente piccole e in quelle di forma poco compatta (alto rapporto perimetro/area), presentino maggiori intensità di danno da brucatura (GIOVANNINI *et al.* 2003). Questa circostanza impone, per esempio, la necessità di tentare di definire, oltre ad una soglia massima per la dimensione delle tagliate e un criterio per la loro aggregazione spaziale, anche una soglia minima e "tipologie" di forma delle tagliate stesse, nonostante le difficoltà dovute alla complessità delle variabili in gioco, a cominciare dal carico di ungulati.

III. Ipotesi sugli esiti a medio-lungo termine della gestione forestale attuale sulla conservazione della biodiversità[§]

Paola Mairota¹, Guido Tellini Florenzano² e Pietro Piussi³

Accettato il 3 marzo 2006

Riassunto – Partendo dalle considerazioni emerse nelle prime fasi della ricerca (MAIROTA *et al.* e MAIROTA e PIUSSI questo volume) è stata condotta un'analisi ecopaesistica a posteriori allo scopo di valutare gli esiti di un piano di gestione forestale reale. Si è fatto ricorso allo stesso set di scale spaziali, anche se l'attenzione è stata principalmente rivolta ai livelli inferiori della gerarchia della patchiness e ancora una volta sono stati impiegati gli uccelli come bioindicatori, infine è stato appositamente realizzato un archivio digitale delle informazioni cartografiche ed alfanumeriche georeferenziate disponibili per il territorio di studio (GIS). L'analisi è stata estesa nel tempo fino all'anno 2042 in cui gli interventi previsti e realizzati entro il 2005 potranno influenzare sia il singolo tratto di bosco sia il mosaico spaziale. Il cambiamento della configurazione spaziale del paesaggio è stato esaminato a tre livelli della gerarchia attraverso i dati relativi alle patch elementari e attraverso il computo di alcuni indici di landscape pattern. Per il confronto tra la situazione *ex ante* e quella *ex post* sono state impiegate statistiche descrittive. Gli effetti sulla biodiversità sono stati valutati qualitativamente attraverso la verifica del soddisfacimento delle necessità di habitat, in termini di disponibilità di habitat, per un set di specie ornitiche specializzate o dipendenti da habitat di tipo forestale, nelle due situazioni. Un più elevato grado di eterogeneità (dovuta all'aumento sia dell'aggregazione sia del contrasto) della configurazione spaziale del paesaggio forestale è il probabile esito dell'applicazione del piano di gestione forestale. Dal momento che il livello gestionale è cruciale per la selezione dell'habitat da parte degli uccelli, in termini generali, questo effetto non sembrerebbe sfavorevole dal punto di vista della conservazione. Tuttavia occorre considerare che l'applicazione di questo piano specificatamente sembra determinare un pattern relativamente omogeneo con riguardo all'età dei singoli tratti di bosco e ciò potrebbe non essere favorevole al mantenimento della vitalità delle popolazioni locali di un certo numero delle specie considerate. Si suggerisce pertanto che questa ed altre questioni emergenti da questa analisi siano prese in considerazione in occasione della revisione del piano di gestione al fine sia di evitare anomalie gestionali sia di contribuire ad una armonizzazione delle istanze della selvicoltura con quelle della conservazione. L'approccio adottato è coerente sia con i principi di "saggia gestione forestale in Europa" (ANDERSSON 2003) sia con quelli della gestione adattativa (FEMAT).

Parole chiave: paesaggio forestale, gerarchia della patchiness, biodiversità, bioindicatori, cambiamento.

Abstract – Hypotheses on middle-long term effects of present forest management on biodiversity conservation. Starting from the consideration emerged from the previous phases (MAIROTA *et al.* and MAIROTA and PIUSSI this volume) a posterior landscape ecological analysis was carried out in order to assess the consequences of an actual forest management plan. The same set of spatial scale was adopted, even though the focus was on the lower three levels of the hierarchy of the patchiness, birds were again used as bioindicators and a GIS was created on purpose for the management estate studied. The analysis was extended in time up to the year 2042 when the interventions, as scheduled and implemented by 2005, are likely to influence both the single stand and the resultant spatial mosaic. Landscape configuration change was examined at the three levels of the hierarchy using data at the patch to compute a few landscape pattern indices. To compare the *ex ante* and the *ex post* situations descriptive statistics applied. Effects on biodiversity were qualitatively assessed by means of the verification of the fulfilment of the habitat needs, in terms of habitat availability, of a set of bird species specialised or dependent on forest habitat types, in both situations. A higher degree of landscape heterogeneity (due to the increase of both aggregation and contrast) at the management level is to be expected by the implementation of the forest management plan. As the management level is crucial for habitat selection for birds, speaking in general terms, such effects do not appear as detrimental for conservation purposes. However it has to be taken into an account that the implementation of this very management plan is also likely to produce a relatively homogeneous pattern as far as age of forest stands is concerned which does not seem to favour the viability of local populations of a few among the bird species considered. It is suggested that these and other issues emerging from this analysis are taken into an account when a new plan will be compiled in order to both avoid management anomalies and to better harmonise silviculture and conservation instances. The approach adopted is consistent with both the principles of "wise forest management in Europe" (ANDERSSON 2003) and of "adaptative management" (FEMAT).

Key words: forest landscape, hierarchy of patchiness, biodiversity, bioindicators, change.

F.D.C.62: 907: 180

Introduzione

Dalle considerazioni emerse dalle prime fasi di studio (MAIROTA e PIUSSI 2001; MAIROTA *et al.* 2002) illustrate nei capitoli precedenti, e per tener conto anche

[§] La ricerca è stata svolta congiuntamente e in parti uguali dai tre Autori.

¹ Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali, Facoltà di Agraria Università degli Studi di Bari, via Amendola 165/A 70126 Bari p.mairota@uniba.it

² DREAM Italia, via dei Guazzi 31, I-52013 Poppi (AR) Italy tellini@dream-italia.it

³ DISTAF Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Firenze, via S. Bonaventura 13 50145 Firenze pietro.piussi@unifi.it

di istanze derivanti da indirizzi di politica forestale ed ambientale, è emersa la necessità di una verifica delle scelte gestionali e colturali di un piano di gestione reale. È stata pertanto condotta una proiezione degli esiti dell'applicazione del "Piano di Gestione Forestale 1994-2003 per il Complesso forestale "Bandite di Follonica" (PdG).

A tal fine è stato adottato un approccio di analisi multiscalare gerarchica dell'ambito territoriale delle Colline Metallifere che si propone come modello teorico di riferimento al fine di contribuire con contenuti innovativi e ad alta valenza applicativa per la prassi operativa della gestione forestale.

Le analisi sono state rivolte è principalmente a:

1) verificare se:

- i) l'organizzazione spaziale delle diverse scelte colturali operative proposta dal Piano (mantenimento del governo a ceduo, evoluzione per via naturale senza nessun intervento, avviamento ad altofusto);
- ii) la successione spazio-temporale degli interventi (soprattutto ceduazioni), tengano conto attualmente, ed in che misura, della necessità di mantenere un mosaico sufficientemente articolato a garantire, alle diverse scale territoriali, la presenza, diffusione, connessione di tipi di bosco e quindi di copertura diversi;

2) proporre eventuali aggiustamenti che consentano, in fase di revisione di un piano di gestione ormai prossimo alla scadenza, di calibrare le scelte di lungo termine del precedente strumento per conseguire una sempre più efficiente struttura del mosaico ambientale, senza alterare in modo sensibile gli attuali indirizzi.

Va precisato in via preliminare che le elaborazioni numeriche e grafiche che seguono e le considerazioni che ne discendono sono il risultato di una applicazione semplificata, per quanto rigorosa dei concetti dell'ecologia del paesaggio. Si ritiene che questi risultati vadano letti ed interpretati tenendo conto dei numerosi limiti, taluni imprevedibili, dovuti alla realtà socio-economica e che quindi le implicazioni/indicazioni pratiche vadano espresse così da evitare la produzione di una normativa astratta, difficile da comprendere, che prescinde dalla realtà locale.

Con riferimento al punto i), attinente alla organizzazione spaziale delle diverse scelte colturali

(mantenimento del governo a ceduo, evoluzione per via naturale senza nessun intervento, avviamento ad altofusto), al fine di individuare eventuali necessità di aggiustamenti, è stato valutato il cambiamento del grado di eterogeneità spaziale della matrice forestale indotto dalla applicazione di tali scelte colturali. L'eterogeneità spaziale, come definita da KOTLIAR e WIENS (1990) e da WIENS (1995), influenza direttamente la probabilità di sopravvivenza delle popolazioni animali alla scala di paesaggio.

Riguardo al quesito di cui al punto ii), attinente alla successione spazio-temporale degli interventi (soprattutto ceduazioni), al fine di incrementare il livello di operatività delle concettualizzazioni derivanti dall'applicazione di ipotesi di scenari alternativi, si è scelto di procedere alla verifica delle scelte del PdG vigente soltanto rispetto ad alcuni dei cosiddetti "vincoli" degli scenari ipotetici, e precisamente:

- a. prescrizioni normative relative alle dimensioni massima delle tagliate ed alla non contiguità delle stesse per tre anni silvani, (Art. 22, punti 1 e 2, del Regolamento forestale della Regione Toscana);
- b. effetti a scale più piccole e più grandi, relativamente al livello di omogeneità/eterogeneità del mosaico ambientale;
- c. compatibilità con le esigenze di conservazione della biodiversità⁴;
- d. compatibilità tra la attuale aggregazione spaziale, dimensione minima e forma delle tagliate e la presenza di popolazioni di ungulati selvatici (in particolare daino e capriolo).

Infatti, si è considerato che altri aspetti, quali quelli attinenti alla conservazione delle risorse naturali (suolo, acqua, vegetazione), alle esigenze sociali generali rurali (lavoro, energia rinnovabile, sviluppo socio-economico locale), alle esigenze tecniche operative (macchine e costi, pendenze, soglie tecniche di provvigione), al mercato, alle esigenze di protezione del bosco dagli incendi, fossero sufficientemente tenuti in conto nell'ambito delle scelte strategie e di piano quali:

- i) la scelta di avere in questo contesto territoriale (giacitura collinare, morfologia non accidentata, pendenze in genere ridotte, problemi di tutela dell'assetto idrogeologico non prioritari come in aree tipicamente appenniniche, *etc.*) una prevalenza della superficie da mantenere a

⁴Come definita nella Premessa.

ceduo, ritenuta complessivamente sostenibile, anche in relazione alla stabilità dei soprassuoli forestali relativamente alle loro caratteristiche compositive e strutturali ed alla capacità di rinnovazione anche ai fini della perpetuazione delle funzioni da essi espletate;

- ii) la decisione da parte dei Compilatori del Piano di assegnare ad una data tipologia colturale una certa superficie come risultato dell'analisi preventiva dei caratteri stazionali (fertilità, pendenza, giacitura, esposizione, *etc.*) dei parametri del soprassuolo (età, sviluppo, composizione specifica, densità, altezza dominante, *etc.*) e della posizione relativa rispetto alla viabilità (servibilità del sito).

Metodi e materiali

Si è condotta un'analisi ecopaesistica transcalare per una sezione di foresta, unità territoriale formalmente definita dal PdG, caratterizzata dalla presenza di formazioni a prevalenza di querce caducifoglie sia allo scopo di verificare l'applicabilità della procedura ad altre sezioni, sia allo scopo di desumere indicazioni integrative e di indirizzo relativamente agli obiettivi generali della gestione forestale nella sezione prescelta.

Tale scelta metodologica è stata operata considerando che:

- a. la elaborazione di un modello teorico analogo a quello proposto nella ricerca di cui al capitolo 2, benché basato su ipotesi adattate al nuovo caso specifico, potrebbe comunque risultare non realizzabile, nel senso che i vari "vincoli" dello scenario, se applicati contemporaneamente, potrebbero avere degli effetti sinergici tali da non consentire di fatto la applicabilità del modello;
- b. non è attualmente disponibile la base cognitiva (banche dati sulla effettiva distribuzione degli organismi animali nei vari habitat e sul successo riproduttivo relativo ad ogni tipo di habitat) necessaria per la progettazione (costruzione, parametrizzazione, validazione, applicazione) di un modello di simulazione spazialmente esplicito e dinamico, rispetto al quale condurre la verifica (valutazione delle implicazioni funzionali per il paesaggio derivanti dalla gestione forestale) e l'analisi delle divergenze dal modello e delle ragioni di tali eventuali divergenze;

- c. esulava dagli scopi del lavoro la costruzione, o comunque il ricorso ad un modello formale di paesaggio (*sensu* BASKENT e KELES 2005) e comunque l'ambiente GIS soddisfaceva le esigenze di organizzazione e computo delle metriche spaziali impiegate (indici di *spatial pattern*).

La scelta di operare su uno spettro di scale territoriali, corrispondenti ad altrettanti livelli della gerarchia della *patchiness* attinente alla gestione forestale rappresenta una scelta di continuità con il lavoro già svolto, in coerenza con l'esigenza di una gestione forestale calibrata su e congruente con le istanze di conservazione emergenti alla scala vasta. Essa consente, d'altra parte, di tenere conto dell'importanza della particella e sottoparticella/superficie di intervento ai fini della selezione dell'habitat da parte degli organismi animali. Tale spettro di scale, come già specificato, definito dai limiti superiore ed inferiore della percezione del paesaggio da parte del tecnico forestale e dalle scale intermedie rispetto a questi, è riferito alla sezione del complesso gestionale e consente di valutare la frammentazione degli habitat. Questo è un carattere di primaria importanza ai fini conservativi. In particolare i livelli gerarchici considerati in questo studio sono quelli: sub-continentale o nazionale, regionale, territoriale, vegetazionale, gestionale, selvicolturale e infra-selvicolturale, cui corrispondono altrettanti livelli di scala, da quelle più piccole (1:1.000.000) a quelle più grandi (1:10.000).

La sezione individuata per la conduzione dello studio è la sezione B del Complesso forestale "Bandite di Follonica", costituita per la maggior parte da formazioni a prevalenza di Cerro, e quindi rappresentativa dei vari tipi colturali indicati.

Anche in questo caso si è fatto ricorso a bioindicatori (uccelli) per tentare di valutare gli effetti indotti dal PdG sulla disponibilità e sulla configurazione spaziale delle risorse per la fauna selvatica (compresi gli ungulati).

Propedeutica rispetto alle analisi e finalizzata all'inquadramento della sezione indicata nel contesto delle scale più piccole e più grandi, è stata la realizzazione di un archivio digitale delle informazioni cartografiche ed alfanumeriche georeferenziate disponibili per la sezione B del Piano di Gestione Forestale 1994-2003 – Complesso Forestale Bandite di Follonica, che è stato denominato Atlante del territorio. Tale documento rappresenta parte integrante del *report* conclusivo del progetto nell'ambito del quale questo lavoro è

stato realizzato ed è ad esso allegato. Nei paragrafi che seguono se ne forniscono pertanto solo dei brevi cenni illustrativi.

Atlante del territorio

I dati cartografici e relativi database alfanumerici utilizzati sono stati⁵:

- Carta Tecnica della Regione Toscana;
- Carta della Vegetazione Forestale della Regione Toscana;
- Carta della Copertura del suolo (*Corine Land Cover*) della Regione Toscana;
- Carta dei Sistemi di Paesaggio della Regione Toscana;
- Carta delle Aree protette della Regione Toscana;
- Carta dei Bacini idrografici *ex lege* 183/89 della Regione Toscana;
- Ortofoto;
- Carta della Viabilità e degli Interventi relativi alla sezione B del Piano di Gestione.

I dati alfanumerici della Carta della viabilità e degli interventi sono stati desunti dalle Descrizioni particellari relative alla sezione B del Piano di Gestione. Essi sono stati associati ai relativi poligoni ottenuti per digitalizzazione dei limiti particellari, sottoparticellari/superfici di intervento.

Per ciascuno strato informativo sono state riportate anche i *metadata*⁶ (o *descrittori dei dati*), che, come è noto, permettono di apprezzare, in maniera per quanto possibile oggettiva, le caratteristiche del dato originale, in modo da valutarne l'applicabilità per gli scopi cui sarebbe destinato. Tali informazioni sono contenute in un apposito database, realizzato in formato Access, consultabile attraverso maschere individuali (schede di documentazione) per ciascuno strato informativo.

Al fine di consentire l'integrazione dell'Atlante del territorio con altri strati informativi provenienti dal SIT della Regione Toscana, la scheda di documentazione è stata realizzata attenendosi fondamentalmente al modello adottato dalla Regione stessa per la docu-

mentazione degli archivi del SIT, a sua volta derivato dallo standard proposto dal *Comité Européen de Normalisation électronique*, CEN/TC287⁷. Pertanto non si è entrati nel merito del dibattito in corso circa la messa punto degli standard cartografici di riferimento (cfr. FAGGIONI e CADONI 2000). Dalla maschera individuale si può accedere, attraverso pulsanti di comando, a maschere di specifica dei singoli attributi relativi al Piano di gestione, nonché al file in formato Excel contenente le tabelle di decodifica dei singoli attributi. Per quanto riguarda le codifiche, si è fatto riferimento a quelle adottate nel SIT, nel Piano di gestione informatizzato (sezioni E F G), e di quello non informatizzato sezione B del Complesso forestale Bandite di Follonica (DREAM Italia 1994).

Analisi transcalare

È stata condotta una analisi diacronica delle patch ai tre livelli gerarchici inferiori (scale più grandi) dello spettro. La selezione dell'habitat da parte degli organismi animali, infatti, implica risposte alla struttura delle patch ad una serie di livelli gerarchici (WIENS 1985; MAIROTA *et al. op.cit.*) e si devono considerare almeno altri due livelli rispetto a quello di interesse (KOTLIAR e WIENS *op.cit.*). In questo caso il livello di interesse è quello della gestione forestale e quelli ausiliari, di dettaglio, i livelli selvicolturale e infra-selvicolturale dal momento che anche la struttura della *patchiness* risultante alle scale più piccole è influenzato dalle variazioni della scala di dettaglio.

Pertanto, facendo riferimento ai dati forniti dalle descrizioni particellari, particolare attenzione è stata posta alla configurazione spaziale delle tipologie di uso del suolo ("formazioni" o superfici di intervento) interne alle singole particelle, individuate anche cartograficamente dal Piano ("Carta della Viabilità e degli Interventi relativi alla sezione B del Piano di Gestione"), che afferiscono alle diverse comprese assestamentali e per le quali sono stati previsti interventi selvicolturali differenziati.

Le soglie temporali scelte per la verifica delle

⁵La Carta Tecnica Regionale 1:10000, le Ortofoto 1:10000, la Carta della Copertura del suolo *Corine Land Cover* 1999, e la Carta della Vegetazione forestale, sono state fornite all'ISSEL dallo Sportello Cartografico Regionale. La Carta delle Aree protette della Regione Toscana, e la Carta dei Bacini idrografici *ex lege* 183/89 della Regione Toscana, sono state acquisite mediante scansione e georeferenziazione delle carte riportate nella pubblicazione di Trevisani, M. 1998 *Verso il Sistema Informativo Territoriale della Regione Toscana*. Dipartimento politiche del territorio, dei trasporti e delle infrastrutture. Gli allegati del Piano di Gestione Forestale "Carta Forestale", "Carta della Viabilità e degli Interventi" e "Descrizioni particellari (sezione B-)" sono stati forniti dalla Comunità Montana delle Colline Metallifere.

⁶Il termine *metadata* è stato coniato negli USA, dove il *Federal Geographic Data Committee* (FGDC, <http://www.fgdc.gov/>) definì uno standard per la descrizione delle banche dati geografiche.

⁷(http://www.rete.toscana.it/sett/pta/cartografia_sit/sit/progetti/cen/inizia.htm)

conseguenze dell'implementazione del PdG sono 1994 (*ex ante*), epoca precedente l'implementazione stessa e coincidente con il momento della descrizione particellare, e il 2042 (*ex post*), epoca in cui secondo le previsioni di piano, dopo la realizzazione degli interventi (entro il 2005) ed un congruo periodo di attesa, si raggiunge la situazione a regime. Si è ipotizzato che tutti gli interventi previsti siano stati realizzati, come risulta dalla corrispondenza intercorsa tra l'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo e la Comunità montana.

Al livello gerarchico inferiore (scala più grande) il complesso forestale in esame si presenta suddiviso (Figura 1) in tante porzioni elementari (*patch*) che corrispondono alle superfici di intervento (interne alle particelle), come cartografate dal PdG (*patch* di primo livello - *patch I, grain*). Le *patch I* sono state individuate sul terreno dagli estensori del PdG in base alle caratteristiche del soprassuolo (attributi) ad una certa scala spaziale che coincide con la *grana*, ossia la scala più grande a cui l'organismo (tecnico forestale o uccello) risponde alla struttura della *patch*. Pertanto, per definizione (KOTLIAR e WIENS *op.cit.*), le *patch I* sono percepite come internamente omogenee rispetto agli attributi. Le *patch I*, che rappresentano le unità statistiche, essendo state individuate con criterio qualitativo si possono considerare indipendenti. Ai fini della verifica della significatività statistica delle differenze rilevabili tra le due situazioni, tuttavia si deve tener conto della non indipendenza (spazio-temporale) dello stato della *iesima patch I* nella situazione *ex post* dal suo stato nella situazione *ex ante*. Ciò evidentemente condiziona l'applicabilità di test di dipendenza tra le variabili che potrebbe essere fuorviante.

Tra gli attributi impiegati nel PdG per la descrizione

Tabella 1 – Codifica dei tipi di struttura.
Key to structure types.

codice	forma di governo	descrizione
C1	ceduo	a regime
C2	ceduo	invecchiato
C3	ceduo	degradato
F1	fustaia	novelletto (origine naturale)
F2	fustaia	posticcia (origine artificiale)
F3	fustaia	perticaia
F4	fustaia	adulta
F5	fustaia	matura
F6	fustaia	stramatura
M1	(macchia)	bassa
M2	(macchia)	alta
M3	(macchia)	foresta

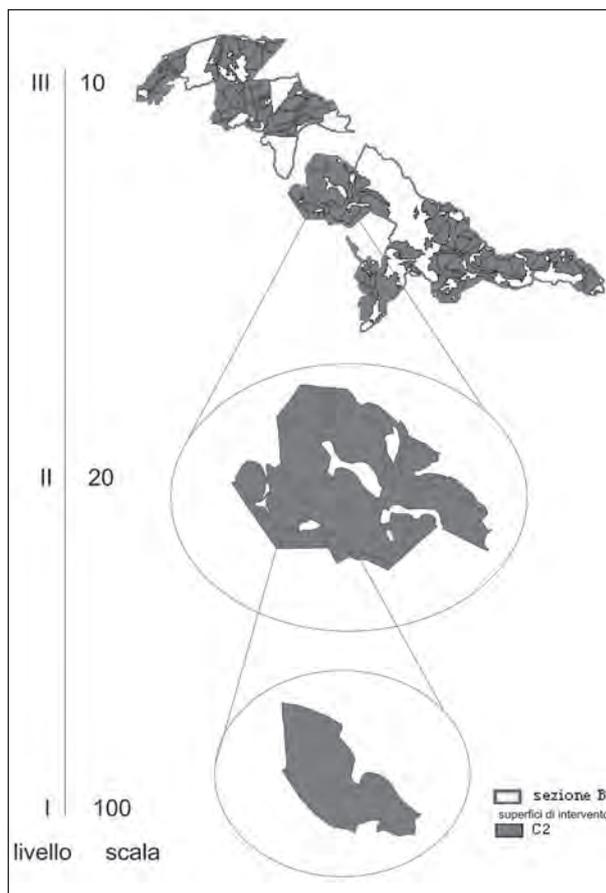


Figura 1 - Struttura gerarchica delle patch e limiti grana-estensione per la sezione B del Piano di gestione forestale. Sono rappresentati o tre livelli gerarchici inferiori innestati. Hierarchical patch structure and grain-extent ranges for the section B of the forest management plan. Three nested levels within patch hierarchy are represented.

delle particelle e quindi delle *patch I*, in relazione ai criteri di selezione dell'habitat da parte degli uccelli, sono stati scelti il "tipo di struttura" (*TS*), il "tipo di formazione" (*TF*) e l'età (*E*). Per "tipo di struttura" (C1, C2, F2, F3, F4, F5 - Tabella 1), il PdG intende raggruppamenti costituiti con criteri diversi a seconda del tipo di bosco, gli stadi evolutivi, gli aspetti fisiologici e le strutture derivanti da scelte di gestione, ed in particolare: l'età nel caso del ceduo, la statura nel caso della macchia e gli stadi di sviluppo nel caso delle fustaie. Nel PdG le classi d'età (Tabella 2) hanno un'ampiezza compresa tra i 5 ($class_{età} 1$ e 2) e 10 anni ($class_{età} 3-11$) o includono tratti di bosco per i quali non è possibile definire l'età ($class_{età} 12$). Ai fini del presente studio è stata considerata l'età di ogni singola *patch I* e a quelle ricadenti nella classe 12 è stata attribuita l'età di 150 anni nella situazione di partenza. Per "tipo di formazione" ($class_{TF}$) si intende l'uso del

Tabella 2 – Codifica delle classi di età.
Key to age classes.

codice	descrizione
1	1 - 5
2	6 - 10
3	11 - 20
4	21 - 30
5	31 - 40
6	41 - 50
7	51 - 60
8	61 - 80
9	81 - 100
10	101 - 120
11	>121
12	indeterminata.

suolo (Tabella 3).

Le *patch* I possono essere classificate secondo gli attributi indicati e cioè per “tipo di struttura” ($class_{TS}$), “età” ($class_E$), “tipi di formazione” ($class_{TF}$). Per ogni attributo, *patch* I appartenenti ad una stessa classe, nello spazio, formano dei *cluster*. Con l’applicazione del PdG le *patch* I non cambiano né forma né dimensione. Cambia invece la loro aggregazione in *cluster*, e la forma e la dimensione dei *cluster*.

Ogni *cluster* può essere a sua volta considerato come una *patch* (*patch* di secondo livello, *patch* II).

Ad una scala ancora più piccola (rapporto di scala spaziale più grande), l’insieme delle *patch* II di una data classe coincide con una porzione del *landscape* (livello III). Nell’ambito di questo livello di scala, l’eterogeneità è determinata dalla distribuzione dei “tipi di formazioni” (ossia gli usi del suolo) e dalla distribuzione delle età nell’ambito di ciascun insieme di *cluster* di una classe.

Il *landscape* (alla stessa scala) quindi è dato dall’insieme degli insiemi di *patch* II. Nell’ambito dello spettro di scale spaziali che individuano la gerarchia inclusiva della *patchiness* della gestione forestale, il *landscape* così definito rappresenta un livello intermedio tra la estensione (la scala più piccola dell’eterogeneità a cui un organismo risponde) e la grana. Ad esso (che corrisponde quindi al complesso gestionale) attengono due livelli di *patchiness*, quello delle *patch* I (che determina eterogeneità al II livello) e quello delle *patch* II. L’eterogeneità a questo livello è determinata dal grado di aggregazione e contrasto tra le *patch* di II ordine.

Per cercare di apprezzare i cambiamenti del *landscape* nel suo complesso derivanti dall’applicazione del PdG, sono stati considerati dapprima i dati al livello di *patch* I nel loro insieme e quindi stratificandoli per tipo di struttura, età e tipo di formazione, ma senza riferimento ai cluster spaziali. Successivamente è stata

presa un considerazione anche l’informazione geografica sulla prossimità delle osservazioni e sono quindi state individuate le *patch* II, analizzate singolarmente e nel loro complesso relativamente a ciascuna classe. Infine sono stati esaminati gli effetti del cambiamento sull’eterogeneità a livello del complesso gestionale.

Il primo livello della gerarchia della *patchiness* (*patch* I, *grains*) è stato usato per analisi al *class* e *landscape level* (*sensu* McGARIGAL *et al.* 2002) mediante il ricorso a statistiche descrittive e rappresentazioni grafiche idonee a tener conto della non normalità delle distribuzioni, quali la mediana e la differenza interquartile (IQR) per la valutazione della posizione e della variabilità interna di ciascuna popolazione di dati.

Le metriche utilizzate per i confronti sono state quelle relative alla numerosità ed alla dimensione delle *patch* quali l’estensione di ciascuna *patch* I (PA) l’estensione totale di ciascuna *class* (CA) e l’estensione totale del *landscape* (TA), la proporzione (in percentuale) di *landscape* occupato da ciascuna classe (PLAND), il numero di *patch* (NP), un indice di dominanza (*largest patch index* LPI) e la dimensione media (mediana) delle *patch*. La scelta di questi indici rispetto all’intero arsenale proposto da McGARIGAL *et al. op cit.* e disponibile attraverso FRAGSTATS, deriva dalla necessità, per gli scopi del lavoro, di seleziona-

Tabella 3 - Elenco dei tipi di formazione/uso del suolo della sezione B e relativa codifica Corine Land Cover V livello per la Toscana.
Land use types and Corine Land Cover codes V level for Toscana region.

codice	descrizione
11200	Tessuto urbano discontinuo
13100	Aree estrattive
21000	Seminativo semplice asciutto
41200	Noceto
51111	Fustaia di douglasia
51120	Fustaia di pino nero
51129	Fustaia di pino insigne
51147	Fustaia di conifere varie
51251	Fustaia di castagno
51299	Fustaia di latifoglie varie
51349	Fustaia conifere e latifoglie
52051	Ceduo di castagno
52054	Ceduo di cerro
52080	Ceduo di carpino
52099	Ceduo di latifoglie varie
53154	F.trans. di cerro
53251	Ceduo invecchiato di castagno
53254	Ceduo invecchiato di cerro
53257	Ceduo invecchiato di leccio
53280	Ceduo invecchiato di carpino
53299	Ceduo invecchiato di latifoglie
56100	Viale parafuoco
61100	Pascolo nudo
65200	Prato stabile
70300	Arbusteto

re indici di relativamente semplice quantificazione e che possano restituire informazioni sensibili circa le possibili connessioni tra configurazione del paesaggio e mantenimento della biodiversità in termini di disponibilità e qualità di habitat (*sensu* Direttiva 92/43/CE, art. 6). Riguardo agli indici selezionati si può dire, a fronte di una letteratura ormai molto consistente (per una rassegna si veda FORMAN 1995, MCGARIGAL *et al. op.cit.*), che la distribuzione di molte specie animali e la possibilità di sopravvivenza per le loro popolazioni è legata sia ad una disponibilità minima di habitat sia ad una dimensione minima di *patch* dello stesso habitat. Queste specie in letteratura vengono indicate come *area sensitive* o *area limited species* (CARIGNAN e VILLARD 2002). Quanto alla confrontabilità statistica delle differenze tra i valori degli indici nelle due situazioni, oltre a quanto già osservato relativamente alle caratteristiche di non indipendenza spazio-temporale delle unità statistiche, si ricorda che questo è un problema aperto (cfr. REMMEL e CSILLAG 2003) dal momento che le distribuzioni degli indici di *landscape pattern* non sono conosciute.

Per i confronti (bivariati) tra una variabile qualitativa (TS o TF) ed una quantitativa (PA, CA, E), si è fatto ricorso anche alla tecnica della matrice di cambiamento (FORMAN e GODRON *op.cit.*); a una metrica idonea a descriverne quantitativamente la composizione in termini di diversità (indice di SHANNON) e alla curva di importanza diversità che permette di valutare entrambe le componenti della diversità (*richness* e *evenness*) (cfr. ODUM 1983; WHITTAKER 1965; PIANKA 1978). Questi ultimi strumenti di analisi, come noto, tipicamente si usano per i confronti quantitativi tra situazioni diverse o tra tempi diversi della stessa situazione. In particolare la matrice di cambiamento e la curva di importanza diversità permettono di confrontare in termini quantitativi due (o più) condizioni di composizione e abbondanza relativa delle varie categorie, di uno stesso tratto di territorio in tempi differenti (*ex ante* e *ex post* rispetto all'applicazione del PdG), ma anche e soprattutto di verificare le direzioni del cambiamento.

La individuazione del secondo livello della gerarchia della *patchiness* (*patch* II) è servita a tener conto dei rapporti spaziali tra le *patch* I di una stessa classe (*cluster* di *patch* I) e i *cluster* di una stessa classe. Se si

considera ogni *cluster* di ciascuna categoria come una *patch* (*sensu* MCGARIGAL *et al. op.cit.*), questo livello può essere usato per analisi di *class* e *landscape level* (*sensu* MCGARIGAL *et al. op.cit.*) per ognuna delle categorie (nel caso in esame: tipi di struttura). Come tale è stato trattato mediante l'impiego sia di delle stesse metriche (numerosità, dimensione, LPI delle *patch* II) sia di metriche idonee alla quantificazione di aspetti relativi alla configurazione spaziale, quali l'indice K di BOSCH (1978, in FORMAN *op.cit.*) che fornisce indicazioni circa la compattezza della forma delle *patch*, e l'indice di CLARK e EVANS (1954) che confronta la distribuzione osservata con quella attesa teoricamente (distribuzione di POISSON). Riguardo a questo indice si ricorda che gli stessi MCGARIGAL *et al. (op.cit.)* lo indicano come alternativa alla *nearest neighbour analysis* per lo studio della dispersione.

Al questo stesso livello, considerando che le *patch* II sono omogenee rispetto al tipo di struttura delle *patch* I che le compongono, ma non lo sono affatto in termini di tipo di formazione ed età, per ciascun insieme di *patch* II, per ciascun tipo di struttura, è stato calcolato un descrittore di omogeneità/eterogeneità in termini di età delle strutture e di tipo di formazione. In particolare, si è fatto ricorso all'indice di distribuzione dei tipi di formazione (A), che esprime la diversità nell'ambito di ciascun tipo di struttura, è stato calcolato secondo il procedimento dell'indice di PRETZSCH (1996, in PIGNATTI 1998) riferito alle *patch* di II ordine (valori normalizzati delle superfici delle *patch* di I ordine classificate per tipo di formazione, incluse in ciascuna *patch* di II ordine).

Ancora a questo livello l'insieme dei *cluster* di ciascuna categoria è stato considerato come una porzione di paesaggio e per il loro complesso è stato computato l'*average segment length* (ASL) proposto da FORMAN (*op.cit.*)⁸ e buon indicatore di contrasto.

Le stesse metriche e gli indici (tranne A) sono stati computati al livello III sull'insieme di tutte le *patch* II. Per l'indice R è stata calcolata la media aritmetica sui valori ottenuti al *class level*.

Bioindicatori

Gli effetti probabili sulla disponibilità di habitat sono stati valutati relativamente alle preferenze ed alle modalità di utilizzo delle "formazioni" presenti da

⁸In questo caso sono stati calcolati la media aritmetica, la deviazione standard e il coefficiente di variazione anziché la mediana e l'IQR per attenersi alla formulazione originale di questo indice.

Tabella 4 - Set di specie di uccelli scelte come bioindicatori e relative categorie ecologiche.
Set of bird species selected as bioindicators and relevant ecological category.

	Area limited	Resource limited
Migratore a lungo raggio	<i>Circaetus gallicus</i> (Biancone) <i>Pernis apivorus</i> (Falco pecchiaiolo)	<i>Caprimulgus europaeus</i> (Succiacapre) <i>Sylvia cantillans</i> (Sterpazzolina)
Sedentario	<i>Falco tinnunculus</i> (Gheppio) <i>Strix aluco</i> (Allocco)	<i>Picoides major</i> (Picchio rosso maggiore) <i>Parus palustris</i> (Cincia bigia)

parte di un *set* di specie ornitiche specializzate per, o altrimenti dipendenti, dagli ambienti forestali, delle quali sia possibile documentare o inferire la presenza nell'area di studio.

Per continuità con il lavoro già svolto, sono state prese in considerazione oltre alle specie già utilizzate, altre quattro specie, per un totale di otto specie di uccelli (Tabella 4).

Alcune di queste specie (Biancone, Falco pecchiaiolo e Succiacapre) sono considerate di interesse per la conservazione a livello di Unione Europea (Direttiva 79/409 "Uccelli", all. 1); a livello nazionale (LIPU e WWF 1999), il Biancone è considerato "specie in pericolo", il Falco pecchiaiolo "specie vulnerabile" ed il Succiacapre "specie a più basso rischio". Il Gheppio, infine, è inserito nella Lista Rossa degli uccelli nidificanti in Toscana (SPOSIMO e TELLINI 1995), come specie "mediamente vulnerabile". Tra le specie prescelte, quattro sono classificabili come *area limited* e quattro come *resource limited* (CARIGNAN e VILLARD *op.cit.*). Le informazioni per l'assegnazione delle specie a queste categorie ecologiche sono state desunte dalla letteratura scientifica locale (TELLINI FLORENZANO *et al.* 1997) e generale (HAGEMELJER e BLAIR 1997). A loro volta, le specie dei due gruppi sono state differenziate per coppie in base alla modalità di presenza sul territorio, essendo una formata da specie migratrici a lungo raggio, e l'altra da specie considerabili sedentarie (cfr. MACCHIO *et al.* 1999).

A partire dalle conoscenze disponibili per l'area di studio (TELLINI FLORENZANO *op.cit.*), relativamente alle preferenze ambientali delle varie specie, sono state costruite due tabelle di necessità di habitat, l'una relativa alla scelta del sito riproduttivo (*breeding*) e l'altra relativa alle esigenze trofiche, ovvero alla scelta dell'habitat di foraggiamento, sempre durante la riproduzione (*feeding*) (NEAVE *et al.* 2000) e sono state desunte le necessità di habitat in termini di tipi di struttura della vegetazione (C1, C2, F2, F3, F4, F5) (Tabelle 5 e 6). A partire da queste informazioni è stata calcolata la disponibilità di habitat ("tipo di formazione" x "tipo di struttura") nei due momenti

considerati.

Sebbene sia noto che la presenza di una specie in una porzione di spazio dipende quasi sempre da interrelazioni complesse tra i diversi livelli gerarchici di organizzazione del paesaggio (cfr. GUISAN e ZIMMERMANN 2000; LEHMANN *et al.* 2002; RUSHTON *et al.* 2004), si è ritenuto di poter procedere a queste assegnazioni in considerazione del livello di conoscenza locale della distribuzione e dell'ecologia delle specie prescelte. In particolare per lo scenario futuro è stato considerato che entrino in gioco solo fattori di tipo locale (essenzialmente le scelte del PdG), non potendo tener conto di altri fattori (modificazioni climatiche, modificazioni

Tabella 5 - Necessità di habitat nella fase fenologica riproduttiva (breeding and nesting) tra quelli presenti nella sezione B del Piano di Gestione.
Habitat needs in the reproductive (breeding and nesting) phenologic phase among those of section B of the management plan.

codice e descrizione (corine land cover toscana V livello)	uccelli								mammiferi	
	resource limited				area limited				unguati	
	migratore	non migratore	migratore	non migratore						
specie	<i>Caprimulgus europaeus</i>	<i>Sylvia cantillans</i>	<i>Picoides major</i>	<i>Parus pallasi</i>	<i>Circus gallicus</i>	<i>Pernis apivorus</i>	<i>Falco tinnunculus</i>	<i>Strix aluco</i>	<i>Capreolus capreolus</i>	<i>Canis canis</i>
11200 Tessuto urbano discontinuo	*	*					*	*		
13100 Area estrattive	*	*					*	*		
21000 Seminativo semplice asciutto							*			
41200 Noceto							*	*	*	*
51111 Fustaia di douglasie						*	*	*	*	*
51120 Fustaia di pino nero	*	*	*				*	*	*	*
51129 Fustaia di pino insignie						*				
51147 Fustaia di conifere varie						*			*	*
51251 Fustaia di castagno	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
51299 Fustaia di latifoglie varie			*	*	*	*	*	*	*	*
51348 Fustaia conifere e latifoglie			*	*	*	*	*	*	*	*
52051 Ceduo di castagno			*	*	*	*	*	*	*	*
52054 Ceduo di cerro	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
52080 Ceduo di carpino			*	*	*	*	*	*	*	*
52099 Ceduo di latif. varie			*	*	*	*	*	*	*	*
52154 F. trans. di cerro	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
52251 Ceduo inv. di castagno	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
52254 Ceduo inv. di cerro	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
52280 Ceduo inv. di carpino	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
52299 Ceduo inv. di latifoglie	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
56100 Viale parafuoco	*	*					*			
61100 Passolo nudo	*						*			
65200 Prato stabile							*		*	*
70300 Artuseto	*	*					*		*	*

Tabella 6 - Necessità di habitat trofici (feeding) tra quelli presenti nella sezione B del Piano di Gestione.
Feeding habitat among those of section B of the management plan.

categoria	specie	uccelli						mammiferi		
		resource limited			area limited			ungulati		
		migratore	non	migratore	non					
		<i>Caprimulgus europaeus</i>	<i>Sylvia caesia</i>	<i>Prionoxystus major</i>	<i>Parus palustris</i>	<i>Circus hudsonius</i>	<i>Perisoreus inornatus</i>	<i>Sitta alba</i>	<i>Capreolus capreolus</i>	<i>Dama dama</i>
codice di descrizione corine land cover toscana V livello		habitat necessari								
11200	Tessuto urbano discontinuo									
13100	Aree estrattive	*	*			*	*	*	*	*
21000	Seminativi semplici asciutti	*				*	*	*	*	*
41200	Noneto									
51111	Fustaia di douglasia	*				*	*	*	*	*
51120	Fustaia di pino nero	*	*	*		*	*	*	*	*
51129	Fustaia di pino mugo	*				*	*	*	*	*
51147	Fustaia di conifere varie	*	*	*		*	*	*	*	*
51251	Fustaia di castagno	*	*	*		*	*	*	*	*
51299	Fustaia di latifoglie varie	*	*	*		*	*	*	*	*
51349	Fustaia conifere e latifoglie	*	*	*		*	*	*	*	*
52051	Ceduo di castagne	*	*	*		*	*	*	*	*
52054	Ceduo di cerro	*	*	*		*	*	*	*	*
52080	Ceduo di carpino	*	*	*		*	*	*	*	*
52089	Ceduo di latif. varie	*	*	*		*	*	*	*	*
53154	F. trans. di cerro	*	*	*		*	*	*	*	*
53251	Ceduo inv. di castagno	*	*	*		*	*	*	*	*
53254	Ceduo inv. di pino	*	*	*		*	*	*	*	*
53280	Ceduo inv. di carpino	*	*	*		*	*	*	*	*
53299	Ceduo inv. di latifoglie	*	*	*		*	*	*	*	*
56100	Vite parafuoco	*	*	*		*	*	*	*	*
61100	Pascolo nudo	*				*	*	*	*	*
65200	Prato stabile	*				*	*	*	*	*
70300	Arbusteto	*	*	*		*	*	*	*	*

della copertura del suolo nelle aree circostanti il complesso di gestione *etc.*).

Inoltre sono state considerate anche due specie di ungulati oggi diffuse nell'area di studio (PEDROTTI *et al.* 2001) capriolo (*Capreolus capreolus*) e daino (*Dama dama*), anche in funzione del loro impatto sui sistemi forestali, le cui necessità di habitat in termini di uso del suolo, sono indicate nelle Tabelle 5 e 6.

Risultati

Atlante del territorio

Gli strati informativi (tematismi) ottenuti sono stati organizzati in 8 *view*, nell'ambito di un file *.apr. Queste si riferiscono alle principali questioni conoscitive/analitico/gestionali da affrontare ai fini del progetto, nonché funzionali all'elaborazione della revisione del Piano di gestione. Le *view* sono brevemente descritte nella Tabella 7. Alcune di esse sono rappresentate nelle Tavole 6-10 (in allegato). Le *view* (3-7), in particolare consentono di apprezzare il contesto della Sezione B ai livelli regionale, territoriale, vegetazionale, gestionale, selvicolturale e infra-selvicolturale, attraverso il passaggio dalle scale più piccole (1:1.000.000) a

scale grandi (1:10.000), con riferimento al *set* di scale individuato (MAIROTA *et al.* 2002) per la descrizione della gerarchia della *patchiness* attinente alla gestione forestale (Tavola 1 in allegato).

Analisi transcalare

L'analisi al *landscape level* svolta computando le metriche e gli indici sull'insieme delle *patch* I, senza riferimento alle classi, nelle due situazioni *ex ante* ed *ex post* rispetto all'applicazione del PdG, suggerirebbe che l'applicazione del piano non determini effetti sulla struttura del paesaggio in quanto non si rileva alcun cambiamento nei valori assunti dagli indici TA, NP e LPI. Ciò è dovuto al fatto che il PdG non determina né perdite né aumenti della superficie totale e del numero di *patch* I, ma solo spostamenti di queste da una classe all'altra.

L'applicazione del PdG, tuttavia, agisce sulle *patch* I determinando cambiamenti del "tipo di struttura": *patch* di I ordine con un dato "tipo di struttura" vengono "reclutate", per effetto degli interventi e/o del trascorrere del tempo, in altri "tipi di struttura". Quindi i cambiamenti possono essere evidenziati mediante l'integrazione dei dati elementari delle *patch* I al *class level*. Le *class* (*sensu* MCGARIGAL *et al. op. cit.*) sono costituite dall'insieme delle *patch* I appartenenti a ciascuna categoria di "tipo di struttura". Pur se le *patch* I classificate come altre superfici (AS) non sono coinvolte nella dinamica né in termini areali, né in termini di numerosità, esse sono state considerate nelle elaborazioni in quanto, non essendo caratterizzate da vegetazione a bosco, rivestono un ruolo imprescindibile per lo svolgimento delle attività trofiche e riproduttive di molte specie della fauna selvatica, e quindi nella funzionalità del paesaggio. La loro distribuzione in categorie di uso del suolo, in termini di estensione e di numerosità delle *patch*, è illustrata nella Figura 2.

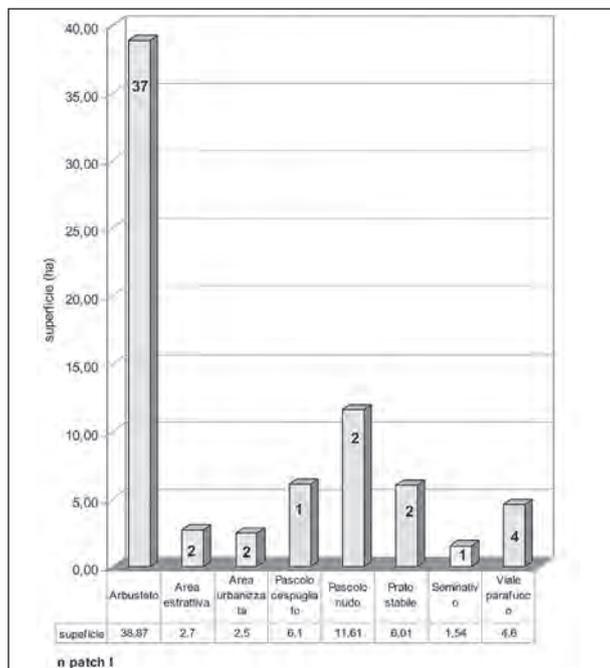
Quando si considera la numerosità delle *patch* I, ricordando che il loro numero complessivo rimane costante nel tempo, con l'applicazione del PdG ci si aspettava una variazione a livello di numerosità delle *patch* I delle varie *class*. La mediana del numero di *patch* per categoria di tipo di struttura ($class_{TS}$), computata quindi al *landscape level*, risulta maggiore (38) rispetto alla situazione *ex ante* (26). I valori dell'IQR (IQR_{exante} 38,0, IQR_{expost} 64,5) indicano una ridistribuzione del numero di *patch* I nell'ambito delle $class_{TS}$ nel senso di una aumento della variabilità in termini

Tabella 7 -Organizzazione dell'Atlante del territorio.
Atlas of the territory organisation.

questioni e view	fonte dei dati	strati informativi	note	tavole e figure di riferimento
1 base cartografica	ctr	confini comunali punti noti punti quota urbanizzato puntuale entità puntuali archi viari archi idrici curve di livello entità lineari aree urbanizzate aree idriche aree di isolato entità areali	strati informativi desunti dalla mosaicoltura (ottenuta mediante una procedura di merge delle coperture omologhe in cui è articolata ciascuna sezione sezione CTR) delle sezioni CTR nel cui ambito ricade il complesso gestionale studiato contiene anche il mosaico delle ortofoto e la Carta della viabilità e degli Interventi del Piano di gestione.	
	ortofoto	306080, 306070, 306040, 306030		
2 inquadramento amministrativo	carta forestale pdg	carta viabilità e interventi particellare	localizzazione del complesso gestionale studiato rispetto agli ambiti amministrativi (nazionale, regionale, provinciale, comunale, comunità montana)	tavola 1
	carta tipi forestali corine land cover sit regione toscana	tipi forestali comuni_limiti amministrativi province toscana		
3 inquadramento regionale	pdg sit regione toscana	particellare_sottoparticelle regione toscana	evidenzia la localizzazione della Sezione B e delle altre sezioni del piano di gestione considerate nelle ricerche di cui ai capitoli precedenti, rispetto ai bacini idrografici regionali, ai parchi nazionali, alle aree protette regionali, ai pSIC del Progetto Natura 2000	tavola 1 figura 2
	pdg sit regione toscana	sezioni efg parchi_nazionali aree_protette_regionali bioitaly bacini_183_line idrografia toscana	(scala di possibile utilizzo 1:1.000.000 e minori)	
4 inquadramento territoriale	corine land cover	comuni_limiti amministrativi	insieme dei territori dei comuni interessati dalla Comunità montana delle Colline Metallifere e localizzazione del complesso gestionale studiato rispetto alla classificazione del territorio regionale in sistemi di paesaggio (scala di possibile utilizzo 1:250.000-1:100.000)	tavola 1 tavola 6 (riquadro)
	carta tipi forestali sit regione toscana pdg sit regione toscana	area-cm-metallifere province toscana particellare pistemi paesaggio		
5 inquadramento vegetazionale	pdg	particellare	evidenzia il contesto della copertura del suolo e delle tipologie forestali in cui è inserito il complesso forestale studiato (scala di possibile utilizzo 1:100.000-1:70.000)	
	corine_metallifere	comuni_limiti amministrativi copertura del suolo		tavola 1 -tavola 6
	carta tipi forestali pdg	tipi forestali particellare_dati stazionali particellare_dati stazionali_formazioni culturali	evidenzia la distribuzione spaziale dei tipi di struttura e dei tipi di formazioni del complesso forestale studiato e consente di apprezzare il grado di contrasto interno della matrice forestale (scala di possibile utilizzo 1:50.000-1:10.000)	tavola 7 tavola 1 tavola 8 tavola 9
	ctr	archi idrici curve di livello		
	carta forestale	carta viabilità e interventi		

Continua dalla pagina precedente
Continues from previous page

questioni e view	fonte dei dati	strati informativi	note	tavole e figure di riferimento
7 inquadramento selvicolturale	pdg progetto ISSEL ARSIA	particellare_dati stazionali particellare_formazioni colturali particellare_interventi localizzazione aree di saggio	rappresenta, ai livelli selvicolturale e infraselvicolturale, le previsioni del piano di gestione. A partire dai dati di questa view è stato possibile appresentare la dinamica del tipo di struttura secondo le scansioni temporali indicate nel testo. A questa scala sono state anche localizzate nell'ambito delle sottoparticelle, le aree di saggio istituite per le indagini selvicolturali, dendrometriche e floristico-vegetazionali negli altri sottoprogetti della ricerca di cui il presente lavoro fa parte. (scala di possibile utilizzo 1:10.000)	tavola 10
	ctr	archi idrici curve di livello		
	pdg	carta viabilità interventi_1 carta viabilità interventi_2		
	ortofoto	306080, 306070, 306040, 306030		
8 modello digitale del terreno	pdg	particellare_dati stazionali	una rappresentazione tridimensionale della superficie dell'area di interesse per la Sezione B , ottenuta mediante la generazione automatica di una TIN (Triangulated Irregular Network), a partire dalla mosaicatura delle curve di livello delle sezioni di CTR A questo modello digitale del terreno è stata associata la delimitazione dei tre micro-bacini idrografici che interessano il complesso forestale studiato. La delimitazione di tali bacini è stata effettuata con l'ausilio della estensione Basin1 (PETRAS, 2003) scaricabile gratuitamente dal sito ESRI. (scala di possibile utilizzo 1:25.000-1:10.000)	
	basin_delineation	basin05, basin07, basin09 isopise, isoipse_grid		
	ctr	curve di livello archi idrici		



di consistenza numerica.

Sempre al *landscape level*, la matrice di cambiamento (FORMAN e GODRON *op.cit.*) (Tabella 8) permette di apprezzare contemporaneamente le variazioni di importanza relativa di tutte le *class* in termini di NP e, soprattutto i rapporti dinamici diretti tra ognuna delle *class* e le altre.

In particolare attraverso la matrice si evidenzia:

- a) una diminuzione delle *class*_{TS} dovuta alla scomparsa delle *class* F2 (posticcia) e F3 (peticiaia);
- b) il passaggio dalla *class* C2 rispettivamente alla classe C1 ed alla *class* F5 (fustaie mature) del 43,3 e del 33% delle *patch* I;
- c) la consistenza (80,5%) del passaggio alla *class* F5 delle *patch* F3.

Figura 2 - Distribuzione delle "altre superfici" in categorie di uso del suolo (estensione e numerosità delle patch I).
Distribution of "other areas" in landuse types(area and patch I number).

Anche riguardo alla estensione delle $class_{TS}$ in termini assoluti (CA) e relativi di percentuale di paesaggio occupata da ciascuna $class_{TS}$ (PLAND) si evidenzia l'aumento dell'importanza della $class_{TS}$ C1 e di quella F5 (Figura 3). Pur se le mediane delle estensioni delle varie $class_{TS}$ non risultano differenti nelle due situazioni per effetto delle AS, i valori dell'IQR ($IQR_{ex\ ante}$ 76,1; $IQR_{ex\ post}$ 263,9) sembrerebbero indicare un aumento della variabilità (al *landscape level*) in termini di importanza relativa delle varie *class*.

Le ricadute al livello del paesaggio forestale possono essere rappresentate attraverso la matrice di cambiamento (FORMAN e GODRON *op.cit.*) riportata in Tabella 9. Inoltre, l'indice di SHANNON e la curva di importanza/diversità (ottenuti a partire dagli stessi dati) permettono di specificare questo risultato evidenziando come l'aumento di variabilità nella distribuzione delle superfici sia dovuto in effetti ad una riduzione, al *landscape level*, della eterogeneità in termini di importanza relativa per estensione delle varie *class*. Infatti, l'indice di SHANNON, passa da 1,44 della situazione *ex ante* a 1,25 della situazione *ex post*. Tale riduzione è anche evidente dal cambiamento della forma della curva di importanza/diversità. Il confronto tra le curve I/D nelle due situazioni (Figura 4), evidenzia, infatti, come la maggiore eterogeneità (sempre in termini di estensione delle *class*) della situazione *ex ante* fosse determinata, nonostante la componente di dominanza dei cedui invecchiati C2, dalla più equa ripartizione della superficie tra le altre classi, oltre che

Tabella 9 - Matrice di cambiamento della superficie (CA e PLAND) delle classi di tipo di struttura.
 Change matrix of structure type class extension (CA and PLAND).

		ex ante							
ha		C1	C2	F2	F3	F4	F5	AS	Totali
ex post	C1	110,14	1,10			6,20			117,44
	C2	428,49	242,38			97,10			767,97
	F2					12,23			12,23
	F3					9,95	105,78		115,73
	F4					68,77			68,77
	F5					4,30			4,30
	AS							73,93	73,93
Totali		538,63	243,48	0,00	0,00	9,95	294,38	73,93	1160,37
		ex ante							
%		C1	C2	F2	F3	F4	F5	AS	Totali
ex post	C1	93,78	0,94				5,28		100
	C2	55,80	31,56				12,64		100
	F2						100,00		100
	F3					8,60	91,40		100
	F4						100,00		100
	F5						100,00		100
	AS							100,00	100

Tabella 8 - Matrice di cambiamento del numero di patch I per classe di tipo di struttura.
 Change matrix for patch I number by structure type class.

		ex ante							
ex post		C1	C2	F2	F3	F4	F5	AS	Totali
C1		17	2				7		26
C2		68	36				53		157
F2							5		5
F3						7	29		36
F4							6		6
F5							2		2
AS								51	51
Totali		85	38	0	0	7	102	51	283

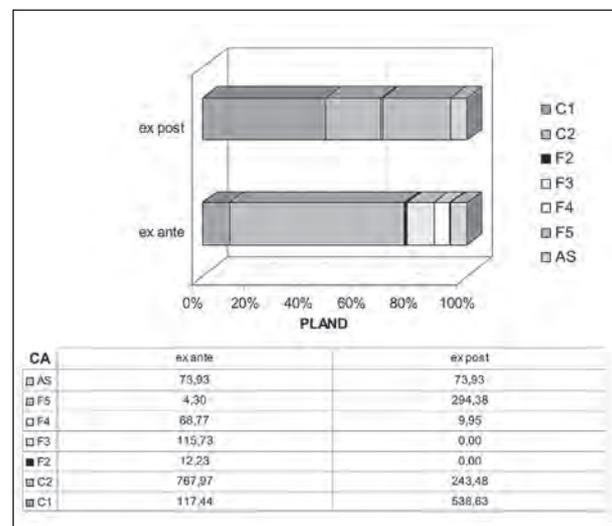


Figura 3 - Variazioni della distribuzione della superficie delle classi tipo di struttura, valori assoluti (CA) e percentuali (PLAND).
 Variation of classes by structure type extension, absolute (CA) and percentage (PLAND) values.

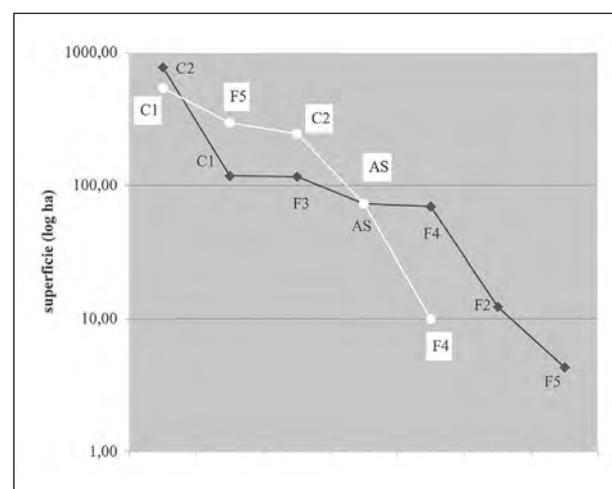


Figura 4 - Curve di importanza-diversità dei tipi di struttura i termini di estensione nella situazione *ex ante* (linea nera) e nella situazione *ex post* (linea bianca).
 Importance-diversity curves for structure type classes by extension *ex ante* (black line) and *ex post* (white line).

dalla maggiore ricchezza di classi. Inoltre le curve I/D, di supporto alla matrice di cambiamento, evidenziano chiaramente il passaggio di rango sia dei cedui a regime (C1) sia delle fustaie (F5) che, insieme ai C2, rappresentano nella situazione *ex post* i principali “tipi di struttura presenti”. In particolare l’aumento netto di C1 dipende dalla ripresa delle ceduzioni in gran parte a carico di C2; quello di F5, oltre che all’avviamento a fustaia di una parte di C1 e C2, è dovuto anche al passaggio a stadi più maturi delle fustaie più giovani, comprese quelle transitorie.

Si nota anche il venir meno della relazione diretta tra numero di *patch* ed estensione della *class* ($r^2_{\text{ex ante}} = 0,93; r^2_{\text{ex post}} = 0,55$), cioè ad un numero di *patch* elevato non corrisponde necessariamente nella situazione *ex post* una elevata estensione della *class*.

Riguardo alla dimensione media delle *patch* I, al *class level* se ne osserva un generale aumento. Unica eccezione è rappresentata dalle fustaie adulte (F4) che oltre a diminuire in termini di numero di *patch* e di superficie, nella situazione *ex post* sono costituite da *patch* di minori dimensioni medie (Figura 5).

Il confronto tra le *class* (integrazione di *class level* al *landscape level*) è possibile attraverso un indice di densità di *patch* per ciascuna classe (espresso dal rapporto tra il numero delle *patch* e l’estensione di ciascuna *class*) che rappresenta il reciproco della dimensione media delle *patch* di quella *class*_{TS}. Tale confronto (Figura 6), che evidenzia la diminuzione del valore mediano da 0,31 a 0,16, conferma, a livello di *landscape*, il risultato al *class level*. Ancora una volta, l’aumento del IQR (IQR_{ex ante} 0,224, IQR_{ex post} 0,440), indica una maggiore variabilità delle densità di *class* tra le *class*.

L’LPI (rapporto tra l’area della *patch* più estesa e la TA) non varia evidentemente al *landscape level* (LPI=3,76), mentre al *class level* (dove LPI è dato dal rapporto tra la *patch* più estesa di ciascuna *class* e la TA) si notano cambiamenti solo per le *class* F4 e F5. La *patch* di maggiori dimensioni dell’intero paesaggio forestale passa (Tabella 10), nella situazione *ex post* dal tipo di struttura delle fustaie adulte (F4) a quello delle fustaie mature (F5), mentre per il tipo strutturale delle fustaie adulte (F4) il valore di questo indice risulta invertito nel passaggio temporale, indicando un drastico abbassamento delle dimensioni delle *patch* di questa *class*.

Le *patch* I possono essere classificate (*patch level*) oltre che secondo il “tipo di struttura”, anche secondo

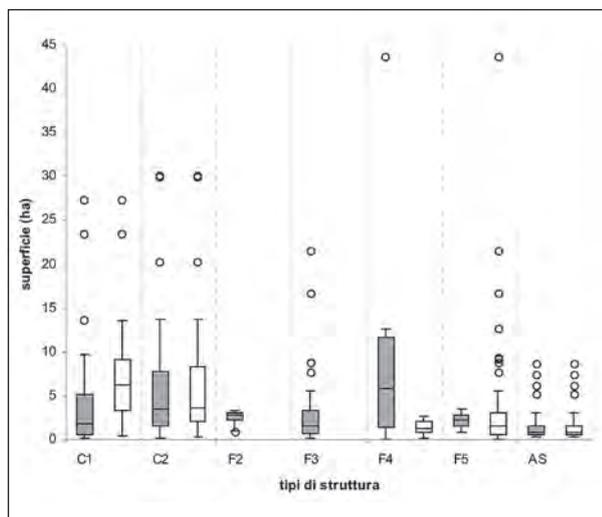


Figura 5 - Boxplot affiancati riferiti ai valori medi (mediana) e di variabilità (IQR) della dimensione delle *patch* I nelle situazioni *ex ante* (grigio) ed *ex post* (bianco) delle classi di tipo di struttura.

Boxplots for mean (median) and variability (IQR) of patch I size ex ante (grey) and ex post (white) by structure type class

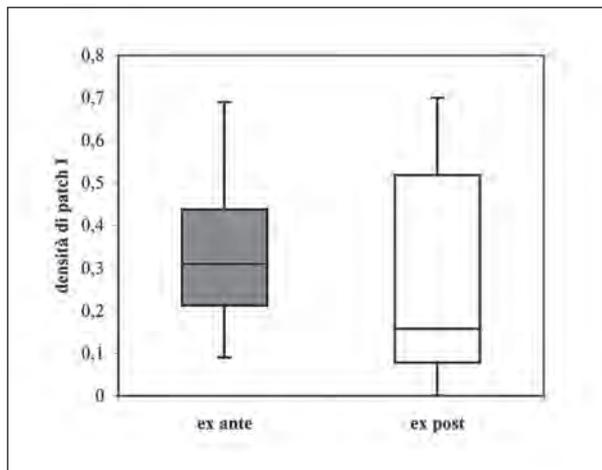


Figura 6 - Boxplot affiancati riferiti ai valori medi (mediana) e di variabilità (IQR) della densità di *patch* I delle classi di tipo strutturale situazioni *ex ante* (grigio) ed *ex post* (bianco). *Boxplots for mean (median) and variability (IQR) of patch I density ex ante (grey) and ex post (white) by structure type class.*

Tabella 10 - Indice di *patch* di maggiori dimensioni (LPI) al *landscape* (corsivo) e al *class level* nelle due situazioni *ex ante* e *ex post* per le classi di tipo di struttura.

Largest patch index (LPI) at both landscape (italic) and class level by structure type class, ex ante and ex post.

<i>class</i> _{TS}	<i>ex ante</i>	<i>ex post</i>
C1	2,35	2,35
C2	2,59	2,59
F2	0,29	0
F3	1,85	0
F4	3,76	0,22
F5	0,29	3,76
AS	0,74	0,74

Tabella 11a - Matrice tipo strutturale-tipo di formazione ex ante - superficie (ha) e (NP).
Structure-land use type ex ante-area and (NP).

	Altre superfici	Castagno da frutto	Ceduo di carpino	Ceduo di castagno	Ceduo di cerro	Ceduo di latifoglie varie	Ceduo invecchiato di carpino	Ceduo invecchiato di castagno	Ceduo invecchiato di cerro	Ceduo invecchiato di cerro e roverella	Ceduo invecchiato di latifoglie	Fustaia di conifera e latifoglie	Fustaia di conifere varie	Fustaia di douglasia	Fustaia di latifoglie varie	Fustaia di pino insignis	Fustaia di pino nano	Fustaia transitoria di cerro	Fustaia transitoria di latifoglie varie	Neocolto	Totali
C1					100,8 (17)	8,24 (6)			8,4 (3)												117,44 (26)
C2			4,7 (2)	0,8 (1)	271,21 (65)	14,47 (2)	52,26 (14)	9,21 (1)	242,31 (51)	6,1 (3)	166,91 (18)										767,97 (157)
F2												2,82 (1)	2,2 (1)			9,88 (2)				3,33 (1)	12,23 (5)
F3												8,52 (2)	41,65 (12)	0,3 (1)	14,39 (5)	10,34 (8)	12,62 (5)	27,91 (3)			115,73 (36)
F4																10,03 (2)	58,74 (4)				88,77 (6)
F5		4,3 (2)																			4,3 (2)
AS	73,93 (51)																				73,93 (51)
Totali	73,93 (51)	4,3 (2)	4,7 (2)	0,8 (1)	372,01 (82)	22,71 (8)	52,26 (14)	9,21 (1)	250,71 (54)	6,1 (3)	166,91 (18)	8,52 (2)	44,47 (13)	2,5 (2)	14,39 (5)	10,34 (8)	26,53 (9)	86,65 (7)	0 (0)	3,33 (1)	1160,37 (283)

Tabella 11b - Matrice tipo strutturale-tipo di formazione ex post - superficie (ha) e (NP).
Structure-land use type ex post-area and (NP).

	Altre superfici	Castagno da frutto	Ceduo di carpino	Ceduo di castagno	Ceduo di cerro	Ceduo di latifoglie varie	Ceduo invecchiato di carpino	Ceduo invecchiato di castagno	Ceduo invecchiato di cerro	Ceduo invecchiato di cerro e roverella	Ceduo invecchiato di latifoglie	Fustaia di conifera e latifoglie	Fustaia di conifere varie	Fustaia di douglasia	Fustaia di latifoglie varie	Fustaia di pino insignis	Fustaia di pino nano	Fustaia transitoria di cerro	Fustaia transitoria di latifoglie varie	Neocolto	Totali
C1			2,7 (1)	0,8 (1)	520,85 (77)	14,28 (6)															538,63 (85)
C2							54,26 (15)	16,28 (4)	6,1 (3)	166,8 (6)											243,44 (28)
F2																					0 (0)
F3																					0 (0)
F4													2,4 (1)		7,55 (6)						9,95 (7)
F5		13,51 (2)										8,52 (2)	42,07 (12)	2,5 (2)	14,39 (5)	2,79 (2)	26,53 (9)	172,24 (62)	12,43 (4)	3,33 (1)	298,31 (102)
AS	73,93 (51)																				73,93 (51)
Totali	73,93 (51)	13,51 (3)	2,7 (1)	0,8 (1)	520,85 (77)	14,28 (8)	0 (0)	54,26 (15)	16,28 (4)	6,1 (3)	166,8 (6)	8,52 (2)	44,47 (13)	2,5 (2)	21,94 (11)	2,79 (2)	26,53 (9)	172,24 (62)	12,43 (4)	3,33 (1)	1160,37 (283)

il “tipo di formazione” e in funzione dell’età e, di conseguenza, ciascun tipo di struttura ($class_{TS}$) si caratterizza ($class_{level}$) per una propria distribuzione delle patch I in termini di “tipo di formazione” e di età.

Relativamente ai tipi di formazioni reclutate in ciascun “tipo di struttura”, sia in termini di NP sia in termini di superficie (Tabella 11a e 11b), la maggior parte dei nuovi cedui a regime, di provenienza C2, risulta derivato dai cedui di cerro e dai cedui invecchiati di cerro, mentre in C2 rimangono prevalentemente i cedui di latifoglie varie, i cedui invecchiati di latifoglie varie e i cedui invecchiati di carpino.

Nelle fustaie mature (F5) invece confluiscono prevalentemente sia le fustaie transitorie già esistenti al momento della implementazione del piano sia quelle derivate dall’avviamento a fustaia dei cedui di cerro, dei cedui invecchiati di cerro, sia quelle di conifere varie.

Per quanto riguarda l’età, prescindendo dalla stratificazione delle patch I in classi di tipo di struttura,

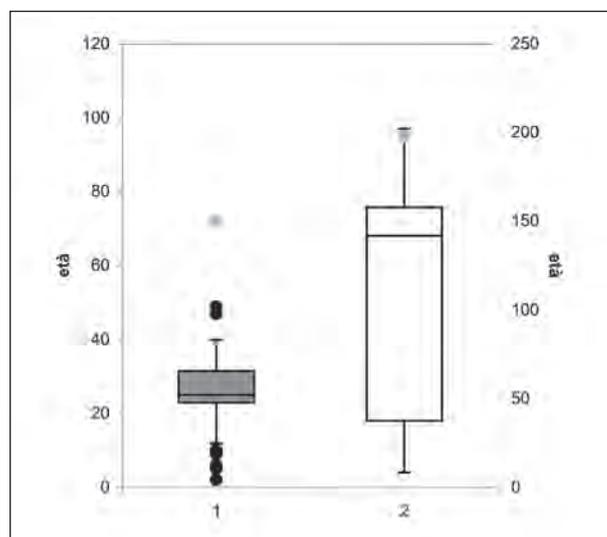


Figura 7 - Boxplot affiancati riferiti ai valori medi (mediana) e di variabilità (IQR) dell’età dei soprassuoli arborei delle patch I nelle situazioni ex ante (grigio) ed ex post (bianco).
Boxplots for mean (median) and variability (IQR) of tree stand age of patch I ex ante (grey) ed ex post (white).

risulta evidente (Figura 7) l'effetto di invecchiamento del PdG sul sistema forestale nel suo complesso (quindi al *landscape level*). Il valore mediano calcolato sulle età di tutte le *patch* forestali passa infatti da 25 a 68, mentre l'aumento del IQR ($IQR_{ex\ ante} = 9$, $IQR_{ex\ post} = 58$) evidenzia una redistribuzione delle *patch* per età nel senso di una maggiore variabilità delle di questo attributo.

Quando si analizza la distribuzione delle *patch* I per classi di età si nota nella situazione *ex ante* una netta prevalenza della classe con valore centrale 25 anni, mentre nella situazione *ex post* la distribuzione si presenta bimodale in corrispondenza del valore centrale di classe 15 anni e 75 anni.

Questa variazione spiega anche che l'effetto di invecchiamento evidenziato sull'insieme delle *patch* è dovuto proprio all'effetto della ripresa delle ceduzioni su una parte delle *patch* e della conversione a fustaia e dell'abbandono colturale di molti cedui sulla restante parte.

Infatti, lo sdoppiamento (Figura 8) della distribuzione delle *patch* per età nella situazione *ex post* è molto evidente anche quando si esamina la relazione tra superficie delle *patch*, età e tipo di struttura (Figure 9a e 9b).

Si riscontra infatti, come confermato anche dal grafico (Figura 10) che mostra, per ciascun tipo di struttura, nelle due situazioni temporali i valori me-

diani e l'IQR, l'abbassamento dell'età nella $class_{TS}$ C1 e l'aumento in quelle C2 (dovuto all'ulteriore invecchiamento dei cedui invecchiati, ammettendo che non si verificano fenomeni di instabilità delle formazioni), F4 e F5. Le fustaie giovani F2 (posticcia) e F3 (per-ticaia), in particolare vengono reclutate nelle fustaie adulte (F4) e mature (F5), nelle quali confluiscono anche le fustaie transitorie derivanti dalla conversione dei cedui C1 e C2.

Al *class level*, cioè tenendo conto della stratificazione in $class_{TS}$, nel caso di C1, cedui a regime, di cui

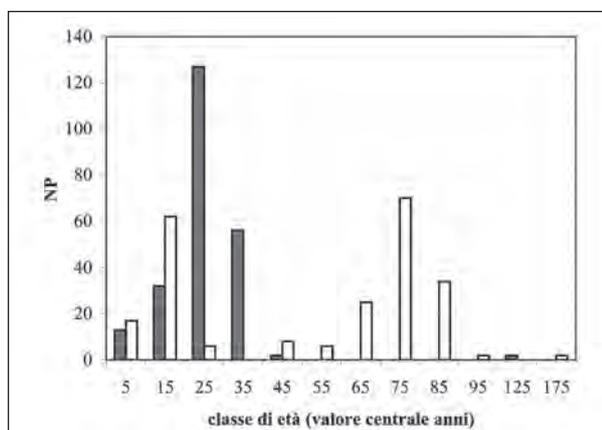


Figura 8 - Distribuzione del numero di patch I nelle classi di età nelle situazioni *ex ante* (grigio) ed *ex post* (bianco).
Distribution of patch I by age class, *ex ante* (grey) and *ex post* (white).

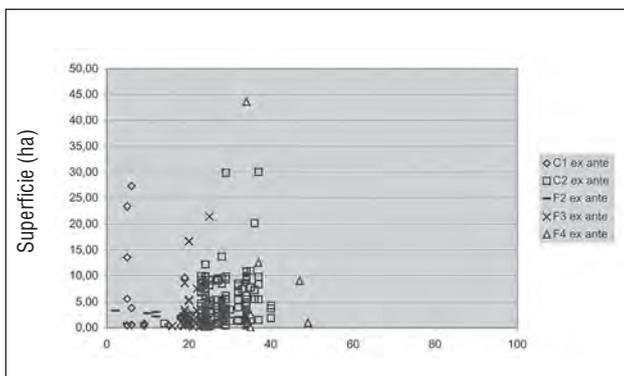


Figura 9a - Relazione tra l'età dei soprassuoli arborei e la dimensione delle patch I per classe di tipo di struttura nella situazione *ex ante*. Per chiarezza di rappresentazione non sono riportati i dati i due dati della classe F5 (età 150; superficie 0,90 e 3,40).

Relationship between tree stand age and patch I size by structure type class, Distribution of patch I by age class, *ex ante*. For legibility data for class F5 are not plotted (age 150; area 0,90 and 3,40).

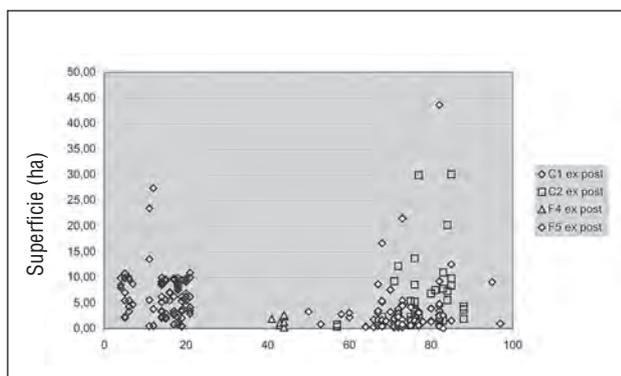


Figura 9b - Relazione tra l'età dei soprassuoli arborei e la dimensione delle patch I per classe di tipo di struttura nella situazione *ex post*. Per chiarezza di rappresentazione non sono riportati i dati i due dati estremi della classe F5 (età 198; superficie 0,90 e 3,40).

Relationship between tree stand age and patch I size by structure type class, Distribution of patch I by age class, *ex post*. For legibility extreme data for class F5 are not plotted (age 198; area 0,90 and 3,40).

⁹Per questa elaborazione le *patch* I sono state riclassificate per classi di età di uguale ampiezza.

entra a far parte anche il 55,80% dei cedui invecchiati, in particolare si evidenzia (Figura 11) la riduzione del numero delle classi di età che da quattro della situazione *ex ante* passano a tre in quella *ex post*, ed in particolare la classe di età 11-20 anni aumenta considerevolmente di importanza assommando il 73% delle *patch* e il 71% della superficie di questa *class_{TS}*. Questo potrà determinare una irregolarità nella ripresa legnosa annua quando i cedui appartenenti a questa classe di età cadranno al taglio; l'anticipo o il ritardo del taglio di alcuni di questi appezzamenti potrà contenere tale irregolarità.

Inoltre, nella situazione *ex ante* si nota la concentrazione delle *patch* I intorno alle classi giovani e per tutti i tipi di struttura la prevalenza di *patch* I di ridotta estensione. Nella situazione *ex post* si evidenzia con chiarezza come le *patch* I di minore estensione si concentrino nelle *class_{TS}* F4 e F5 e diminuisca la variabilità in termini di estensione delle *patch* per la *class_{TS}* C1, mentre in quella C2 tale variabilità aumenti per il confluire in questa classe di *patch* I di dimensioni maggiori.

I cambiamenti evidenziati facendo riferimento ai dati relativi alle *patch* I (*grain*, singole unità elementari), sia nel loro complesso (*landscape level*) sia relativamente alle classi di tipo di struttura, hanno avuto come risultato anche una componente spazialmente esplicita che si manifesta attraverso l'analisi al livello gerarchico superiore (*patch* II).

A questo livello, quando si analizzano i dati per *class_{TS}* (Tabella 12 e Figura 12), marcati appaiono i

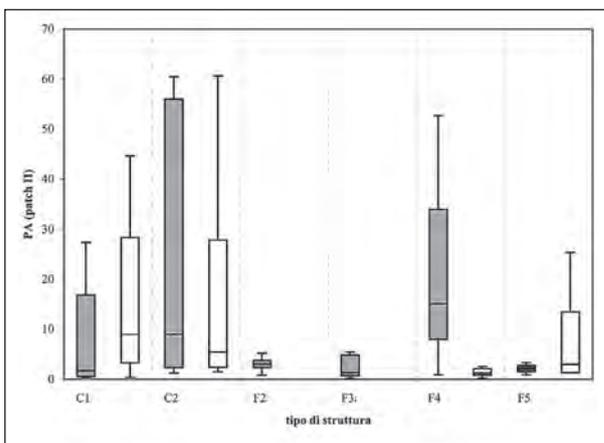


Figura 12 - Boxplot affiancati riferiti ai valori medi (mediana) e di variabilità (IQR) della superficie delle *patch* II per classe di tipo di struttura nelle due situazioni *ex ante* (grigio) ed *ex post* (bianco).
Boxplots for mean (median) and variability (IQR) of patch II size by structure type class, ex ante (grey) and ex post (white).

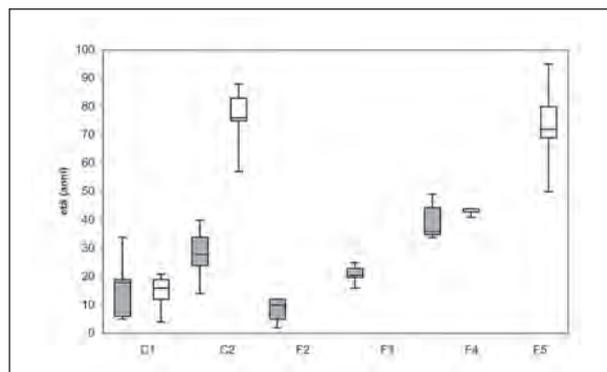


Figura 10 - Boxplot affiancati riferiti ai valori medi (mediana) e di variabilità (IQR) dell'età delle *patch* I per classe di tipo strutturale, nelle due situazioni *ex ante* (grigio) ed *ex post* (bianco).
Boxplots of mean (median) and variability (IQR) of patch I age by structure type, ex ante (grey) and ex post (white).

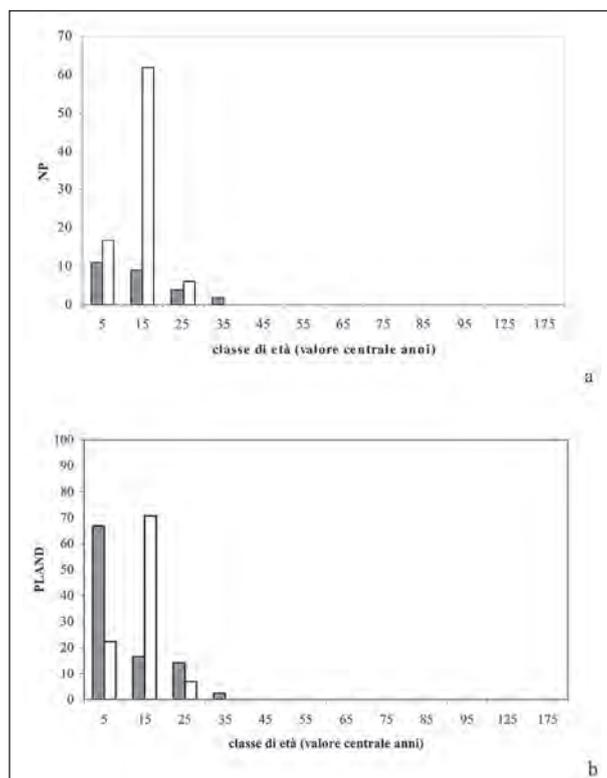


Figura 11 - Distribuzione del numero di *patch* I (a) e della percentuale di superficie (b) della classe di tipo strutturale C1 nelle classi di età nelle situazioni *ex ante* (grigio) ed *ex post* (bianco).
Distribution of patch I (a) and percentage class area (b) by age class, ex ante (grey) and ex post (white).

Tabella 12 - Distribuzione del numero di *patch* II per classe di tipo di struttura nelle due situazioni *ex ante* ed *ex post*.
Distribution of patch II number by structure type class, ex ante and ex post.

	ex ante	ex post
C1	15	21
C2	15	10
F2	4	0
F3	27	0
F4	3	7
F5	2	23
Totale	66	61

cambiamenti dei valori mediani e di IQR per le singole classi, illustrati dalla rappresentazione mediante *boxplot* affiancati relativamente alla estensione delle *patch* II di tipo di struttura ($P_{II,TS}^A$).

In particolare si nota per C1 l'aumento della mediana dell'estensione delle *patch* II che è accompagnato dall'aumento della numerosità delle *patch* II; l'aumento della numerosità (totale e media) delle *patch* di I ordine contenute in quelle di II ordine e la tendenza all'aumento della omogeneità in termini di classi di età delle *patch* di II ordine. Inoltre, per questo tipo di struttura, si fa rilevare come la redistribuzione delle *patch* I porti nella situazione *ex post* a *patch* di II ordine contenenti *grain* con superficie media maggiore.

Per C2 invece si evidenzia sia la diminuzione della estensione mediana sia quella numerosità delle *patch* II, la diminuzione della numerosità (totale e media) delle *patch* I contenute in quelle di II ordine e si conferma l'omogeneità in termini di classi di età delle *patch* di II ordine.

Le *patch* II delle classi F2 e F3 scompaiono, mentre nel caso di F4 si nota la diminuzione della estensione mediana delle *patch* II accompagnata dall'aumento della numerosità delle *patch* II, l'aumento della numerosità (totale e media) delle *patch* di I ordine contenute in quelle di II ordine e si conferma l'omogeneità in termini di classi di età delle *patch* di II ordine.

Infine per F5 si ha l'aumento sia della estensione mediana dell'estensione sia di quella della numerosità (totale e media) delle *patch* I ordine contenute in quelle di II ordine e si conferma l'omogeneità in termini di classi di età delle *patch* II.

A questo livello LPI è dato dal rapporto tra la *patch* II più estesa di ciascuna *class_{TS}* e la TA e si notano (Tabella 13) cambiamenti per le *class* C1, C2, e F5. Il tipo di struttura che nella situazione *ex post* contiene

Tabella 13 - Indice di patch II di maggiori dimensioni (LPIII) al landscape (corsivo) e al class level nelle due situazioni *ex ante* e *ex post* per le classi di tipo di struttura. *Largest patch II index (LPIII) at both landscape (italic) and class level by structure type class, ex ante and ex post.*

	<i>ex ante</i>	<i>ex post</i>
C1	2,51	21,02
C2	22,24	11,04
F2	0,48	0,00
F3	2,58	0,00
F4	0,31	0,24
F5	4,85	12,45

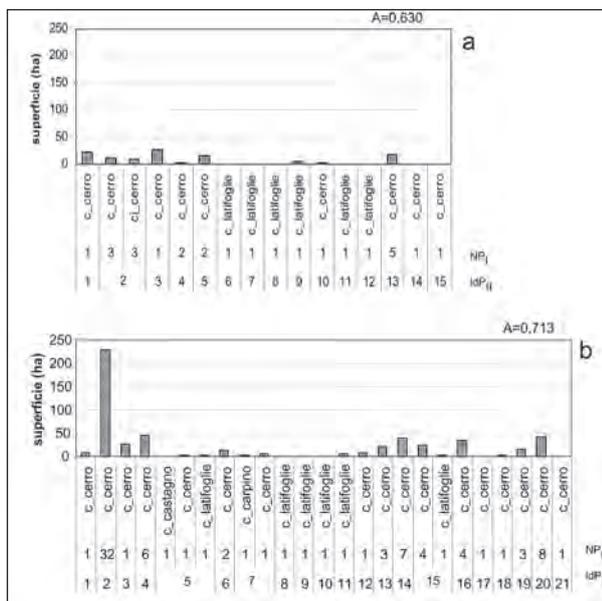


Figura 13 - Distribuzione della superficie delle *patch* II e numero di *patch* I per il tipo di formazione per la *class_{TS}* C1 e indice di distribuzione dei tipi di formazione (A), *ex ante* (a), *ex post* (b). L'identificativo alle *patch* II (*idP_{II}*) è assegnato convenzionalmente; non necessariamente allo stesso id corrisponde la stessa *patch* II nelle due situazioni.

Patch I number and area of each patch II by land use type for class_{TS} F5 and index of distribution of land use types (A), ex ante (a), ex post (b). Id to patch II (idP_{II}) is conventionally assigned; to the same id not always corresponds the same patch in the two situations

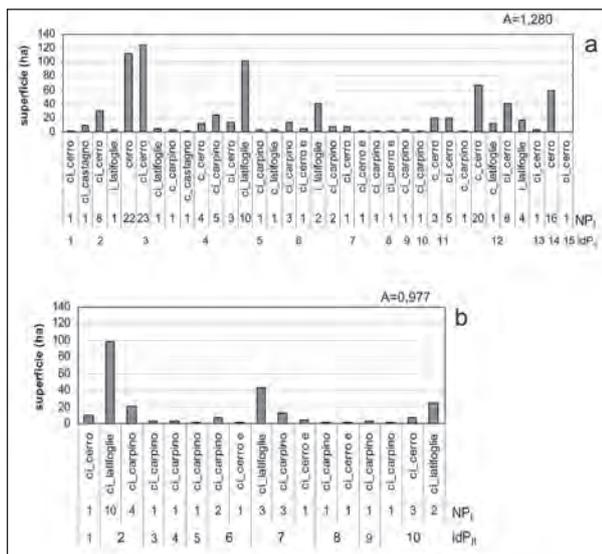


Figura 14 - Distribuzione della superficie delle *patch* II e numero di *patch* I per il tipo di formazione per la *class_{TS}* C2 e indice di distribuzione dei tipi di formazione (A), *ex ante* (a), *ex post* (b). L'identificativo alle *patch* II (*idP_{II}*) è assegnato convenzionalmente; non necessariamente allo stesso id corrisponde la stessa *patch* II nelle due situazioni.

Patch I number and area of each patch II by land use type for class_{TS} F5 and index of distribution of land use types (A), ex ante (a), ex post (b). Id to patch II (idP_{II}) is conventionally assigned; to the same id not always corresponds the same patch in the two situations.

nel numero dei tipi di formazione presenti (pur variando i tipi stessi in quanto secondo le previsioni del PdG le fustaie di Pino insigne saranno sostituite da fustaie di latifoglie varie) potrebbe essere determinata dall'aumento della numerosità delle *patch* II. Per F5 si riscontra una tendenza simile a quella rilevata per C1. In questo caso, l'aumento della variabilità interna deriva evidentemente, sia dall'aumento dei tipi di formazione (dovuta al reclutamento in questo tipo di struttura di molte di quelle indicate come ceduo nella situazione *ex ante* attraverso interventi di avviamento a fustaia) sia dall'aumento dell'incidenza areale di questa classe.

Il valore dell'indice R (Tabella 14), riferito a ciascuno dei tipi di struttura aumenta per C1 denotando una sia pur lieve tendenza alla disaggregazione, per C2 rimane sostanzialmente invariato, mentre la sua diminuzione sia per F4 sia per F5 indica una tendenza all'aggregazione.

L'ASL (calcolato per le *patch* II di ciascuna *class_{TS}*) segnala per le *patch* II C1 ($ALS_{ex\ ante} = 204,01$; $ASL_{ex\ post} = 284,95$) e F5 ($ALS_{ex\ ante} = 96,46$; $ASL_{ex\ post} = 179,32$) un maggior grado di interconnessione nella situazione *ex post* e di maggiore isolamento per quelle C2 ($ALS_{ex\ ante} = 350,78$; $ASL_{ex\ post} = 254,71$) e F4 ($ALS_{ex\ ante} = 297,80$; $ASL_{ex\ post} = 61,07$).

Il valore assunto dall'indice di compattezza della forma (Figura 17) indica il passaggio da forme relativamente più compatte a forme relativamente meno compatte per le *patch* II della classe C1 e soprattutto per quelle della classe F5, nel qual caso ciò trova riscontro nel fatto che la gran parte di queste fustaie hanno una forma allungata e sinuosa essendo derivate dall'avviamento a fustaia di formazioni a ceduo presenti lungo le strade ed i corsi d'acqua. Invariata appare da questo punto di vista la situazione delle *patch* II

Tabella 14 - Indice di aggregazione (R) al *class_{TS}* e al *landscape level* (corsivo), nelle due situazioni *ex ante* ed *ex post*.
*Aggregation index (R) at both *class_{TS}* and *landscape level* (italic), *ex ante* and *ex post*.*

<i>class_{TS}</i>	<i>ex ante</i>	<i>ex post</i>
C1	0,619	0,834
C2	0,753	0,767
F2	0,835	0,000
F3	0,503	0,000
F4	1,210	0,248
F5	1,748	0,616
AS	0,630	0,630
media	0,900	0,442
deviazione standard	0,438	0,354
CV	48,666	80,130

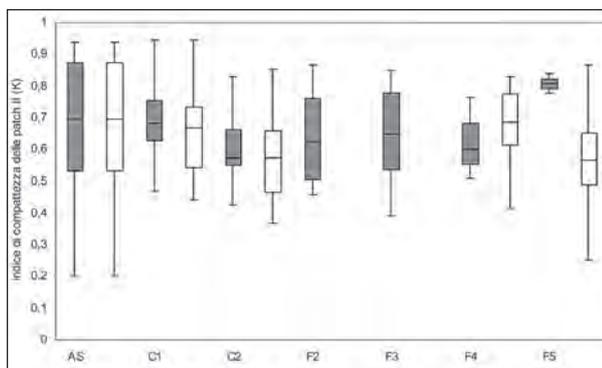


Figura 17 – Boxplot affiancati riferiti ai valori medi (mediana) e di variabilità (IQR) dell'indice di compattezza della forma delle *patch* II per tipo di struttura nelle situazioni *ex ante* (grigio) ed *ex post* (bianco).
*Boxplots for mean and variability (IQR) of *patch* II by structure type, *ex ante* (grey) and *ex post* (white).*

della classe C2, mentre una maggiore compattezza si rileva per quelle della classe F4.

Una componente spazialmente esplicita si evidenzia (Tavola 11 in allegato) anche al livello ancora superiore (III livello) con il cambiamento della numerosità delle *patch* II, del LPI, della loro aggregazione nello spazio e del grado di contrasto.

Considerando l'insieme dei *cluster* di ciascuna *class_{TS}*, si apprezza una riduzione del valore mediano del NPII per classe e l'aumento dell'IQR nella situazione *ex post*, indica una maggiore variabilità nella distribuzione del NPII tra le classi (Figura 18).

Il LPI di *landscape level* (rapporto tra l'area della *patch* II più estesa e la TA) varia tra le due situazioni ($LPIII_{ex\ ante} = 22,24$; $LPIII_{ex\ post} = 21,02$, Tabella n°13 in corsivo) dal momento che a questo livello gerarchico si verifica una riorganizzazione delle *patch* I in *patch* II.

Il valore dell'indice di aggregazione medio indica per la situazione *ex ante* una condizione di aggregazione casuale, mentre per la situazione *ex post* evidenzia un aumento della all'aggregazione.

L'ASL calcolato sull'insieme di tutte le *patch* II ($ALS_{ex\ ante} = 315,01$; $ASL_{ex\ post} = 230,31$) segnala a livello complessivo una maggiore frammentazione delle *patch* II e quindi un maggiore contrasto del paesaggio forestale.

Il valore assunto dall'indice di compattezza della forma calcolato sull'insieme di tutte le *patch* II fa rilevare il passaggio da forme relativamente più compatte a forme relativamente meno compatte (Figura 19).

Bioindicatori

Gli effetti dell'applicazione del PdG sulla disponi-

III. Ipotesi sugli esiti a medio-lungo termine della gestione forestale attuale sulla conservazione della biodiversità

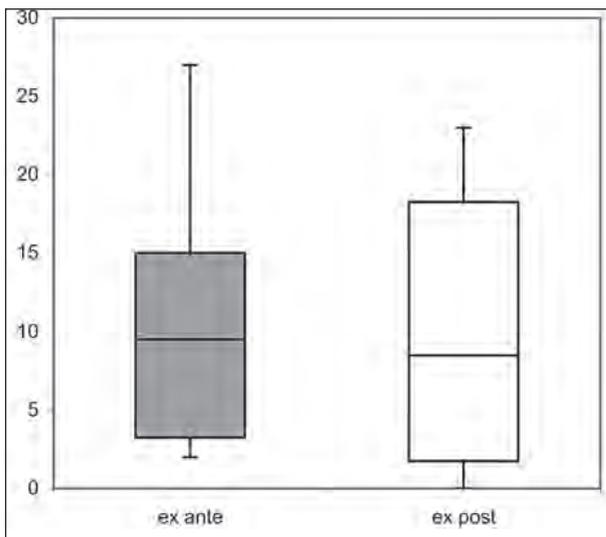


Figura 18 - Boxplot affiancati riferiti ai valori medi (mediana) e di variabilità (IQR) della numerosità delle patch II nelle situazioni ex ante (grigio) ed ex post (bianco).
Boxplots for mean (median) and variability (IQR) of patch II number, ex ante (grey) and ex post (white).

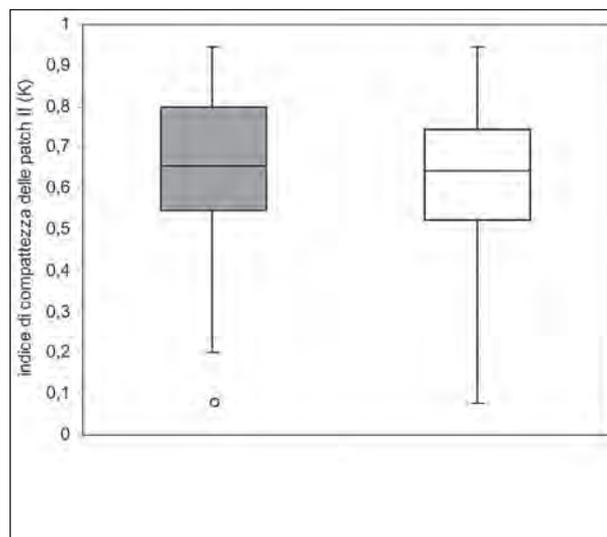


Figura 19 - Boxplot affiancati riferiti ai valori medi (mediana) e di variabilità (IQR) dell'indice di compattezza della forma dell'insieme delle patch II nelle situazioni ex ante (grigio) ed ex post (bianco).
Boxplots for mean and variability (IQR) of complex of patch II, ex ante (grey) and ex post (white)

Tabella 15a Disponibilità di habitat per la fase fenologica riproduttiva (breeding) ex ante.									
habitat disponibili (ha)									
categoria	specie	resource limited				area limited			
		migratore	non migratore	migratore	non migratore				
T	totale	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37
H	disponibile	113,15	207,94	461,66	888,91	847,65	506,00	35,06	774,77
B	bosco	60,97	161,77	461,66	888,91	847,65	506,00	0,00	772,27
C1	cedui a regime		100,80		117,44	16,64	8,40		
C2	cedui invecchiati			447,33	767,17	767,97	424,53		767,97
F2	fustaie posticcia	6,70	6,70						
F3	fustaie perticiale	54,27	54,27						
F4	fustaie adulte			10,03		58,74	66,77		
F5	fustaie mature			4,30	4,30	4,30	4,30		4,30
AS	altre superfici	52,18	46,17				35,06		2,50

Tabella 15a Disponibilità di habitat per la fase fenologica riproduttiva (breeding) ex post.									
habitat disponibili (ha)									
categoria	specie	resource limited				area limited			
		migratore	non migratore	migratore	non migratore				
T	totale	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37
H	disponibile	52,18	353,75	506,13	747,80	1009,61	679,69	35,06	468,66
B	bosco	0,00	307,58	506,13	747,80	1009,61	679,69	0,00	466,16
C1	cedui a regime		307,58		316,22	538,63	220,41		
C2	cedui invecchiati			209,63	209,63	243,48	163,47		209,63
F2	fustaie posticcia								
F3	fustaie perticiale								
F4	fustaie adulte			9,95		7,55	7,55		7,55
F5	fustaie mature			288,55	219,95	219,95	266,26		248,98
AS	altre superfici	52,18	46,17				35,06		2,50

habitat disponibili (%)									
categoria	specie	resource limited				area limited			
		migratore	non migratore	migratore	non migratore				
T	totale	100	100	100	100	100	100	100	100
H/T	disponibile	10	18	40	77	73	44	3	67
B/H	bosco	54	76	100	100	100	100	0	100
C1/B	cedui a regime		62		13	2	2		0
C2/B	cedui invecchiati			97	86	81	84		99
F2/B	fustaie posticcia	11	4						
F3/B	fustaie perticiale	89	34						
F4/B	fustaie adulte			2		7	14		
F5/B	fustaie mature			1	0	1	1		1
AS/H	altre superfici	46	22	0	0	0	0	100	0,32

habitat disponibili (%)									
categoria	specie	resource limited				area limited			
		migratore	non migratore	migratore	non migratore				
T	totale	100	100	100	100	100	100	100	100
H/T	disponibile	4	30	44	64	67	59	3	40
B/H	bosco	0	87	100	100	100	100	0	99
C1/B	cedui a regime		100		43	53	32		0
C2/B	cedui invecchiati			41	28	24	24		45
F2/B	fustaie posticcia								
F3/B	fustaie perticiale								
F4/B	fustaie adulte			2		1	1		2
F5/B	fustaie mature			57	29	22	42		53
AS/H	altre superfici	4	13					100	0,53

Tabella 16a Disponibilità di habitat trofici (feeding) ex ante.									
habitat disponibili (ha)									
categoria	uccelli								Stirx aluco
	resource limited				area limited				
	migratore		non migratore		migratore		non migratore		
specie	<i>Caprimulgus europaeus</i>	<i>Sylvia carolinans</i>	<i>Picoides major</i>	<i>Parus palustris</i>	<i>Circus gallicus</i>	<i>Falco tinnunculus</i>	<i>Falco tinnunculus</i>	<i>Falco tinnunculus</i>	<i>Falco tinnunculus</i>
ex ante									
T	totale	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37
H	disponibile	1109,57	207,94	330,69	837,45	100,27	100,27	100,27	654,34
B	bosco	1083,11	161,77	330,69	837,45	73,81	73,81	73,81	628,08
C1	cedui a regime	117,44	100,90		117,44				8,40
C2	cedui invecchiati	767,97		257,62	715,71				476,79
F2	fustaie posticcia	8,90	6,70		8,90	8,90	8,90	8,90	6,08
F3	fustaie periccia	115,73	54,27		64,91	64,91	64,91	64,91	63,74
F4	fustaie adulte	68,77		68,77					68,77
F5	fustaie mature	4,30		4,30					4,30
AS	altre superfici	26,46	46,17		26,46	26,46	26,46	26,46	26,26

Tabella 16b Disponibilità di habitat trofici (feeding) ex post.									
habitat disponibili (ha)									
categoria	uccelli								Stirx aluco
	resource limited				area limited				
	migratore		non migratore		migratore		non migratore		
specie	<i>Caprimulgus europaeus</i>	<i>Sylvia carolinans</i>	<i>Picoides major</i>	<i>Parus palustris</i>	<i>Circus gallicus</i>	<i>Falco tinnunculus</i>	<i>Falco tinnunculus</i>	<i>Falco tinnunculus</i>	<i>Falco tinnunculus</i>
ex post									
T	totale	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37	1160,37
H	disponibile	1135,29	353,75	455,87	770,34	26,46	26,46	26,46	681,01
B	bosco	1083,11	307,58	455,87	770,34	0,00	0,00	0,00	654,75
C1	cedui a regime	536,63	307,58		316,22				230,41
C2	cedui invecchiati	243,48		157,37	243,48				209,63
F2	fustaie posticcia								
F3	fustaie periccia								
F4	fustaie adulte	9,95		9,95					7,55
F5	fustaie mature	291,05		288,55	208,64				217,18
AS	altre superfici	52,18	46,17		26,46	26,46	26,46	26,46	26,26

habitat disponibili (%)									
categoria	uccelli								Stirx aluco
	resource limited				area limited				
	migratore		non migratore		migratore		non migratore		
specie	<i>Caprimulgus europaeus</i>	<i>Sylvia carolinans</i>	<i>Picoides major</i>	<i>Parus palustris</i>	<i>Circus gallicus</i>	<i>Falco tinnunculus</i>	<i>Falco tinnunculus</i>	<i>Falco tinnunculus</i>	<i>Falco tinnunculus</i>
ex ante									
T	totale	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160
H/T	disponibile	96	18	28	72	9	9	9	56
B/H	bosco	98	79	100	100	74	74	74	96
C1/B	cedui a regime	11	62		14				1
C2/B	cedui invecchiati	71		78	85				76
F2/B	fustaie posticcia	1	4		12	12	12	12	1
F3/B	fustaie periccia	11	34		88	88	88	88	10
F4/B	fustaie adulte	8		21					11
F5/B	fustaie mature	0		1	1				1
AS/H	altre superfici	2	22		26	26	26	26	4

habitat disponibili (%)									
categoria	uccelli								Stirx aluco
	resource limited				area limited				
	migratore		non migratore		migratore		non migratore		
specie	<i>Caprimulgus europaeus</i>	<i>Sylvia carolinans</i>	<i>Picoides major</i>	<i>Parus palustris</i>	<i>Circus gallicus</i>	<i>Falco tinnunculus</i>	<i>Falco tinnunculus</i>	<i>Falco tinnunculus</i>	<i>Falco tinnunculus</i>
ex post									
T	totale	100	100	100	100	100	100	100	100
H/T	disponibile	96	30	39	66	2	2	2	56
B/H	bosco	95	67	100	100	0	0	0	96
C1/B	cedui a regime	50	100		41				34
C2/B	cedui invecchiati	22		35	32				32
F2/B	fustaie posticcia								
F3/B	fustaie periccia								
F4/B	fustaie adulte	1		2					1
F5/B	fustaie mature	27		63	27				33
AS/H	altre superfici	5	13		100	100	100	100	4

bilità di habitat in termini areali per tipo di struttura sono riassunti nelle Tabelle 15 e 16.

Per quanto concerne la disponibilità di habitat idonei alla nidificazione, al I livello gerarchico, si notano alcune rilevanti modificazioni: 1) per alcune specie (Biancone, Falco pecchiaiolo) aumentano le superfici utilizzabili, a seguito dell'aumento di superficie dei boschi d'alto fusto; 2) per altre specie invece (Succiacapre) si evidenzia una netta diminuzione a causa della scomparsa delle fasi giovanili delle fustaie per cui tali specie risultano completamente estromesse, quantomeno per il reperimento dei siti di riproduzione, dal sistema bosco; 3) per altre specie (Allocco, Picchio rosso maggiore), legate a boschi maturi e ricchi di alberi vecchi, oggi spesso rinvenibili anche nei cedui invecchiati ma non necessariamente presenti in fustaie giovani, si rileva una sensibile diminuzione dei siti idonei, a seguito della diminuzione dei cedui invecchiati dovuta alla ripresa dell'attività di ceduzione.

Relativamente alla disponibilità di habitat "di foraggiamento" (cfr. ROLANDO 1986) la situazione *ex post* appare drasticamente mutata rispetto a quella *ex ante* per alcune specie (Biancone, Falco pecchiaiolo, Gheppio) che perdono la disponibilità delle fustaie giovani e risultano quindi essere totalmente espulse da questo sistema bosco per le loro esigenze

alimentari; mentre per altre specie la differenza appare meno forte. In diversi casi si può parlare, in sintesi, di una perdita funzionale delle aree boscate rispetto al completamento di tutte le fasi vitali delle specie localmente presenti, che divengono sempre più dipendenti dalle "altre superfici" (ambienti non forestali), sia all'interno, ma soprattutto all'esterno del complesso forestale indagato (Tavola 6 in allegato). In altri termini sembra che questo complesso boscato divenga meno autosufficiente.

Si può notare, tra l'altro, come, tra le specie selezionate, sono soprattutto quelle legate anche ad ambienti non forestali (tra cui sono incluse le fasi giovanili delle fustaie di origine artificiale) a rivestire interesse per la conservazione. È infatti noto (TUCKER e EVANS 1997) che proprio questa componente dell'avifauna continentale, soprattutto a livello mediterraneo, desta le maggiori preoccupazioni per la conservazione.

Discussione

Il lavoro si è sviluppato elaborando dei dati contenuti nei PdG che si riferiscono a caratteri di ordine "naturale" della vegetazione forestale: presenza, composizione specifica, età, statura, estensione spaziale, configurazione delle singole unità. Questa elabora-

zione prescinde dalla suddivisione del territorio dei boschi della CM eseguito, sempre dal PdG, con criteri che in parte rispondono ad esigenze di amministrazione: in particolare le dimensioni delle particelle, la facilità di individuarne i confini, la presenza di confini artificiali quali le strade.

Nelle elaborazioni eseguite i caratteri della vegetazione sono stati recepiti con riferimento alle superfici di intervento interne alle particelle (*grain*) del PdG. Si sono in tal modo individuate e definite *patch* di I ordine, ma nel passaggio al livello gerarchico superiore, in cui le singole *patch* vengono raggruppate in *patch* di II ordine in relazione al tipo di struttura, il riferimento al particellare scompare.

È ovvio che in tal modo non si ignora l'importanza della particella in termini amministrativi, ma solo si evidenzia una conseguenza del metodo adottato per raggruppare le *patch* di I ordine in quelle di II ordine.

È altrettanto chiaro che, in relazione agli obiettivi prefissati in questo studio, il prescindere dalla particella non comporta problemi in quanto in realtà il raggruppamento di *patch* di I ordine in *patch* di II ordine rappresenta meglio la modalità con cui gli animali percepiscono le differenze strutturali del paesaggio alle diverse scale spaziali.

D'altro canto, dal punto di vista operativo la struttura del database dell'Atlante del territorio consente di identificare la particella cui appartiene una data *patch* di I ordine. Una elaborazione dei dati a disposizione che tenga conto anche del particellare è quindi possibile ma comporta un notevole aumento di lavoro che si è ritenuto inutile dati gli obiettivi prefissati.

L'applicazione del PdG conduce, al 2042, complessivamente ad un aumento della eterogeneità al livello gerarchico della gestione forestale in quanto determina un aumento dell'aggregazione e del contrasto rispetto ai tipi di formazione.

Questo risultato, relativo ad un caso reale, appare coerente con quelli ottenuti attraverso la costruzione degli scenari ipotetici.

Come emerso dalle precedenti fasi di questa ricerca, il livello gerarchico della gestione forestale è importante per la individuazione degli habitat idonei all'avifauna da parte di entrambe le categorie di specie, ossia quelle *resource limited* e quelle *area limited*.

Una maggiore eterogeneità a questo livello è quindi cruciale per la conservazione delle specie di uccelli impiegate come indicatori di biodiversità, e quindi la

politica forestale adottata che consiste nella ripresa delle ceduzioni da affiancare ai tagli di avviamento all'alto fusto di parti del ceduo risulterebbe nel complesso non pregiudizievole per la realizzazione di questo obiettivo.

Inoltre, dal punto di vista del tecnico forestale, indirettamente si verifica che i criteri adottati dal PdG per la selezione delle superfici su cui riprendere le ceduzioni appaiono sostanzialmente validi. Relativamente alla compatibilità delle scelte gestionali con la presenza di ungulati selvatici, in particolare, benché non sia nota dalla letteratura una soglia minima di ampiezza delle superfici da sottoporre a ceduzione tale da ridurre i danni da ungulati, l'aumento, nella situazione *ex post*, della dimensione media delle *patch* di I ordine che formano *patch* di II ordine, del tipo di struttura "cedui a regime" (accompagnato da una trascurabile diminuzione dell'indice di compattezza medio), fa ritenere che il nuovo assetto possa contribuire alla riduzione dell'impatto sul bosco da parte di questi animali. Essi infatti, per la loro natura elusiva, prediligono soluzioni di continuità poco estese della copertura arborea ed in queste situazioni il danno recato è molto forte.

Tuttavia l'applicazione del PdG, non seguita da ulteriori revisioni, determina anche una configurazione piuttosto omogenea dal punto di vista cronologico/strutturale, in cui, nonostante gli interventi di ceduzione attuati a partire dal 1993 e teoricamente proseguiti oltre l'attualità e fino al 2042, prevalgono le classi di età relativamente vecchie. Questo invecchiamento, che riguarda, ovviamente, anche le aree in cui si è attuato l'avviamento ad alto fusto ed i soprassuoli che già erano governati a fustaia, rappresenta invece un effetto negativo per la vitalità (*viability*) delle popolazioni locali di alcune delle specie di uccelli considerate, ed in particolare di quelle di interesse per la conservazione.

Relativamente all'ampiezza (25-50 m) da assegnare alle superfici su cui realizzare l'avviamento a fustaia, si ritiene che sia opportuno aumentare la larghezza di queste fasce. La diminuzione degli indici di compattezza della forma, infatti, avverte sul possibile ruolo di *sink* (*sensu* PULLIAM 1988) di questi boschi per quelle specie di uccelli maggiormente soggette a rischio di predazione dei nidi. Le specie che nidificano nel bosco adulto, percepiscono queste fasce come habitat idoneo, ma il loro successo riproduttivo può essere compromesso perché, a causa di un elevato sviluppo

dei margini rispetto all'area, i nidi possono venire facilmente predati da uccelli che vivono negli spazi aperti. Il rischio di predazione è infatti correlato (WILCOVE 1985) proprio alla distanza del nido dal margine forestale, oltre che alla dimensione della *patch* ed al tipo di margine forestale stesso.

Si ritiene che queste considerazioni debbano essere tenute in conto nell'ambito della revisione del PdG al fine sia di evitare anomalie gestionali sia di calibrare meglio le istanze della selvicoltura con quelle conservazionistiche.

Altre questioni emergenti dalla presente analisi su cui è opportuno richiamare l'attenzione dei tecnici forestali incaricati della revisione, sono quelle relative al trattamento delle fustaie mature e al turno dei cedui.

Per quanto riguarda le fustaie è evidente che la situazione *ex-post* non debba essere considerata come cristallizzata. È infatti presumibile che prima o poi compaiano aree tagliate per la rinnovazione delle fustaie, in grado di accogliere nuovamente (ammessa la presenza nel territorio più vasto di popolazioni che possono colonizzare le tagliate), almeno in parte, Succiacapre e Sterpazzolina. Le zone in rinnovazione dopo il taglio hanno infatti importanza fondamentale per mantenere elevata la diversità ornitica nei sistemi forestali (HANSEN *et al.* 1994; AVERY e LESLIE 1990; FULLER 2000).

Anche se la composizione specifica e la struttura spaziale del soprassuolo non sono state prese in considerazione in questo studio, appare necessario ricordare l'importanza di questi caratteri per la biodiversità e quindi richiamare l'attenzione sull'opportunità, in sede di revisione del piano, di fornire indicazioni a proposito del trattamento delle fustaie. Si ritiene infatti che questo debba essere orientato in modo da conseguire una maggiore complessità compositiva e strutturale dei popolamenti, storicamente ritenuta in grado (JAMES 1971; HARRIS 1984; URBAN e SMITH 1989) di favorire una maggiore diversità faunistica, con particolare riferimento alla componente delle comunità ornitiche legata allo strato arboreo (HANSEN *et al.* 1994).

Per quanto riguarda i cedui si segnala come la situazione a regime, che si raggiunge secondo le previsioni di piano al 2020 con l'entrata in vigore del turno definitivo, prevede l'allungamento del turno minimo di 18 anni, prescritto dalla legge forestale toscana, ad un turno di 22 anni. Ciò comporterebbe per queste formazioni l'aumento della "nemoralità", ancora una

volta a scapito di specie, non solo animali, ma anche vegetali maggiormente legate agli stadi giovanili del ceduo. In un contesto simile, indagato in boschi cedui situati in aree diverse da quelle mediterranee (Gran Bretagna), l'adozione di turni brevi appare decisiva per la conservazione sia della fauna ornitica (FULLER *et al.* 1989), sia della flora (MASON e MACDONALD 2002), ed è pertanto raccomandata caldamente per preservare la componente "non forestale" della biodiversità del sistema (FULLER e WARREN 1993). Appare assai verosimile che anche nell'area considerata nel presente studio la progressiva perdita di elementi "non forestali" sia dovuta sia alla progressiva scomparsa di ambienti aperti (coltivi, pascoli), sia a modifiche nella turnazione dei cedui. È anche a questi fenomeni che sono da ascrivere gli *status* di conservazione sfavorevoli di molte specie di uccelli, tra le quali alcune di quelle prese ad esempio in questo lavoro.

A corredo della discussione dei risultati conseguiti sembra utile ricordare due lavori recenti sulla biodiversità forestale (BARBATI *et al.* 1999; DEL FAVERO, a cura di 2000) che illustrano ed esemplificano un diverso approccio allo studio della biodiversità forestale.

Il termine "biodiversità" è stato interpretato e definito in modi diversi e DEL FAVERO facendo riferimento agli obiettivi posti dal Processo Pan-Europeo per una gestione forestale sostenibile che consistono nel "mantenimento, conservazione ed aumento della diversità biologica negli ecosistemi forestali", indica come obiettivi gestionali strategici per la conservazione della biodiversità il mantenimento della variabilità del paesaggio forestale, della variabilità specifica e degli habitat. In accordo con SCHUETZ (1997) DEL FAVERO propone di fondere i concetti di conservazione e di sostenibilità, con riferimento a foreste che sono oggetto di una gestione attiva.

Per BARBATI *et al.* (*op. cit.*) una soddisfacente soluzione è quella di fare riferimento all'approccio di "habitat" che consiste nel fissare obiettivi di sostenibilità (e quindi di biodiversità) per i diversi tipi forestali a livello di soprassuolo. In questa prospettiva semplici indicatori indirizzati a definire e descrivere sul campo alcuni aspetti di mantenimento, conservazione ed aumento della biodiversità forestale nei tipi di bosco sono rappresentati dal *pattern* spaziale (estensione, frammentazione e potenzialità espansiva dei singoli tipi), dalla struttura del soprassuolo (distribuzione dei diametri, stadi evolutivi), dalla ricchezza floristica del sottobosco, dal numero di specie ornitiche, dalla

presenza di specie protette.

L'approccio della presente ricerca differisce in alcuni punti da quello adottato dagli Autori prima citati e precisamente:

1. l'analisi quantitativa viene svolta su un'area assai più ristretta (oltre 300.000 ha dei boschi veneti contro 1.100 ha circa della sezione amministrativa di foresta considerato) che però viene considerata come sistema ecologico e pertanto inquadrata nell'ambito della sua organizzazione gerarchica, dalla scala vasta a quella di dettaglio, come percepita sia dal tecnico forestale sia dai bioindicatori cui si è fatto ricorso;
2. lo studio della variabilità di habitat è limitato a due soli tipi di bosco (ceduo e fustaia) ma entro questi viene esteso a tipi di struttura, tipi di formazione e classi di età diversi;
3. la biodiversità viene studiata limitatamente ad un gruppo di organismi, gli uccelli, che sono stati spesso utilizzati per questo tipo di valutazioni ma che, pur essendo a loro volta indicatori di condizioni ambientali più ampie date le loro esigenze alimentari e/o riproduttive, non esplorano completamente la diversità biologica di un sito;
4. il riferimento/indicatore è un *set* di specie ornamentali e non un modello colturale del bosco che si prefigge la sostenibilità, ossia l'analisi in questo caso prescinde dal collegamento tra biodiversità (e relative ipotesi di "specie rivetto", *rivet popper*, e di "specie chiave di volta", *keystone*) e sostenibilità del sistema (cfr. SCHULZE e MOONEY 1994);
5. il dettaglio con cui si analizza l'impatto delle alterazioni strutturali è verificato con gruppi ornitici con caratteristiche diverse e presumibili esigenze (alimentazione/riproduzione) diverse di habitat.

L'approccio adottato appare coerente con un'ottica di "gestione adattativa" (FEMAT), infatti le analisi a posteriori del tipo proposto possono essere inquadrare nel processo ciclico e continuo di pianificazione, monitoraggio, valutazione e aggiustamento su cui basare le azioni gestionali.

Esso inoltre è coerente anche con gli indirizzi per una "saggia gestione delle foreste in Europa" indicati da ANDERSSON (2003). In particolare, la scelta di considerare la necessità di una pianificazione forestale alla scala di paesaggio, il criterio della biodiversità per discriminare tra forme di selvicoltura più o meno sostenibili e di aprire il team di ricerca a studiosi di discipline non strettamente forestali, nonché quella di

suggerire la necessità per la gestione forestale di sviluppare nuove sensibilità e strategie, appaiono in linea con il concetto di *ecosystem and landscape forestry* introdotto da questo Autore. Del resto questo concetto non è estraneo a quella cultura forestale italiana più sensibile ai diversi valori del bosco, anche quelli che oggi hanno una caratterizzazione più precisa, come dimostra il pensiero di PATRONE (1970) in cui la conservazione del paesaggio è legata alla selvicoltura ed alla gestione del bosco, e che intuisce il legame tra eterogeneità del paesaggio e del bosco e diversità biologica. E, non a caso DE PHILIPPIS (1961), sia pure limitatamente alla composizione della componente arborea, sottolinea la maggiore naturalità dei boschi misti rispetto ai boschi puri e ne individua i vantaggi sotto il profilo gestionale. In seguito, con una diversa angolazione e riferendosi alla funzionalità dell'ecosistema foresta, definisce, in accordo con ODUM (1973) la diversità biologica come uno dei principi unificanti dell'ecologia e vede nella "selvicoltura su basi naturalistiche" (DE PHILIPPIS 1980) l'approccio corretto alla gestione dei boschi.

Conclusioni §

Paola Mairota¹, Guido Tellini Florenzano² e Pietro Piussi³

Lipotesi di partenza in questa ricerca era di verificare se, ed in quale modo, la ceduzione agiva sulla biodiversità e se le scelte selvicolturali erano compatibili con una selvicoltura a fini multipli in cui la conservazione della natura avesse un ruolo preciso. La ricerca non mirava a stabilire eventuali rapporti tra biodiversità e stabilità e nemmeno a definire valori ottimali o liste di riferimento per la biodiversità, data anche l'assenza di un criterio univoco per definire questo carattere.

Il metodo adottato intendeva anche fornire uno strumento metodologicamente corretto e, per quanto possibile, oggettivo e non basato su considerazioni generali, spesso fondate su sensazioni ed intuito, per questo tipo di valutazioni.

La ricerca ha fornito le risposte e indotto le considerazioni di seguito riportate:

1. nella valutazione della situazione ambientale relativa ad una determinata realtà non si può prescindere da una analisi territoriale di area vasta; nel caso specifico è emersa l'importanza del territorio studiato (non classificato come area protetta) dal punto di vista della continuità ecologica a livello regionale. Ne consegue che pratiche selvicolturali che tengano conto della conservazione della biodiversità andrebbero attuate anche nelle aree non espressamente e formalmente indicate per il loro particolare valore naturalistico;
2. l'approccio adottato dalla ordinaria prassi gestionale (pianificazione delle utilizzazioni) risulta essere rispondente alle esigenze delle specie ornamentali e migratrici, sia *area limited* sia *resource limited*; ciò dipende dal fatto che il tecnico forestale opera entro ambiti che comprendono quelli propri della strategia di individuazione di habitat degli uccelli;
3. il quadro ambientale e la sua dinamica nel tempo, causa delle tendenze dinamiche delle popolazioni di uccelli da utilizzate come indicatori, sono solo in parte determinate dal PdG; il territorio forestale oggetto di pianificazione è una conseguenza di scelte strategiche attuate in tempi più remoti (rimboschimento con conifere di terreni agricoli o pascolivi) o di vicende economiche che si sono riflesse indirettamente sulla copertura vegetale (rimboschimento spontaneo successivo allo spopolamento del territorio rurale);
4. nella situazione di un vasto tratto di territorio caratterizzato da una matrice omogenea come quello in esame, si verifica l'ipotesi (cfr. SIMBERLOFF 1999) che la gestione forestale possa conciliare istanze diverse, tra cui la produzione legnosa ed il mantenimento della biodiversità. Infatti, come evidenziato dalla prima ricerca (parte prima), una maggiore eterogeneità, in parte provocata anche dalla gestione stessa, fa aumentare i valori degli indici di qualità ambientale e di rarità; la seconda (scenari) e la terza ricerca rivelano che la gestione forestale (in questo caso ripresa delle ceduzioni) contribuisce all'aumento della eterogeneità;
5. determinate strutture della vegetazione forestale, proprio per la loro dinamica conseguente ai processi di crescita, sono temporanee e quindi vanno considerate "fragili". A maggior ragione queste considerazioni valgono per il territorio visto a scala di gestione. In altre parole l'abbandono culturale seguito dall'invecchiamento dei soprassuoli (risultato di fattori diversi: spopolamento rurale, politica forestale regionale, scelte di piano di gestione) determina la omogeneizzazione della configurazione spaziale del territorio boscato con conseguenze negative per alcune specie minacciate. In questo senso si può affermare che la selvicoltura del ceduo si configura come un *keystone process* (cfr. BOND 1994);
6. il caso esemplificativo presentato qui come "esercizio" di costruzione di scenari dimostra inoltre che un certo grado di eterogeneità può essere ottenuto attraverso una scelta di regole di gestione selvicolturale. Tali regole non appaiono fortemente limitative in quanto si nota che molte di queste sono state adottate nel PdG della CM che non si

§ Le Conclusioni sono state redatte congiuntamente e in parti uguali dai tre Autori.

¹ Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali, Facoltà di Agraria Università degli Studi di Bari, via Amendola 165/A 70126 Bari p.mairota@uniba.it

² DREAM Italia, via dei Guazzi 31, I-52013 Poppi (AR) tellini@dream-italia.it

³ DISTAF Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Firenze, via S. Bonaventura 13 50145 Firenze pietro.piussi@unifi.it

- pone esplicitamente il problema della conservazione biologica. Una sensibilità conservazionistica sembra quindi essere già parte della formazione professionale di alcuni tecnici forestali. I risultati della gestione finalizzata, oltre ad altri aspetti, alla conservazione della biodiversità non devono far dimenticare che proprio questo obiettivo può far sorgere dei problemi. Un caso esemplare è costituito la presenza di popolazioni di ungulati selvatici, in particolare daino e capriolo, favorita dalla diversificazione della matrice nelle due dimensioni dello spazio (corologica e topologica) derivante dal regime del ceduo (GIOVANNINI *et al.* 2003) con conseguente forte impatto per la rinnovazione agamica dei boschi ceduati;
7. l'eterogeneità strutturale, d'altro canto, agisce in modo complesso e apparentemente contraddittorio sugli indicatori di biodiversità prescelti. L'applicazione del PdG considerato favorisce le specie legate all'ambiente di fustaia mentre penalizza quelle legate a spazi aperti con prevalenza di vegetazione erbacea. Le medesime specie (ad esempio il Falco pecchiaiolo o il Biancone) possono essere favorite da una data forma di gestione per quanto riguarda le possibilità di nidificazione, ma sfavorite per quanto riguarda l'alimentazione. Il quadro gestionale, che tiene conto del rimboschimento eseguito negli anni passati, del rimboschimento spontaneo di terreni agricoli o di pascoli e dell'allungamento del turno nel ceduo conduce ad una progressiva riduzione degli habitat aperti, frequentati da specie la cui sopravvivenza è posta a rischio in tutto il bacino mediterraneo. La contraddittorietà della risposta è coerente con le caratteristiche degli indicatori scelti che sono diversificati relativamente al comportamento (migratori/stanziali) ed alle esigenze (habitat/alimentazione);
 8. i risultati ottenuti possono aprire la discussione sul tipo di indicatori utilizzati. SIMBERLOFF (1999) esprime infatti dubbi sulla opportunità di utilizzare "specie ombrello" e "specie indicatrici" anche perché il loro valore, definito in relazione allo stato di determinate specie, può essere indifferente o contrario a quello di altre. Questo del resto convalida la scelta fatta in questo studio di ricorrere ad un gruppo di specie ornitiche piuttosto che una singola specie per il confronto tra la prospettiva umana e quella animale. Infatti, un gruppo di specie, che possiede molte delle caratteristiche (ad esempio caratteri dei principali gruppi funzionali, esigenze specifiche di disporre di determinati ambienti) associate a utili indicatori della qualità ambientale, ha permesso proprio di avvalorare tale affermazione. Nel caso in esame, inoltre, le valutazioni svolte a livello di PdG possono venire modificate dalla dinamica del quadro ambientale di area vasta;
 9. questa ricerca è mirata allo studio dell'impatto che la gestione forestale esercita sulla biodiversità. Si è tuttavia pienamente consapevoli del fatto che il problema della valutazione dei gradi di biodiversità non si esaurisce utilizzando la componente ornitica come indicatrice della qualità dell'ambiente. Il ricorso a bioindicatori, che indirettamente forniscono informazioni sulla funzionalità degli ecosistemi, è stato, per così dire, una scelta obbligata a fronte della pressoché totale mancanza, per il territorio considerato e, più in generale, l'ambiente mediterraneo, di studi empirici sulla biodiversità dei boschi soggetti a ceduzione, con particolare riferimento alla dinamica degli assetti delle comunità vegetali e animali in funzione dell'età del ceduo, analoghi a quelli condotti in altri contesti (ASH e BARKHAM 1976; BARKHAM 1992; BEATTY 1984; DAVISON e FORMAN 1982; FULLER *et al.* 1989; GURNELL *et al.* 1992; MITCHELL 1992; PONS 1976). Inoltre esistono altri valori del territorio di ordine storico, archeologico, estetico o naturalistico che richiedono una specifica attenzione;
 10. è opportuno ricordare che, in particolare quando sussistono problemi applicativi, limiti di tempo e di disponibilità finanziarie, è possibile ricorrere a materiale già disponibile. L'esistenza di una cartografia di piano digitalizzata e dei relativi data base alfanumerici è preziosa non solo per la semplificazione delle operazioni gestionali ordinarie ma anche per l'integrazione con informazioni di altro genere;
 11. è infine importante sottolineare anche il fatto che questo genere di indagini, pur avendo riflessi importanti sull'attività selvicolturale, deve essere effettuato in collaborazione con persone con competenze specifiche diverse da quelle del tecnico forestale.

Ringraziamenti

Gli autori sono grati a: Mario SULLI e Alessandra

CASINI per aver fornito materiale di studio e messo a disposizione le loro conoscenze sull'area delle Colline Metallifere; Paolo SPOSIMO per aver messo a disposizione le sue conoscenze sull'avifauna Toscana; Robert FULLER per l'incoraggiamento e per aver fornito materiale di studio; Fabrizio FERRETTI per aver fornito parte dell'archivio digitale relativo alle sezioni E, F, G, del PdG; Maria Raffaella LA MACCHIA per la collaborazione alla costruzione degli scenari; Alessio POLLICE per i consigli sul trattamento statistico dei dati; Marco ALBANI per la lettura critica del manoscritto.

Bibliografia citata

- ANDERSSON F.O., 2003 - *Pathways to wise management of forests in Europe: trends in research for sustainability*. *Informatore Botanico Italiano*, 35 (1-Supplemento 1): 51-58.
- ANSELMINI N., MAZZAGLIA, A., VANNINI, A., 2000 - *The role of endophytes in oak decline*. In: RAGAZZI, A., DELLA VALLE I., MORICCA, S., CAPRETTI, P., RADDI, P. (Eds.) *Decline of oak species in Italy. Problems and perspectives*. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Firenze: 129-144.
- ANTROP M., 1985 - *Télétection et analyse du paysage*. In: BERDOULAY V., PHIPPS M. (Eds.) *Paysage et Système*. Edition de l'Université d'Ottawa: 125-138.
- ARRIGONI P.V., GELLINI R., INNAMORATI M., LENZI GRILLINI C., LOVARI A., PIUSI P., RENZONI A., SANESI G., SARTONI G., 1976 - *Relazione al Consorzio per l'istituzione del "Parco della Maremma"*. *Informatore Botanico Italiano*, 8 (3): 283-324.
- ARRIGONI P.V., MENICAGLI E., 1999 - *Carta della Vegetazione Forestale*. Toscana Dipartimento dello Sviluppo economico. Firenze.
- ASH J.E., BARKHAM J.P., 1976 - *Changes and variability in the field layer of a coppiced woodland in Norfolk, England*. *Journal of Ecology* 64: 697-712.
- AVERY M., LESLIE R., 1990 - *Birds and forestry*. Poyser, London, 299 p.
- AUTORI VARI, 1997 - *Pianificazione e reti ecologiche*. Planeco. Gangemi Editore, 75 p.
- BAILEY R.G., 1996 - *Ecosystem Geography*. Springer Verlag Berlin, 204 p.
- BARBATI A., CARRARO G., CORONA P., DEL FAVERO R., DISSEGNA M., LASEN C., MARCHETTI M., 1999 - *Developing biodiversity assessment on a stand forest type management level in north-eastern Italy*. *Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali*, 48: 157-176.
- BARKHAM J.P., 1992 - *The effects of coppicing and neglect on the performance of the perennial ground flora*. In: BUCKLEY G.P., (Ed.) *Ecology and Management of Coppice Woodlands*, Chapman & Hall, London: 115-146.
- BASKENT E.Z., KELES S., 2005 - *Spatial forest planning: A review*. *Ecological Modelling* 188: 145-173.
- BAUDRY, J., MERRIAM H.G., 1987 - *Connectivity and Connectedness: Functional versus Structural Patterns in Landscape*. In: SCHREIBER K.F. (Ed.) *Connectivity in Landscape Ecology*. Proceedings of the 2nd International Seminar of the "International Association for Landscape Ecology" Münster: 23-28.
- BEATTY S.W., 1984 - *Influences of microtopography and canopy species on spatial pattern of forest understory plants*. *Ecology* 65: 1406-19.
- BERDOULAY V., PHIPPS M., (Eds.) 1985 - *Paysage et système*, Editions de l'Université d'Ottawa, 195 p.
- BOITANI L., 2000 - *Rete ecologica nazionale e conservazione della biodiversità*. *Parchi* 29: 66-74.
- BOND W.J., 1994 - *Keystone species*. In: SCHULZE E.D., MOONEY H.A. (Eds.) *Biodiversity and Ecosystem Function*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, ISBN 3-540-58103-0: 237-253.
- BOYLE T.B.J., 1994 - *Biodiversity, Temperate Ecosystems and Global Change: Introduction to the NATO Advanced Research Workshop*. In: BOYLE T.B.J., BOYLE C.E.B. *Biodiversity, Temperate Ecosystems and Global Change* (Eds.) Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Biodiversity, Temperate Ecosystems and Global Change, August 15-19, Montebello, Canada. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, ISBN 3-540-8: 1-7.
- BURGESS R.L., SHARPE D.M., (Eds.), 1981 - *Forest Islands Dynamics in Man Dominated Landscapes*. Springer-Verlag, New York.
- CELLERINO G.P., GENNARO M., 2000 - *Drought as predisposing factor in oak decline*. In: RAGAZZI A., DELLA VALLE I., MORICCA S., CAPRETTI P., RADDI P. (Eds.) *Decline of oak species in Italy. Problems and perspectives*. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Firenze, 49: 157-173.
- DAVISON S.E., FORMAN R.T.T., 1982 - *Herb and shrub dynamics in a mature oak forest: a thirty-year study*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 109: 64-73.
- DEL FAVERO R., (Ed.), 2000 - *Biodiversità e Indicatori nei tipi forestali del Veneto*. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Commissione Europea, Regione Veneto, 335 p.
- DE PHILIPPIS A., 1961 - *Appunti dalle lezioni di ecologia forestale e selvicoltura generale*. Anno accademico 1960-61. Università di Firenze.
- DE PHILIPPIS A., 1970 - *Governo e trattamento dei boschi: dall'insegnamento di Vallombrosa alla realtà di oggi*. In: *L'Italia forestale nel centenario della fondazione della Scuola di Vallombrosa*. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, 1970: 87-117.
- DE PHILIPPIS A., 1980 - *L'ecosistema forestale*. Accademia nazionale dei Lincei. VII Seminario sull'evoluzione biologica e i grandi problemi della biologia.
- DREAM ITALIA, 1994 - *Piano di Gestione Forestale 1994-2003 - Complesso Forestale Bandite di Follonica*. Regione Toscana, Comunità Montana Colline Metallifere.
- FAGGIONI R., CADONI F., 2000 - *Analisi dello Stato dell'Arte sui Metadati nel Settore Cartografico* Convenzione Regione Basilicata - Centro Interregionale Sistema Cartografico di Riferimento.

- FEMAT (Forest Ecosystem Management Team NBII), <http://www.pnwin.nbii.gov/>
- FINKE L., 1993 - *Introduzione all'Ecologia del Paesaggio*, Franco Angeli Milano, 268 p.
- FORMAN R.T.T., 1995 - *Land Mosaics. The ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, Cambridge, 631 p.
- FORMAN R.T.T., GODRON M., 1986 - *Landscape Ecology*. Wiley, New York, 620 p.
- FULLER R.J., WARREN S., 1993 - *Coppiced woodlands: their management for wildlife*. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough, 34 p.
- FULLER R.J., 2000 - *Influence of treefall gaps on distributions of breeding birds within interior old-growth stands in Bialowieza Forest, Poland*, *Condor*, 102: 267-274.
- FULLER R.J., STUTTARD P., RAY C.M., 1989 - *The distribution of breeding songbirds within mixed coppiced woodland in Kent, England, in relation to vegetation age and structure*. *Annales Zoologici Fennici*, 26: 265-275.
- GIOVANNINI G., CHINES A., GANDOLFO G., 2003 - *Danni da ungulati selvatici in boschi cedui: effetti delle modalità di utilizzazione forestale*. *Sherwood* 9 (1): 9-16.
- GUISAN A., ZIMMERMANN N.E., 2000 - *Predictive habitat distribution models in ecology*. *Ecological Modelling*, 135: 147-186.
- GURNELL J., HICKS M., WHITBREAD S., 1992 - *The effects of coppice management on small mammal population*. In: BUCKLEY G.P., (Ed.) *Ecology and Management of Coppice Woodlands*, Chapman & Hall, London: 213-231.
- HAGEMELJER W.J.M., BLAIR M.J. (Eds.), 1997 - *The EBCC Atlas of European Breeding Birds: Their Distribution and Abundance*. T. e A.D. Poyser, London.
- HANSEN A.J., VEGA R.M., MCKEE A.W., MOLDENKE A., 1994 - *Ecological Processes Linking Forest Structure and Avian Diversity in West Oregon*. In: BOYLE T.B.J., BOYLE C.E.B., Biodiversity, Temperate Ecosystems and Global Change (Eds.) *Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Biodiversity, Temperate Ecosystems and Global Change*, August 15-19, Montebello, Canada. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, ISBN 3-540-8: 217-245.
- HARRIS L.D., 1984 - *The Fragmented Forest*, University of Chicago Press, Chicago.
- HARRISON S., FAHRIG L., 1995 - *Landscape pattern and population conservation*. In: HANSSON L., FAHRIG L., MERRIAM G., *Mosaic Landscapes and Ecological Processes*. Chapman&Hall, London: 293-308.
- JAMES F.C., 1971 - *Ordination of habitat relationships among breeding birds*. *Wilson Bulletin* 83: 215-236.
- KOTLIAR N.B., WIENS J.A., 1990 - *Multiple scales of patchiness and patch structure: a hierarchical framework for the study of heterogeneity*. *Oikos* 59: 253-260.
- LEGA ITALIANA PROTEZIONE UCCELLI, WORLD-WIDE FUND FOR NATURE (Eds.), 1999 - *Nuova Lista Rossa degli uccelli nidificanti in Italia*. *Riv. Ital. Orn.* 69 (1): 3-43.
- LEHMANN A., OVERTON J. M.C.C., AUSTIN M.P., 2002 - *Regression models for spatial prediction: their role for biodiversity and conservation*. *Biodiversity and Conservation*, 11: 2085-2092.
- LOVARI S., RENZONI I., FONDI R., 1976. *The predatory habits of the Barn Owl (Tyto alba) in relation to the vegetation cover*. *Boll. Zool.* 2001 (43): 173-191.
- LUISE N., LERARIO P., 2000 - *Silvicultural practices for oak decline control*. In: RAGAZZI A., DELLA VALLE I., MORRICA S., CAPRETTI P., RADDI P. (Eds.) *Decline of oak species in Italy. Problems and perspectives*. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze: 145-155.
- MAIROTA P., PIUSSI P., TELLINI FLORENZANO G., 2002 - *Relationships between bird distribution and landscape pattern at scales relevant to forest management*. In: CHAMBERLAIN D., WILSON A., *Avian Landscape Ecology: Pure and Applied Issues*. *Proceedings of the 11th Annual IALE UK Conference 10th -13th September 2002*, University of East Anglia, ISBN 0-9524263-9-0: 95 (poster).
- MAIROTA P., PIUSSI P., 2001 - *Analisi eco-paesistica finalizzata alla gestione multifunzionale del bosco nella Toscana meridionale*. In: DE ANGELIS P., MACUZ A. BUCCI G., SCARASCIA MUGNOZZA G. (Eds.), *Alberi e Foreste per il Nuovo Millennio. Atti del III Congresso Nazionale della Società Italiana di Selvicoltura ed Ecologia Forestale - 15-18 ottobre 2001 Viterbo*: 503-510.
- MAIROTA P., PIUSSI P., 2002 - *Analisi eco-paesistica finalizzata alla gestione multifunzionale del bosco nella Toscana meridionale, II Contributo al Progetto "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e culturale di differenti modalità di matricinatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno"* - ISSEL-ARSIA. *Dati non pubblicati*.
- MAIROTA P., PIUSSI P., 2003 - *Analisi eco-paesistica finalizzata alla gestione multifunzionale del bosco nella Toscana meridionale, III Contributo al Progetto "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e culturale di differenti modalità di matricinatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno"* - ISSEL-ARSIA. *Dati non pubblicati*.
- MASON C.F., MACDONALD S.M., 2002 - *Responses of ground flora to coppice management in an English woodland - a study using permanent quadrats*. *Biodiversity and Conservation*, 11: 1773-1789.
- MCGARIGAL K., CUSHMAN S.A., NEEL M.C., 2002 - *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for categorical maps*. Computer software produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at: www.umass.edu/landeco/fragstats.html.
- MCNEELY J.A., MILLER K.R., REID W.V., MITTERMEIER R.A., WERNER T.B., 1990 - *Conserving the world's biological diversity*. World Conservation Union (IUCN), Gland Switzerland.
- MITCHELL P.L., 1992 - *Growth stages and microclimate in coppice and high forest*. In BUCKLEY G.P., (Ed.) *Ecology and Management of Coppice Woodlands*, Chapman & Hall, London: 31-51.
- NAVEH, Z., LIEBERMAN A.S., 1984 - *Landscape Ecology: Theory and Application*. Springer-Verlag, New York, 356 p.

- NEAVE P., NEAVE E., WEINS T., RICHE T., 2000 - *Availability of Wildlife Habitat on Farmland*. In: McRAE T., SMITH C.A.S., GREGORICH L.J. (Eds.) *Environmental Sustainability of Canadian Agriculture: Report of the Agri-Environmental Indicator Project*. Agriculture and Food Canada. Ottawa, Ontario: 145-156.
- NILSSON C., GRELSSON G., 1995 - *The fragility of ecosystems: a review*. *Journal of Applied Ecology* 32: 677-692.
- NOSS R.F., 1990 - *Indicators for Monitoring Biodiversity: a Hierarchical Approach*. *Conservation Biology*, 4 (4): 355-364.
- ODUM E.P., 1973 - *Principi di Ecologia*. Piccin Padova, 544 p.
- ODUM E.P., 1983 - *Basic Ecology*. CBS College Publishing. trad. ital.: *Basi di Ecologia*, 1988 Piccin Padova, 544 p.
- PAOLETTI M., 2001 - *La biodiversità negli agroecosistemi e bioindicatori di qualità ambientale*. *Urbanistica*, 118: 116-122.
- PAPI R., 2001 - *Effetti della gestione forestale sulla comunità ornitica in un'area protetta del Lazio (Riserva Naturale Monte Rufeno)*. In: DE ANGELIS P., MACUZ A., BUCCI G., SCARASCIA MUGNOZZA G. (Eds.), *Alberi e Foreste per il Nuovo Millennio Atti del III Congresso Nazionale della Società Italiana di Selvicoltura ed Ecologia Forestale - 15-18 ottobre 2001 Viterbo*: 43-46.
- PATRONE G., 1970 - *Economia forestale*. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, 676 p.
- PAVARI A., 1933 - *Lezioni di ecologia forestale e selvicoltura generale*. R. Istituto Superiore Agrario e Forestale, Firenze. Anno accademico 1932-33.
- PEDROTTI L., DUPRÉ E., PREATONI D., TOSO S., - 2001 *Banca dati ungulati: status, distribuzione, consistenza, gestione, prelievo venatorio e potenzialità delle popolazioni di ungulati in Italia*. *Biologia e Conservazione della Fauna*, 109: 1-128.
- PETERSON R., MOUNFORT G., HOLLON P.A.D., 1983 - *Guida agli uccelli in Europa*. Muzio & C. Padova.
- PIANKA E.R., 1967 - *Lizard species diversity*. *Ecology*, 48: 333-351.
- PIGNATTI G., 1998 - *Struttura del popolamento forestale*. In: PIGNATTI S., 1998 *I boschi d'Italia*. UTET Torino.
- PONS T.L., 1976 - *An ecophysiological study in the field layer of ash coppice. I Field measurements*. *Acta Botanica Neerlandica*, 25: 401-416.
- PULLIAM H.R., 1988 - *Sources, sinks, and population regulation*. *American Naturalist* 132 (5): 652-661.
- PULLIAM H.R., DUNNING J.B. JR., LIU J., 1992 - *Population dynamics in complex landscapes: a case study*. *Ecological Applications* 2 (2): 165-177.
- REMMEL T.K., CSILLAG F., - 2003 *When are two landscape pattern indices significantly different?* *J. Geograph. Syst.* 5: 331-351.
- RIJTTERS K., WICKHAM J., O'NEILL R., JONES B., SMITH E., 2000 - *Global scale patterns of forest fragmentation*. *Conservation Ecology* <http://www.consecol.org/Journal/vol4/iss2/art3/main.html>
- ROLANDO A., 1986 - *La teoria della nicchia: prospettive e problemi in ornitologia*. *Avocetta* 10 (1): 1-36.
- ROMANI V., 1994 - *Il Paesaggio Teoria e Pianificazione*. Franco Angeli Milano, 239 p.
- ROSSI R., 2002 - *La strategia della Regione Toscana per la tutela della diversità ecologica*. Atti del Convegno "La conservazione della biodiversità: dalla singola area alla rete ecologica" LIPU-BirdLife International - Provincia Autonoma di Trento, Monte Bondone (TN) 31 maggio.
- ROSSI R., MERENDI G.A., VINCI A. (Eds.), 1996. *I sistemi di paesaggio della Toscana*, Regione Toscana, Dipartimento Agricoltura e Foreste. Firenze.
- RUSHTON S.P., ORMEROD S.J., KERBY G., 2004 - *New paradigms for modelling species distributions?* *Journal of Applied Ecology*, 41: 193-200.
- SCHUETZ J.P.H., 1997 - *Sylviculture 2*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 178 p.
- SCHULZE E.D., MOONEY H.A., 1994 - *Ecosystem Function of Biodiversity: A Summary*. In: SCHULZE E.D., MOONEY H.A. (Eds.) *Biodiversity and Ecosystem Function*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, ISBN 3-540-58103-0: 497-510.
- SICOLI G., DE GIOIA T., LUISI N., LERARIO P., 1998 - *Multiple factors associated with oak decline in Southern Italy*. *Phytopath. Medit*, 37: 1-8.
- SIMBERLOFF D., 1999 - *The role of science in the preservation of forest biodiversity*. *Forest Ecology and Management* 115 (2-3): 10-111.
- SPOSIMO P., TELLINI G., 1995 - *Lista Rossa degli uccelli nidificanti in Toscana*. *Riv. Ital. Orn.* 64 (2): 131-140.
- TELLINI FLORENZANO G., 1996 - *Gli Uccelli della Val di Cecina. Quattro anni di monitoraggio ornitologico e di attività di cattura ed inanellamento: 1992-1995*. Regione Toscana - Comunità Montana della Val di Cecina, Pontedera, 147 p.
- TELLINI FLORENZANO G., ARCAMONE E., BACCETTI N., MESCHINI E., SPOSIMO P., 1997 - *Atlante degli uccelli nidificanti e svernanti in Toscana 1982-1992*. *Quad. Mus. Stor. Nat. Livorno. Monografie I*, 414 p.
- TREVISANI M., 1998 - *Verso il Sistema Informativo Territoriale della Regione Toscana*. Regione Toscana Dipartimento politiche del territorio, dei trasporti e delle infrastrutture.
- TUCKER G.M., EVANS M.I., 1997 - *Habitats for birds in Europe: a conservation strategy for the wider environment*. BirdLife International (BirdLife Conservation Series n. 6), Cambridge, 464 p.
- URBAN D.L., SMITH T.M., 1989 - *Microhabitat pattern and the structure of forest bird communities*. *American Naturalist* 133 (6): 811-829.
- WIENS J.A., 1992 - *Ecological flows across landscape boundaries: a conceptual overview*. In: HANSEN A.J., DI CASTRI F., (Eds.) *Landscape boundaries*. Springer-Verlag, New York: 217-235.
- WIENS J.A., 1995 - *Landscape mosaics and ecological theory*. In: HANSSON, L., FAHRIG L., MERRIAM G. (Eds.) *Mosaic landscapes and ecological processes*. Chapman & Hall, London: 1-26.

- WIENS J.A., 1997 - *The emerging role of patchiness in conservation biology*. In: PICKETT S.T.A., OSTFELD R.S., SHACHAK M., LICKENS G.E (Eds.) *The Ecological Basis of Conservation: heterogeneity, ecosystems, and biodiversity*. Chapman & Hall, London: 93-107.
- WIENS J.A., 1999 - *Landscape ecology: scaling from mechanism to management*. Proceedings of the VII International Congress of Ecology, Florence 19-25 July, 1998: 13-24.
- WILCOVE D.S., 1985 - *Depredation on artificial ground nests: effect of edge and plot age*. *Journal of Wildlife Management*. 49: 508-513.
- WHITTAKER R.H., 1965 - *Dominance and diversity in land plant communities*. *Science*, 163:150-160.
- WORLD CONSERVATION UNION, UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, WORLD-WIDE FUND FOR NATURE, 1991 - *Caring for the Earth: A Strategy for Sustainable Living*. World Conservation Union (IUCN), Gland Switzerland.
- WORLD RESOURCE INSTITUTE, WORLD CONSERVATION UNION, UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 1991 - *The Global Biodiversity Strategy*. World Resource Institute, Washington DC.
- ZONNEVELD I.S., 1979 - *Land evaluation and Land(scape) Science*. ITC-International Institute for aerial survey and earth sciences, Enschede, 134 p.

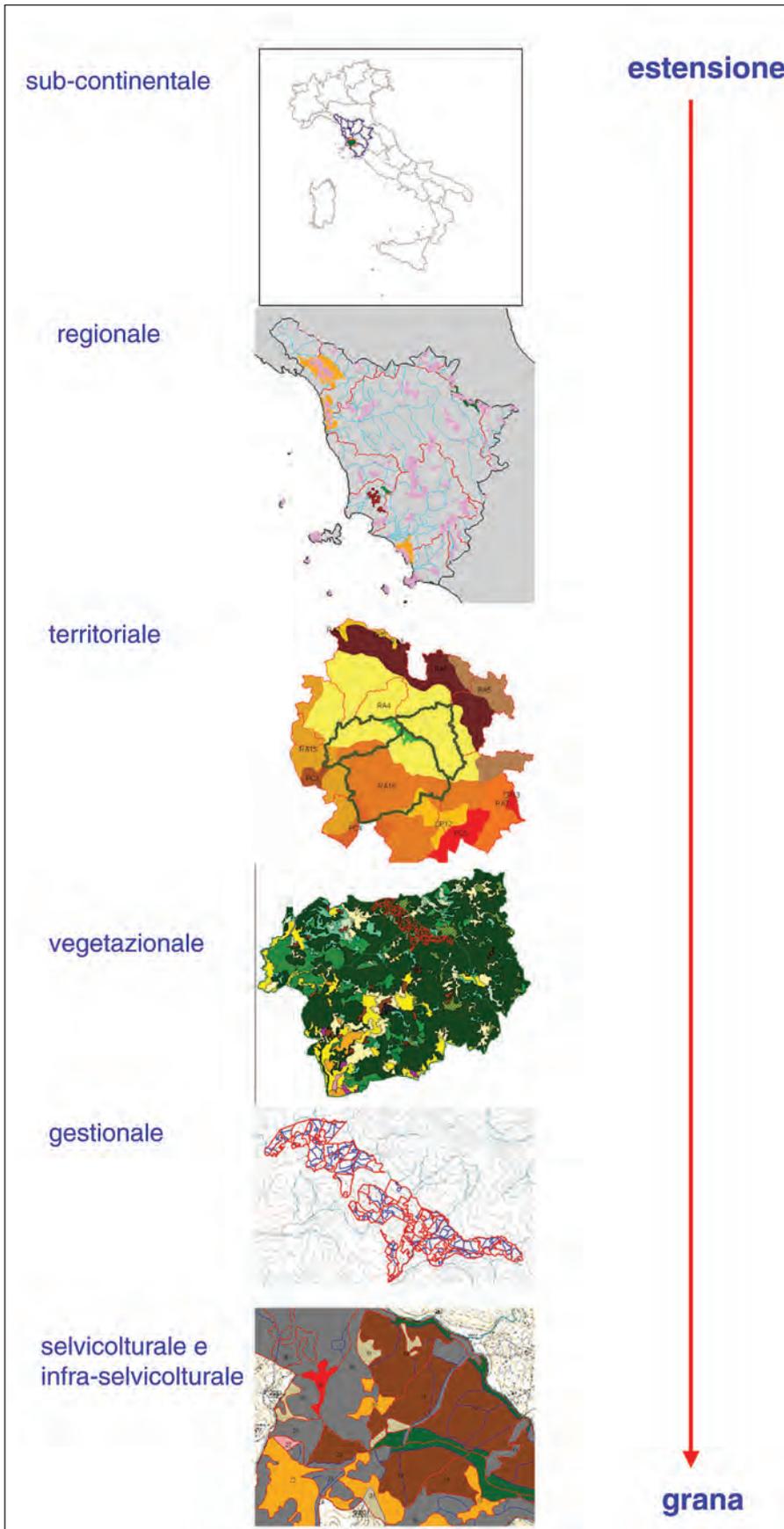


Tavola 1 – Range di scale spaziali e limiti della percezione.
Spatial scales range and perception limits.

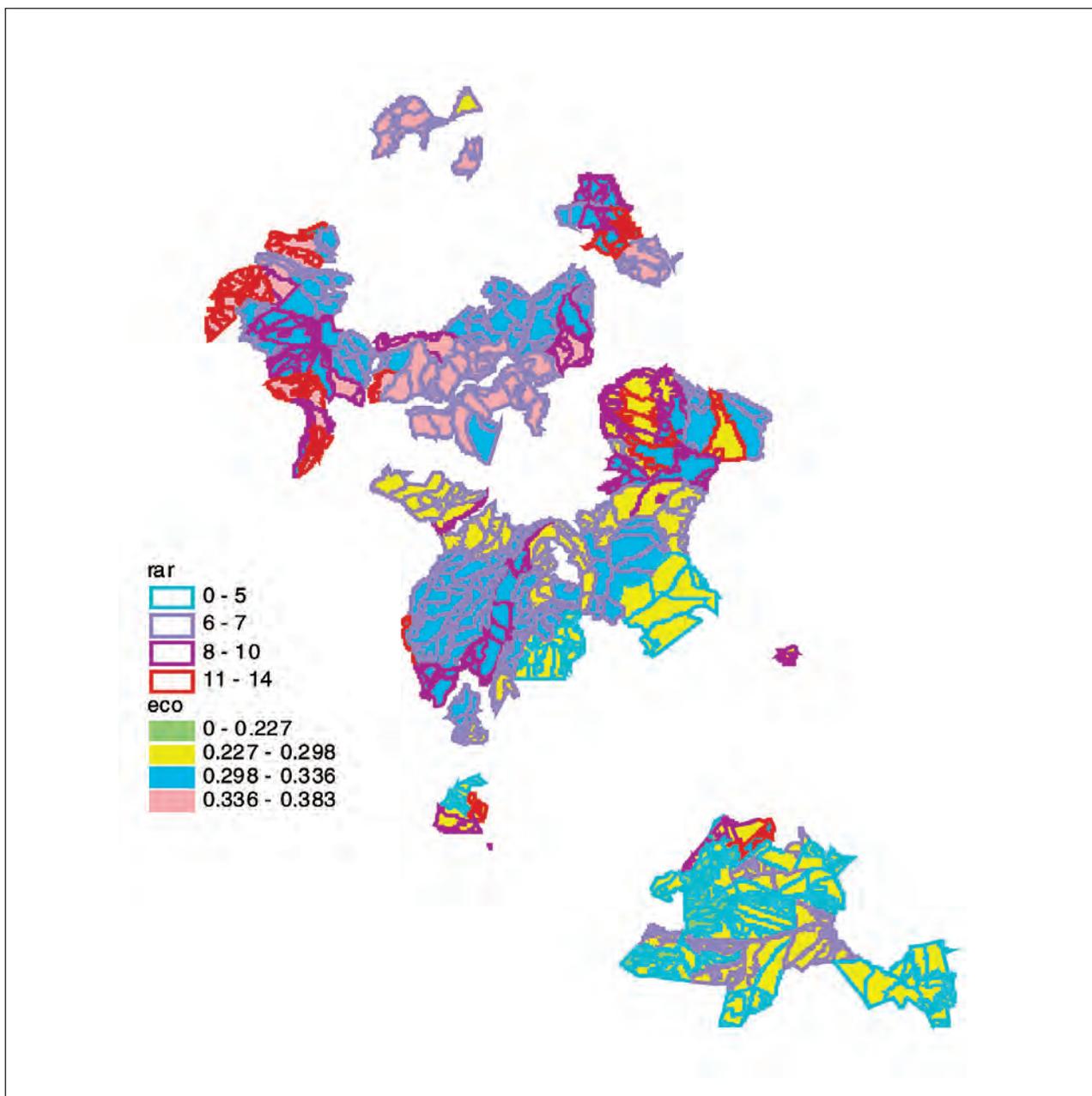


Tavola 2 – Livello selvicolturale: carta degli indici di rarità e qualità ambientale.
Silvicultural level: map of rarity and environmental quality indexes.

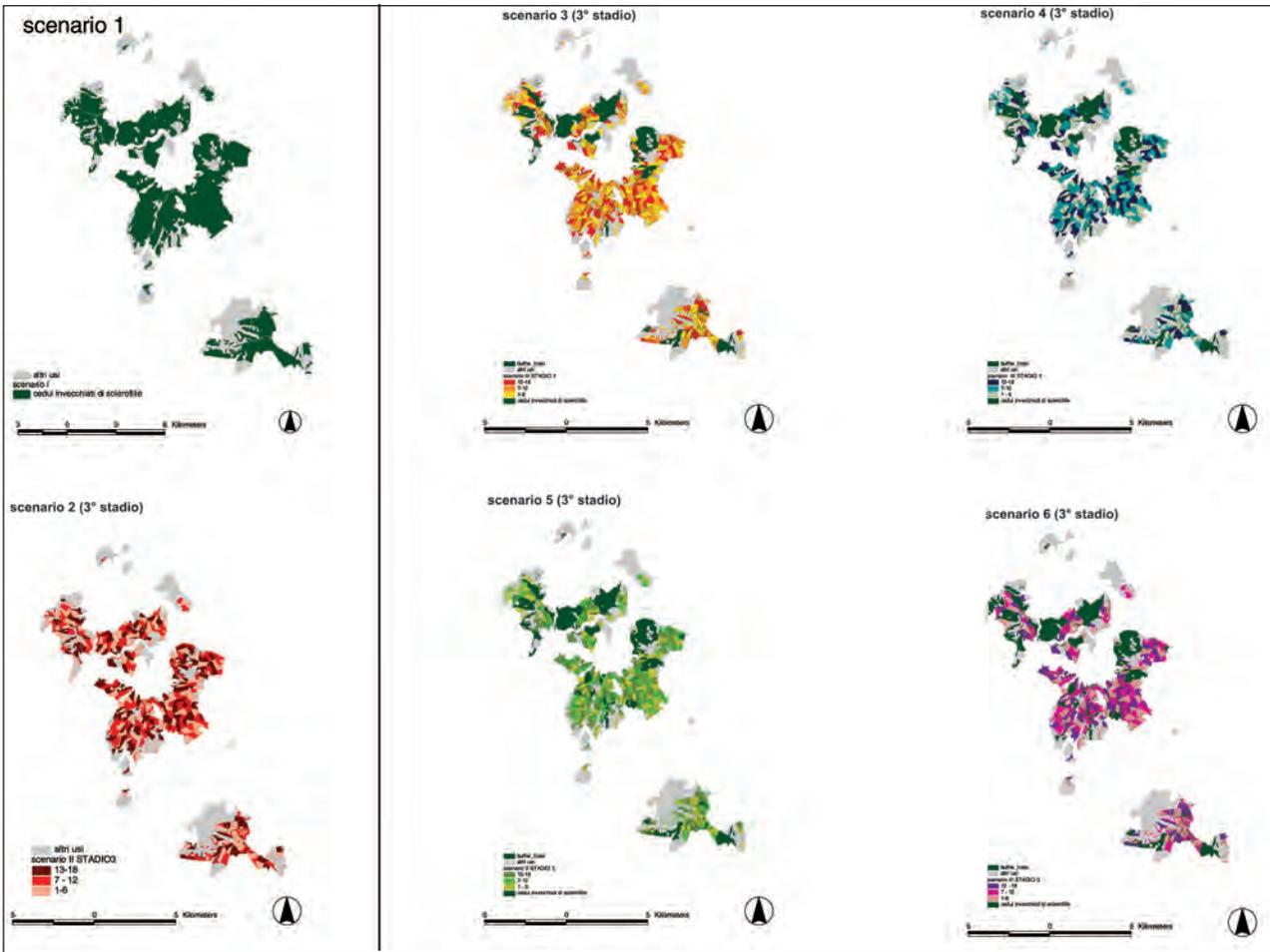


Tavola 3 – Confronto tra gli scenari (3° stadio).
Comparison among scenarios (3rd stage).

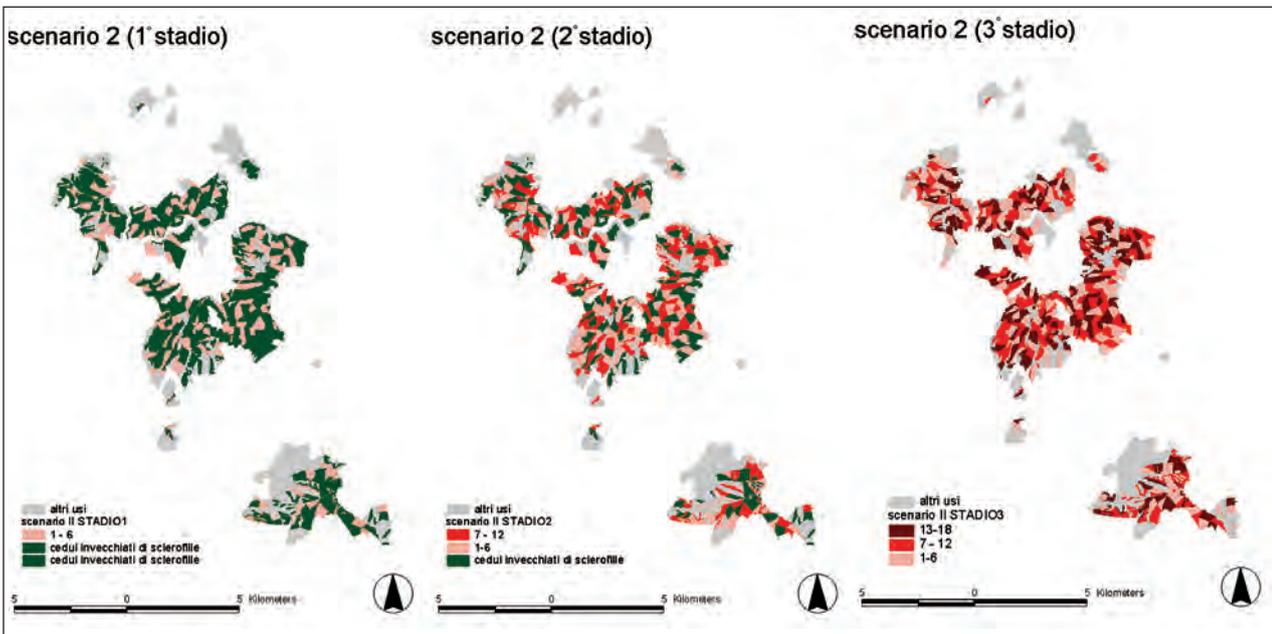


Tavola 4 – Dinamica dello scenario 2.
Dynamics of scenario 2.

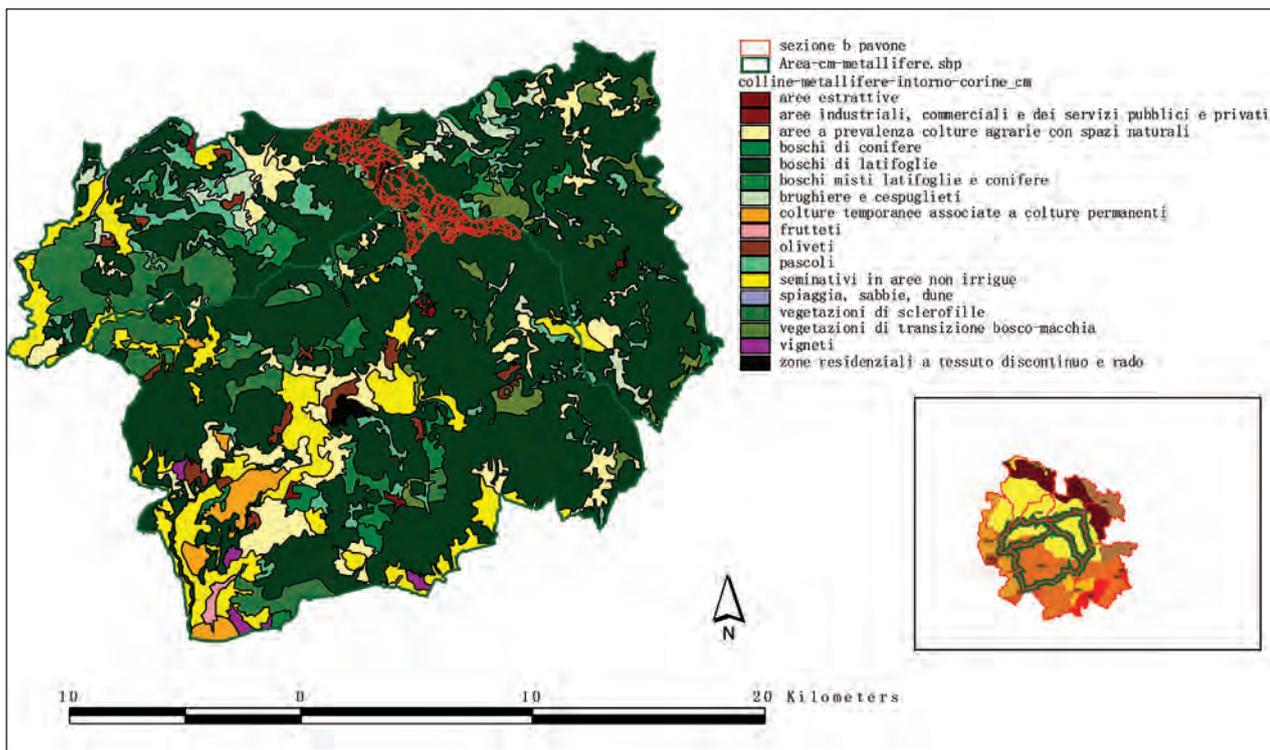


Tavola 6 – Inquadramento vegetazionale (copertura del suolo).
Vegetation context (land cover).

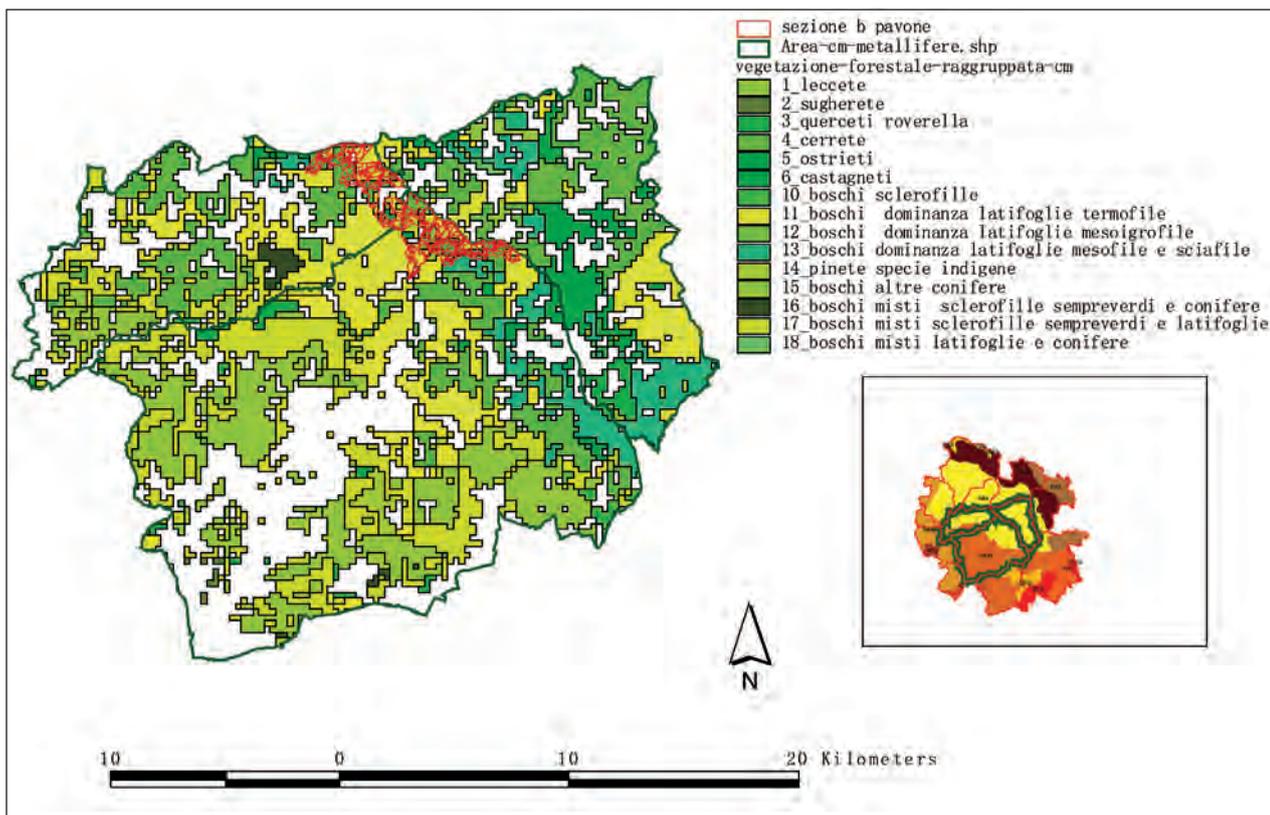


Tavola 7 – Inquadramento vegetazionale (tipi forestali).
Vegetation context (forest types).

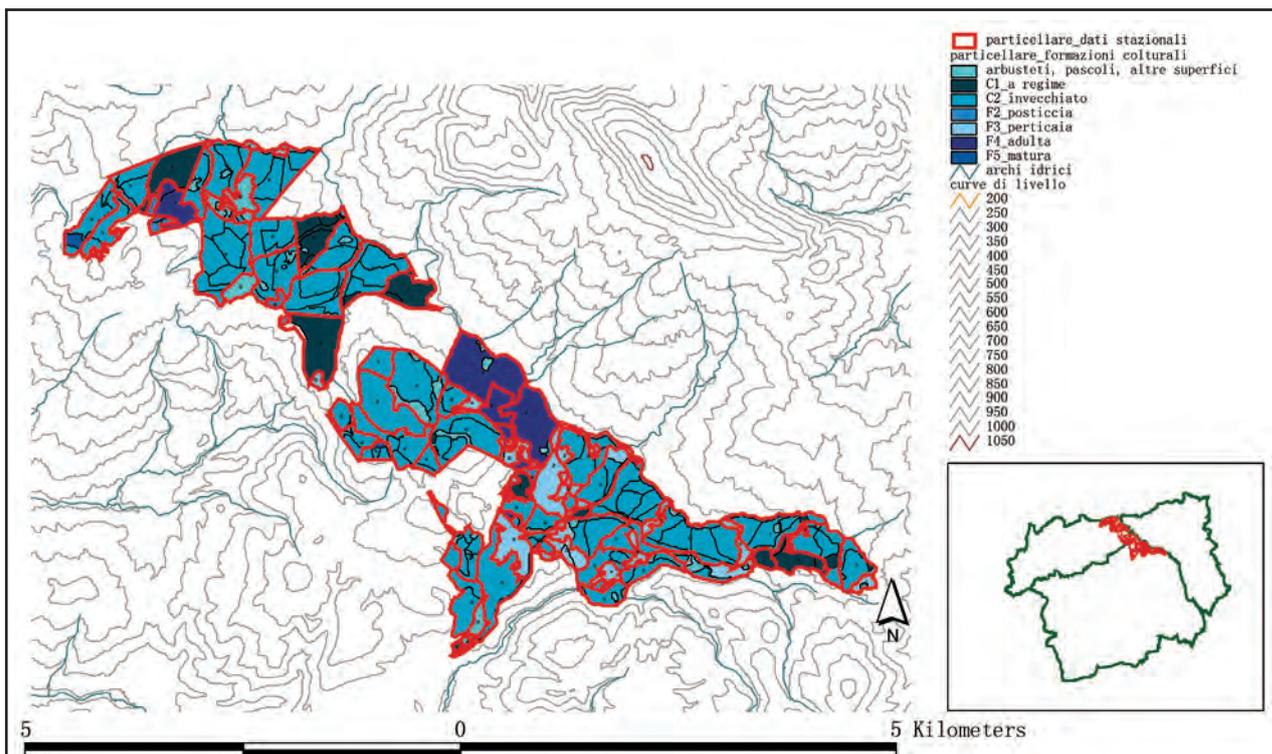


Tavola 8 – Inquadramento gestionale (tipi di struttura).
Management context (structure types).

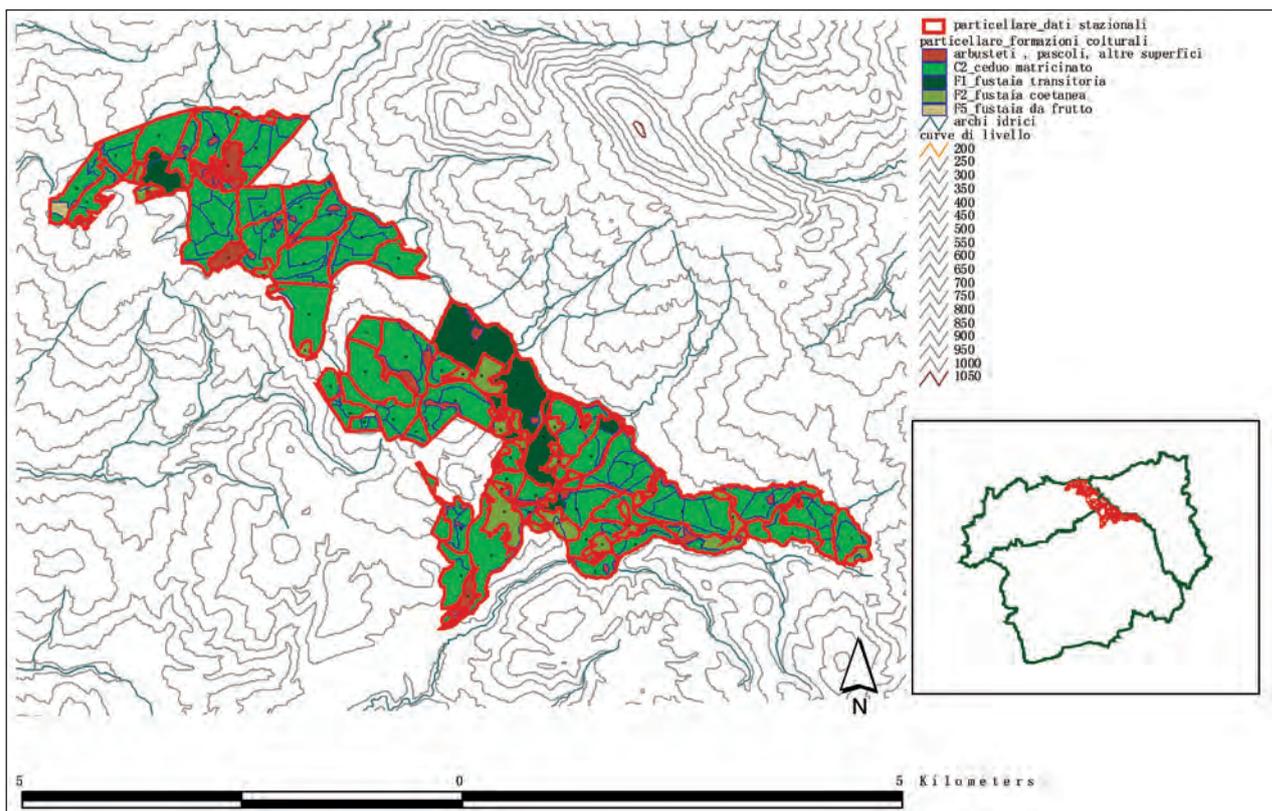


Tavola 9 – Inquadramento gestionale (tipi di formazione).
Management context (forest land use types).

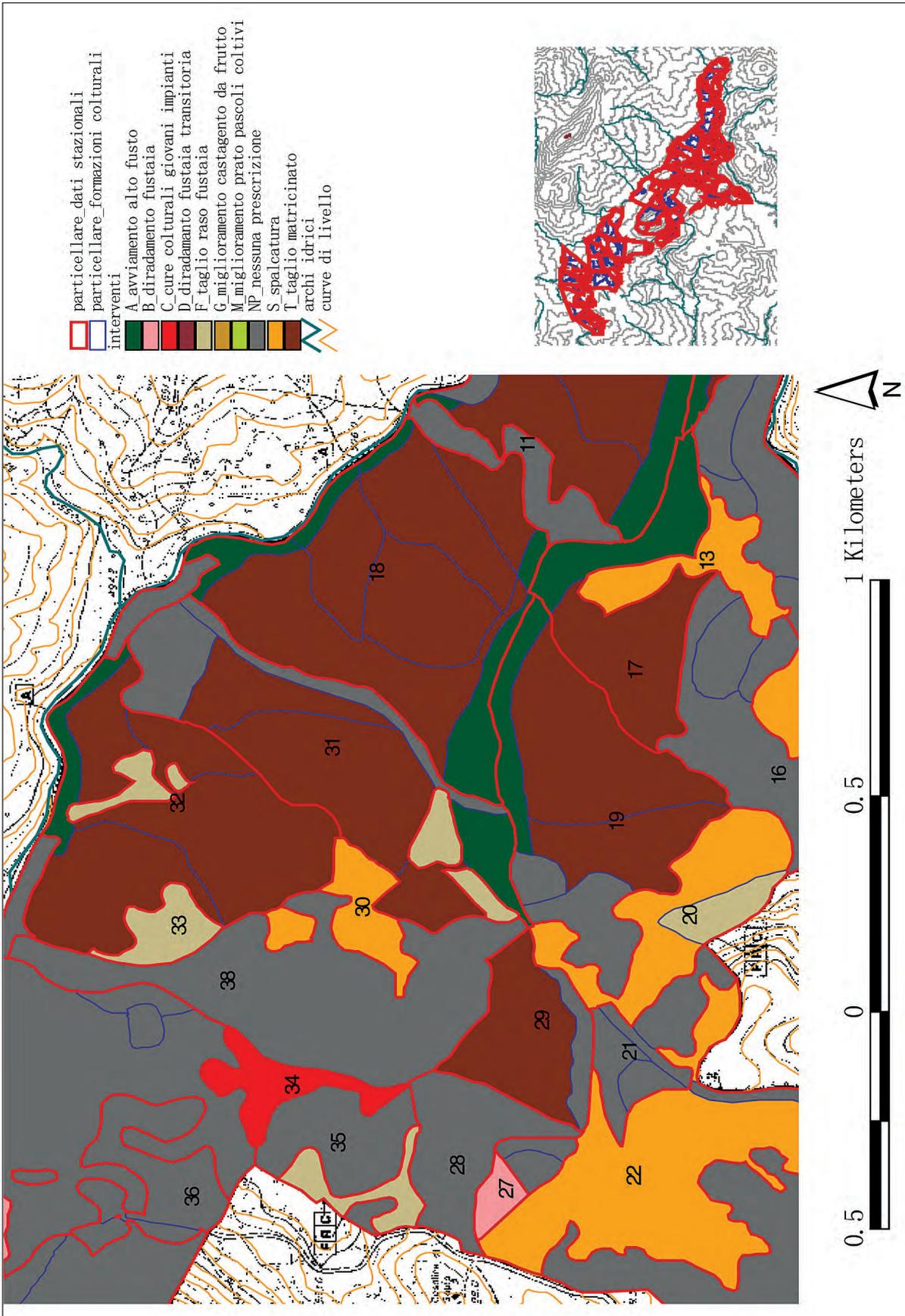


Tavola 10 – Inquadramento selvicolturale.
 Silviculture context.

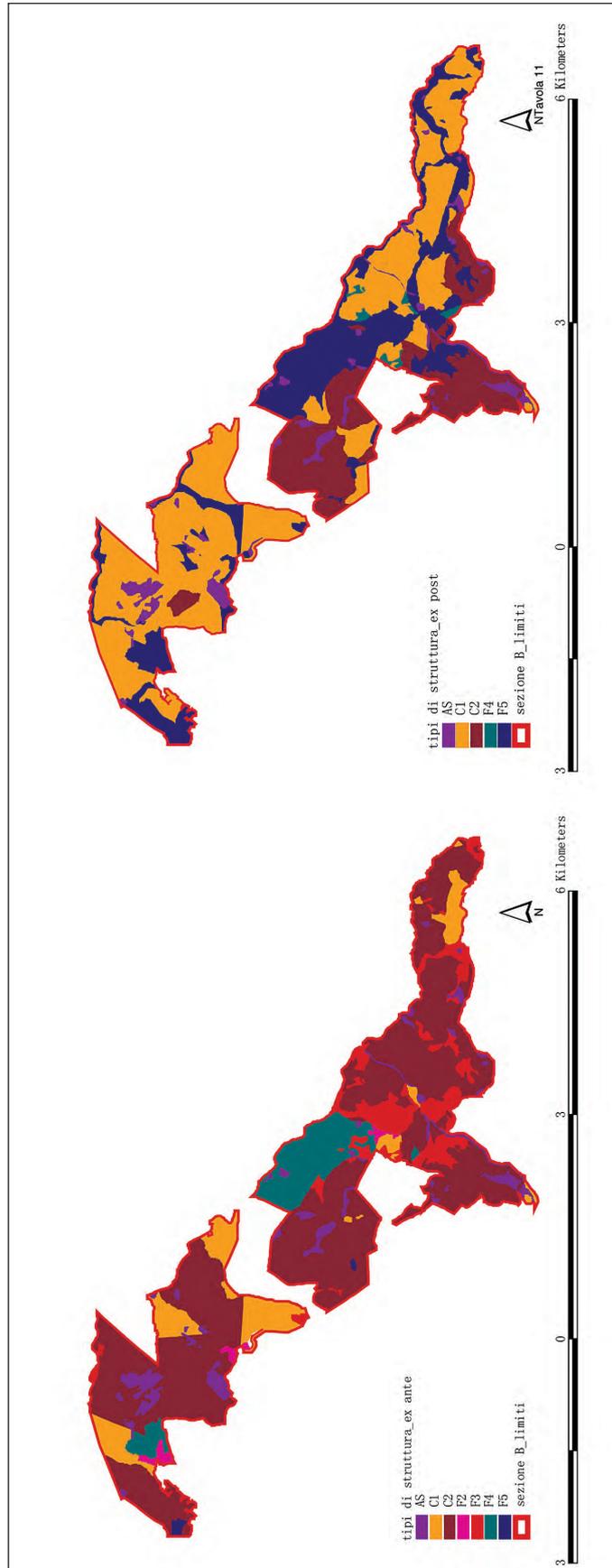


Tavola 11 – Dinamica della distribuzione spaziale dei tipi di struttura. Sono rappresentati i livelli gerarchici II e III.
Structure type spatial distribution dynamics. II and III hierarchical levels are represented.

Incidenza della cipollatura in popolamenti cedui di castagno da legno del Monte Amiata[§]

Claudia Becagli^{1*}, Emilio Amorini¹, Maria Chiara Manetti¹

Accettato il 6 luglio 2006

Riassunto – La cipollatura rappresenta uno dei maggiori problemi per la valorizzazione del legno di castagno; la produzione e la commercializzazione di assortimenti di elevato valore economico risulta infatti subordinata alla presenza del difetto. Ancora oggi non sono ben chiare le cause responsabili dell'insorgenza dell'anomalia ma è ormai constatato che tra i fattori predisponenti vi è, in tutti i casi, l'irregolarità dell'accrescimento. Questo contributo si propone di valutare l'incidenza della cipollatura in relazione alle modalità degli interventi colturali applicati e di definire le possibili relazioni tra presenza del difetto e ritmo di accrescimento. Lo studio è stato realizzato in tre popolamenti cedui di castagno del Monte Amiata (SI) che hanno oltrepassato l'età del turno consuetudinario, diversificati per condizioni stagionali, età del soprassuolo e storia selvicolturale trascorsa. In ciascun popolamento sono stati selezionati 23 alberi modello appartenenti al piano dominante ed intermedio. Di ciascuna pianta sono state prelevate 5 rotelle, ogni 50 cm, dalla sezione di base fino a 2,00 m di quota sul fusto. Su ciascuna sezione sono stati determinati: l'incidenza della cipollatura allo stato secco, definendo il numero, l'estensione e l'anno di formazione del difetto; l'incremento corrente di area basimetrica; la relazione tra cipollatura e accrescimento. I risultati ottenuti in questa prima fase dello studio hanno messo in evidenza alcune modalità nella formazione della cipollatura che possono risultare utili nella programmazione degli interventi selvicolturali: i) la cipollatura si manifesta principalmente nelle piante codominanti; ii) il difetto è generalmente limitato al primo metro di quota sul fusto; iii) le piante cipollate sono caratterizzate da un ritmo di accrescimento più elevato e irregolare rispetto a quelle sane; iv) le modalità di diradamento, in particolare l'età e l'intensità dell'intervento, giocano un ruolo predominante sulla formazione della cipollatura.

Parole chiave: valorizzazione del legno, selvicoltura, accrescimento, cipollatura.

Abstract – Ring shake incidence in chestnut (*Castanea sativa* Mill.) coppice stands on Monte Amiata. Ring shake represents one of the most important problems in the exploitation of chestnut wood. The production and marketing of assortments with a high economic value is mainly influenced by the occurrence of the failure. The origin of the failure is still not clear, but one of the most important factors is surely the irregular growth. The main goal of this contribution is to study the incidence of ring shake on dried wood in relationship with the silvicultural treatments and to define the possible relations between presence of the failure and the growth rhythm. The research was carried out in three overaged chestnut coppice stands on Monte Amiata (SI) that differ mainly by site conditions, age and silvicultural history. For each stand 23 sample trees were selected in the dominant and co-dominant crown layer. From each tree five stem discs were sampled every 50 cm, starting from the basal section up to 2.00 m. On each section ring shake incidence was surveyed, defining the number, the extension and the year of appearance of each failure; in addition the basal area current increment and the correlations between the presence of ring shake and growth were defined. Results show that silvicultural treatments affect the occurrence of ring shake. In particular, i) ring shake is more frequent in trees facing a high level of competition, ii) the failure is mainly restricted to the first stem meter; iii) the damaged trees are characterized by a higher and more irregular growth rhythm; and iv) the type of treatment and especially the stand age and the intensity of the first thinnings have a great influence in the appearance of the defect.

Key words: chestnut timber valorisation, silviculture, tree growth, ring shake.

F. D.C. 852. 18: 815: 176. 1 Castanea sativa: (450.52)

Introduzione

La cipollatura rappresenta ancora uno dei maggiori problemi per la valorizzazione del legname di castagno; la commercializzazione di assortimenti di elevato valore economico - tondo per travatura e tavolame - risulta infatti subordinata alla presenza del difetto. In primo luogo la presenza di questa anomalia impone lo scarto degli assortimenti destinati a tavolame con perdite che possono raggiungere anche il 90% del

materiale (RENZETTI – *in verbis*). Inoltre l'influenza della cipollatura risulta di primaria importanza anche sul tondo per travatura in quanto, combinandosi con le fessurazioni da ritiro, può dividere in più parti la sezione della trave e ridurne le caratteristiche di resistenza e rigidità (FIORAVANTI 1999).

Tale difetto si evidenzia con la discontinuità tangenziale del tessuto legnoso, che si sviluppa per un tratto più o meno lungo del fusto separando due anelli di accrescimento contigui e può interessare parte o

[§]Lavoro realizzato nell'ambito del progetto "Selvicoltura sostenibile nei boschi cedui: valutazione ecologica e colturale di differenti modalità di matricinatura e delle tecniche di diradamento in popolamenti di querce caducifoglie e di castagno" promosso e finanziato dall' ARSIA- REGIONE TOSCANA.

* Autore corrispondente claudia.becagli@entecra.it. Il lavoro è stato svolto dagli autori in parti uguali.

¹ C.R.A. - Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo .

tutto l'anello. Le cause scatenanti sono ancora in parte sconosciute. I motivi che inducono alla manifestazione della cipollatura sono di tipo meccanico (FONTI *et al.* 2002) e vengono attribuiti a fattori ambientali, genetici, selvicolturali e traumatici (CHANSON *et al.* 1989; BOURGEOIS 1992; FRASCARIA *et al.* 1992; MACCHIONI e PIVIDORI 1996; AMORINI *et al.* 1998; GIUDICI *et al.* 1997). I primi tre concorrono a determinare la cipollatura cosiddetta sana che si manifesta solitamente in seguito all'abbattimento o durante l'essiccazione (BONAMINI *et al.* 1993); mentre traumi e lesioni al cambio, provocati da utilizzazioni, agenti patogeni o gelate, favoriscono la formazione della cipollatura traumatica già presente sul fusto in piedi. Il fatto che la cipollatura da trauma possa essere identificata ed evitata con idonee misure colturali, la rende meno dannosa della cipollatura sana (CIELO 1993).

Secondo studi specifici (FIORAVANTI 1995; MACCHIONI 1995; FONTI 2003), la predisposizione allo sviluppo di cipollatura sana è da attribuire ad una scarsa resistenza radiale; le brusche variazioni del ritmo di crescita possono influenzare la densità degli anelli legnosi e originare forti tensioni interne che si liberano al momento dell'abbattimento e durante l'essiccazione. Le modalità di accrescimento esercitano quindi un'azione importante, sia nella formazione di tensioni nel fusto, sia nel determinare le caratteristiche fisico-meccaniche del legno (AMORINI *et al.* 1996). E' ormai constatato che tra i fattori predisponenti vi è, in tutti i casi, l'irregolarità degli anelli radiali consistente in sequenze di anelli larghi e di anelli stretti (MACCHIONI 1996; FONTI *et al.* 2002; FONTI e MACCHIONI 2003). Gli studi inerenti l'auxometria del popolamento rappresentano un valido strumento d'indagine (AMORINI e FABBIO 1983 e 1987) in quanto, attraverso la determinazione dell'incremento corrente, permettono di individuare quali fattori (ecologici, climatici e colturali) siano responsabili delle variazioni incrementali e quindi dell'insorgenza della cipollatura (AMORINI *et al.* 1996).

Le ricerche condotte dal C.R.A. Istituto Sperimentale per la Selvicoltura sul tema "cipollatura nel legno di castagno", iniziate nel 1996, sono realizzate in un'importante area castanicola toscana (versante senese del Monte Amiata) in popolamenti di origine cedua di differente età, struttura e intensità di gestione. L'obiettivo generale dello studio è quello di verificare l'effettivo ruolo del fattore selvicolturale nella formazione della cipollatura sana. La ricaduta pratica si estrinseca nella messa a punto di tecniche

selvicolturali idonee a limitare la presenza del difetto e quindi, in definitiva, incrementare la produzione di legname di maggiore qualità e pregio. Questo lavoro è un primo contributo, di tipo descrittivo, allo studio del fenomeno ed è finalizzato principalmente a: i) quantificare l'insorgenza della cipollatura in relazione alla struttura del popolamento e agli interventi colturali di diradamento; ii) valutare le relazioni tra la presenza del difetto e le modalità di accrescimento.

Materiale

Lo studio è stato condotto in tre aree sperimentali localizzate sulle pendici orientali del Monte Amiata (Siena) in una fascia altimetrica compresa tra 800 e 1200 m s.l.m., su suoli di buona fertilità di origine vulcanica. Secondo la classificazione fitoclimatica del Pavari, i cedui di castagno del Monte Amiata ricadono nel *Castanetum* sottozona calda del primo tipo ed in parte minore nella sottozona fredda (PERUGI e VETTORI 1993). Per effetto dell'isolamento orografico, il clima è fortemente influenzato dall'altitudine e dalla morfologia del territorio. La temperatura media annua oscilla fra i 10°-15°C, la precipitazione annua è maggiore di 1.200 mm con piovosità estiva superiore a 150 mm (AUTORI VARI 1998).

Le principali caratteristiche stazionali, selvicolturali e dendrometriche delle aree di studio sono riassunte nella Tabella 1. L'area di S. Lorenzo si differenzia dalle altre due non solo per l'età e per le caratteristiche stazionali, ma soprattutto per la scarsa densità delle ceppaie e dei polloni. Il regime di diradamenti applicato, sempre di tipo basso o misto, si differenzia nelle tre aree per l'età del primo intervento, per il numero di diradamenti applicati e per l'intensità del taglio.

Durante gli interventi di diradamento e nel corso del taglio raso del ceduo, sono stati selezionati, nelle tre aree, 20-23 alberi modello scelti nel piano dominante e codominante del soprassuolo. Gli alberi selezionati sono stati scelti, nei due piani sociali, tra quelli che presentavano sia la migliore conformazione del fusto e della chioma sia un maggiore accrescimento diametrico e quindi potenzialmente devoluti ad assortimenti di pregio. Da ogni fusto sono state poi prelevate 5 rotelle (sezioni a 0.00 - 0.50 - 1.00 - 1.50 - 2.00 m dal suolo) per definire il ritmo incrementale e valutare l'entità della cipollatura allo stato secco. In totale sono state analizzate 324 sezioni trasversali.

Tabella 1 - Caratteristiche stazionali, trattamento selvicolturale e principali parametri dendrometrici (dati prima del diradamento o del taglio raso) delle aree oggetto di studio (Monte Amiata, Siena).
Site characteristics, silvicultural system and main mensurational parameters (data before the thinning or coppicing) in the analysed experimental plots (Monte Amiata, Siena).

Area di studio (località)	Ermeta	Piaggia Filetta	San Lorenzo
Quota (m s.l.m.)	995	1000	850
Esposizione	Est	Est	Sud
Pendenza	30 %	Pianeggiante	8 %
Trattamento selvicolturale: età e intensità del diradamento	I - 7 anni / debole, II - 18 anni / media, III - 32 anni / forte	I - 14 anni / media, Taglio raso - 30 anni	I - 17 anni / debole, II - 35 anni / forte, III - 43 anni / forte
Età (anni)	33	30	43
Altezza dominante (m)	20.3	21.6	22.5
Ceppaie (n ha ⁻¹)	936	504	306
Polloni (n ha ⁻¹)	1316	1332	506
Area basimetrica (m ² ha ⁻¹)	35.06	46.67	39.16
Diametro medio (cm)	18.4	20.4	29.6

Metodo

Caratterizzazione degli alberi modello

Prima dell'abbattimento ciascun individuo è stato caratterizzato morfologicamente determinando il diametro a 1.30 m, l'altezza totale, la profondità e l'area d'insidenza della chioma secondo 4 raggi ortogonali. L'omogeneità dei dati in ciascuna area di studio è stata verificata attraverso l'analisi del test t per campioni indipendenti, confrontando i valori relativi ai parametri descrittivi rilevati nelle due classi sociali. Le differenze tra le tre aree sono state invece valutate attraverso l'analisi della varianza e il test di Tukey per confronti multipli (STATISTICA, STATSOFT 2000). E' stato inoltre calcolato, per ciascun individuo, l'indice di competizione di BIGING e DOBBERTIN (1992), che tiene conto della distanza con i competitori e dell'area di insidenza delle chiome ($BD = \sum_i^n (Cac / (Cas * (Dsc + 1)))$) dove: Cac = area della chioma del competitore; Cas = area della chioma dell'albero modello; Dsc = distanza con il competitore; n = numero di competitori).

Accrescimento legnoso

La misura degli accrescimenti legnosi è stata effettuata su tutte le sezioni con il dendrocronografo ottico meccanico Lega SMIL 3, su quattro raggi ortogonali, passo di lettura annuale e approssimazione di 1/100

di millimetro (MANETTI *et al.* 2000). L'elaborazione dei dati ha fornito i valori di accrescimento e dei relativi incrementi, corrente e medio, dei principali parametri auxometrici (raggio, diametro, area basimetrica) per ciascuna sezione analizzata ed ha permesso di valutare gli effetti degli interventi selvicolturali adottati.

Incidenza della cipollatura

Su ciascuna sezione, dopo circa 4-6 mesi di essiccamento naturale, sono state determinate:

- il numero di cipollature sane (**Nc**);
- l'estensione di ogni singola fessurazione, intesa come lunghezza della parte del settore circolare cipollato misurata lungo la sezione trasversale (**Ec**);
- l'anno di insorgenza del difetto;
- la circonferenza dell'anello cipollato (**Ea**);
- le cipollature appartenenti al terzo medio di raggio.

Per quantificare l'incidenza del difetto su ogni pianta e su ogni sezione sono stati poi determinati tre indici sintetici (Tabella 2). L'analisi dei dati ha permesso di definire il numero delle sezioni cipollate, il numero di alberi cipollati, la posizione sociale più colpita dal difetto, la frequenza delle fessurazioni in relazione all'anno e l'individuazione dei periodi con una maggiore incidenza di cipollatura. Sono state inoltre

Tabella 2 - Indici sintetici calcolati per quantificare il difetto della cipollatura su ciascuna sezione e albero modello.
Synthetic indexes calculated to quantify the ring shake failure on each tree section and sampled tree.

Indice di cipollatura	Formula	Legenda
Indice annuo di cipollatura	$Ic_a = \sum_i^n (Ec / Ea)$	Ec = estensione cipollatura;
Indice di cipollatura medio della sezione	$Ic_{n,S} = \sum_i^n ((Ec / Ea) / Nc)$	Ea = circonferenza anello cipollato;
Indice di cipollatura totale della pianta	$Ic_{tot,P} = \sum_i^n (Ec / Ea)$	Nc = numero di cipollature.

discriminate le cipollature che si sono formate prima e dopo gli interventi di diradamento per comprendere il ruolo delle differenti scelte gestionali sulla formazione di cipollatura sana.

Relazione tra modalità di accrescimento e incidenza della cipollatura

Per valutare se sussistono differenti modalità di accrescimento tra piante sane e cipollate in relazione agli interventi di diradamento è stato scelto come elemento di confronto l'incremento corrente di area basimetrica. Tale parametro, per le specifiche modalità di calcolo, amplifica ed esalta le differenze tra le singole serie e quindi permette di dettagliare gli effetti indotti dagli interventi selvicolturali applicati. Le curve individuali sono state comparate graficamente e statisticamente (coefficiente di correlazione *r* di Pearson, STATSOFT 2000), per identificare l'eventuale presenza di individui con andamento incrementale anomalo, e sono state costruite le serie medie per ciascuna categoria (piante sane, piante cipollate).

Infine, in ciascuna area di studio, è stata individuata la sezione con la maggiore presenza di cipollatura e,

relativamente ai periodi di maggior incidenza, sono state determinate per ciascuna serie le principali statistiche descrittive (valore medio dell'incremento corrente nel periodo, deviazione standard, coefficiente di variazione). Per valutare se esistono differenze statisticamente significative nell'accrescimento delle piante sane e cipollate sono stati effettuati l'analisi della varianza a una via (ANOVA) e il test di Tukey per confronti multipli T (Statistica, STATSOFT 2000).

Risultati

Caratterizzazione delle piante e dei siti scelti

La diversa età, fertilità stagionale e intensità colturale (Tabella 1) hanno determinato differenze significative tra le aree di studio per tutti i parametri analizzati (Figura 1). La minor fertilità stagionale dell'area Ermeta è evidente principalmente nei valori di altezza media, nettamente inferiori e significativamente differenti rispetto alle altre due aree; i valori di diametro medio risentono inoltre della differente densità dei soprassuoli e risultano inversamente proporzionali al numero di ceppaie presenti. Infine i

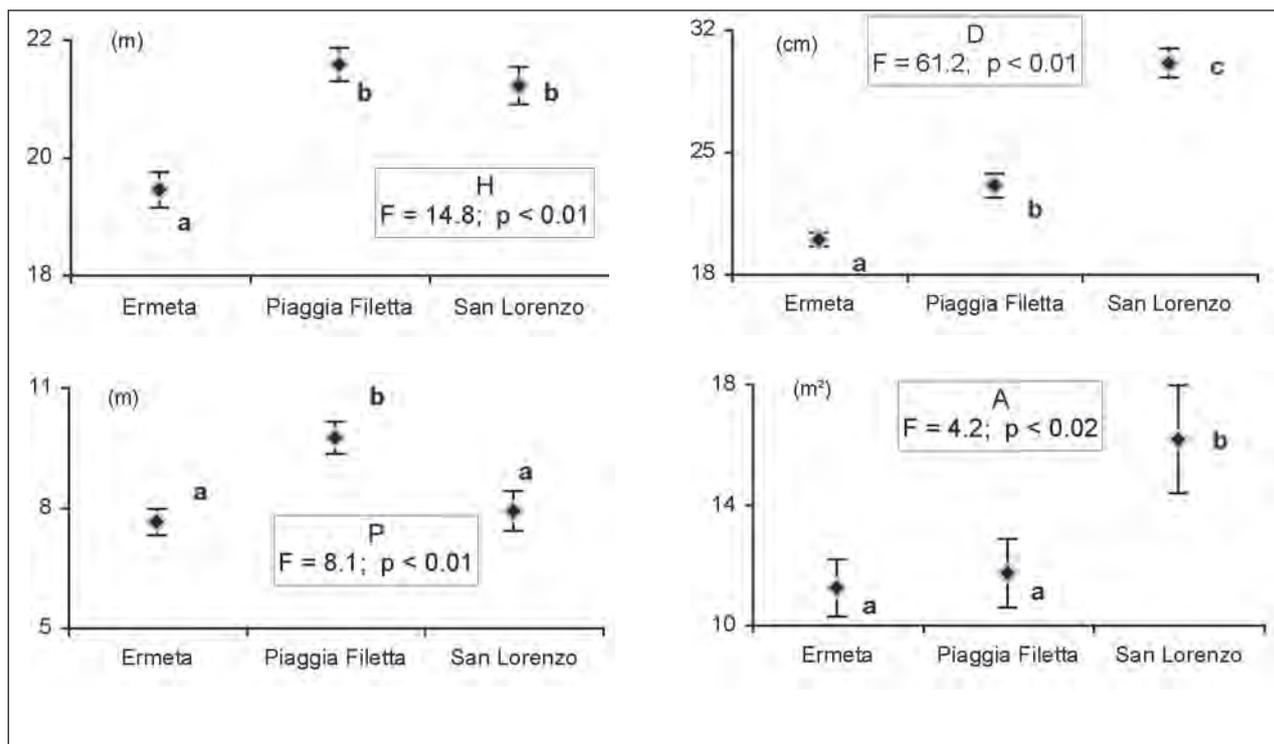


Figura 1 - Valori medi ed errore standard dei parametri descrittivi (D = diametro; H = altezza totale; P = profondità della chioma; A = area di insidenza della chioma) nelle tre aree. Sono riportati anche i risultati dell'analisi della varianza (F di Fisher e differenza tra trattamenti).
 Mean values and standard errors of descriptive parameters (D = diameter; H = total height; P = Crown length; A = crown area) in the three areas. The results of analysis of variance (Fisher's F and differences among silvicultural methods) are also reported.

Tabella 3 - Parametri dendrometrici e descrittivi degli alberi modello per classe sociale (D = dominante; CD = codominante) nelle tre aree di saggio. Sono segnalate le differenze statisticamente significative ($p < 0.05$).
Mensurational and descriptive parameters in the sampled trees by social class (D = dominant; CD = codominant) in the three plots. The statistically significant differences are reported.

	Ermeta		Piaggia Filetta		S. Lorenzo	
	D	CD	D	CD	D	CD
N alberi modello	13	10	17	6	9	11
Indice di competizione \pm ds	1.0 ^a \pm 0.3	2.7 ^b \pm 1.4	1.2 ^a \pm 0.5	3.4 ^b \pm 1.7	1.2 ^a \pm 0.7	1.9 ^a \pm 1.3
DIA (1.30 m) \pm ds (cm)	20.4 \pm 1.7	19.3 \pm 2.2	23.7 \pm 3.2	21.2 \pm 2.8	31.8 \pm 3.9	28.1 \pm 3.4
H tot \pm ds (m)	19.5 \pm 1.3	19.3 \pm 1.7	22.0 ^a \pm 1.1	20.5 ^a \pm 1.4	21.4 \pm 1.6	21.0 \pm 1.3
Prof. chioma media \pm ds (m)	7.9 \pm 1.2	7.2 \pm 1.9	10.1 \pm 1.5	8.5 \pm 2.3	8.4 \pm 2.6	6.9 \pm 1.9
Area chiome media \pm ds (m ²)	11.5 \pm 4.6	10.8 \pm 4.7	12.7 \pm 5.0	8.9 \pm 5.8	19.8 \pm 8.7	13.4 \pm 6.9

parametri descrittivi delle chiome (profondità e area di insidenza) riassumono gli effetti di tutti i fattori considerati e in particolar modo del regime di diradamenti applicato. Solo l'area di San Lorenzo, caratterizzata da un'elevata fertilità, un basso numero di polloni e da un diradamento di tipo forte effettuato all'età di 35 anni, si differenzia in modo significativo dalle altre due. L'analogia dei valori di area di insidenza della chioma nelle aree di Piaggia Filetta ed Ermeta è invece attribuibile alla comparabile densità di polloni che ha innescato in entrambe le aree, anche se con modalità diverse, una forte competizione (nella ceppaia in Piaggia Filetta e tra i polloni in Ermeta) che ha inibito l'allargamento delle chiome.

L'analisi del campione per categoria sociale in ciascuna area di studio (Tabella 3) ha evidenziato due principali e rilevanti risultati. Da una parte il maggior grado di competizione a cui sono sottoposte le piante della categoria sociale codominante, come mostrato dalle differenze statisticamente significative dell'indice di BIGING e DOBBERTIN; dall'altra l'omogeneità e la rappresentatività delle piante scelte per l'assenza di differenze significative per quanto riguarda i parametri dendrometrici considerati.

Accrescimento legnoso

L'analisi dell'accrescimento legnoso e la valutazione dell'impatto del trattamento sono stati effettuati comparando l'incremento corrente di area basimetrica alle diverse quote sul fusto nei tre popolamenti (Figura 2). In tutti e tre le aree la sezione di base, oltre a registrare valori incrementali più elevati, è caratterizzata da una maggiore irregolarità dell'accrescimento da attribuire alle specifiche modalità di sviluppo del pollone all'interno della ceppaia.

Le serie medie hanno messo in evidenza diverse modalità di accrescimento in funzione sia delle caratteristiche stagionali sia del trattamento selvicolturale

attuale e progressivo. Il regime di diradamenti applicato si differenzia nelle tre aree di studio essenzialmente per l'età del primo intervento e, in secondo luogo, per l'intensità del taglio. Nell'area Ermeta il primo diradamento, effettuato a 7 anni (1979), di tipo basso e di debole intensità, si è inserito nella fase iniziale di differenziazione sociale ed ha permesso di mantenere il trend incrementale regolarmente crescente nel tempo.

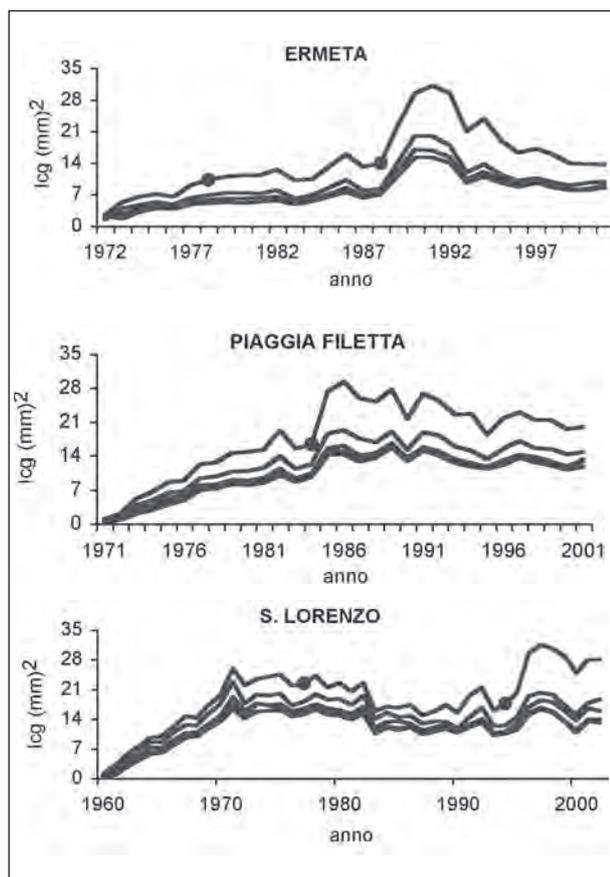


Figura 2 - Incremento corrente di area basimetrica delle 5 sezioni analizzate in ciascun popolamento. L'anno del diradamento (*) è riportato per ciascuna area sulla sezione a 0,00 m.
Current increment of basal area of the 5 cross sections analysed in each stand. The year of thinning () is reported on 0,00 m cross section.*

Tabella 4 - Presenza della cipollatura totale e per classe sociale nei tre popolamenti.
Presence of total ring shake and related to social class in the stands.

Area	Trattamento	Tutte le sezioni				Ic _{tot} P	Dominanti		Codominanti	
		tot	cip	% cip	% sane		% cip	% sane	% cip	% sane
Ermeta	Dir a 7-18-31 anni	113	18	16	84	0.91	17	83	14	86
P. Filetta	Dir a 14, ced a 30 anni	112	13	12	88	0.48	8	92	21	79
S. Lorenzo	Dir a 17-35-43 anni	99	53	54	46	2.03	40	60	65	35

Il secondo intervento (nel 1989 a 18 anni) si è invece configurato come un taglio di avviamento ad alto fusto (sono stati rilasciati 1-3 polloni per ceppaia) applicato in un ceduo di media fertilità ed elevata densità di ceppaie. Questi ultimi due fattori hanno contribuito a far sì che la brusca ripresa incrementale, registrata subito dopo il taglio, si esaurisca nel giro di pochi anni (6-8 anni). Successivamente l'accrescimento decresce fino all'attualità, epoca dell'ultimo diradamento.

La buona fertilità stazionale e il ridotto numero di ceppaie (origine agamica recente) presenti nei popolamenti di Piaggia Filetta e S. Lorenzo si riflettono nell'andamento incrementale, da subito notevolmente crescente rispetto all'area Ermeta. Il soprassuolo di Piaggia Filetta, sottoposto a un solo diradamento a 14 anni (1984) di tipo basso e di media intensità, ha mostrato una buona reattività all'intervento selvicolturale; lo scarso numero di ceppaie e la buona fertilità stazionale hanno poi permesso di mantenere i valori incrementali praticamente costanti fino al taglio raso.

Nel popolamento di S. Lorenzo, il primo diradamento (nel 1977 a 17 anni), dal basso e di debole intensità, si è inserito invece nella fase di stasi incrementale dovuta all'attiva competizione in atto per l'acquisizione del ruolo sociale. La debole intensità dell'intervento ha limitato la spinta incrementale, mentre le caratteristiche del popolamento hanno contribuito a mantenere relativamente costante l'accrescimento fino al momento del secondo diradamento. Questo, effettuato a 35 anni (1994) e di forte intensità, ha al contrario innescato una dinamica positiva evidenziata dalla repentina ripresa dell'accrescimento. L'analisi ha inoltre sottolineato una maggiore irregolarità nell'accrescimento rispetto agli altri due popolamenti.

Incidenza della cipollatura

La cipollatura si è manifestata con intensità diversa nei tre popolamenti e nelle due classi sociali considerate (Tabella 4). L'area più colpita è risultata quella di S. Lorenzo dove il 90% delle piante e il 54% del totale

delle sezioni analizzate hanno mostrato l'insorgenza di una o più cipollature; in aggiunta il difetto aumenta significativamente nella categoria sociale codominante ($F = 10.71, p = 0.0036$). Nelle altre due aree sono risultati cipollati il 43 e il 48% degli alberi modello ma la presenza del difetto è limitata al 16% delle sezioni nell'area Ermeta e al 12% in Piaggia Filetta. In queste due aree non sono state registrate differenze statisticamente significative tra le classi sociali anche se il difetto risulta tendenzialmente superiore nelle piante codominanti. L'indice di cipollatura totale (Ic_{tot}P), parametro riassuntivo dell'entità della cipollatura nel popolamento strettamente correlato all'ampiezza e al numero delle fessurazioni, sottolinea e conferma la gravità del danno nell'area di S. Lorenzo, dove il valore dell'indice è risultato elevato e nettamente superiore rispetto alle altre due aree.

In relazione alla quota sul fusto la cipollatura si è manifestata con un'incidenza elevata solamente nelle prime due sezioni (0,00 e 0,50 m); solo nell'area di S.

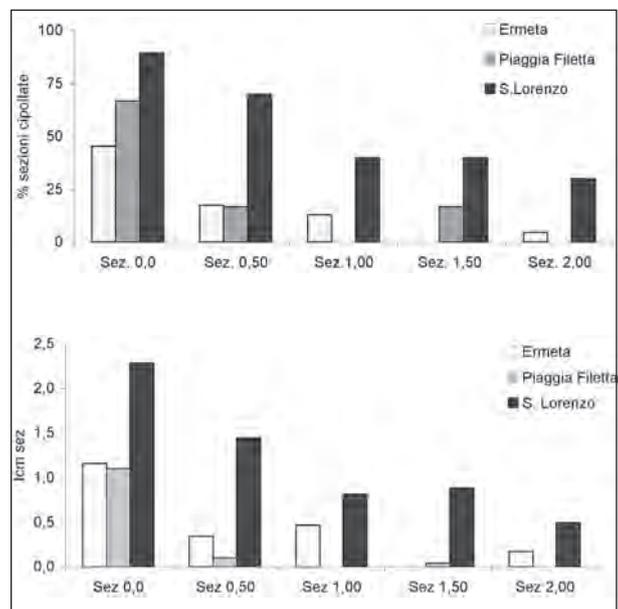


Figura 3 - Percentuale delle sezioni trasversali cipollate alle varie quote sul fusto e indice di cipollatura medio per ciascuna sezione.
Percentage of cross sections with ring shakes at different heights and ring shake index per cross section.

Lorenzo mantiene un'importanza consistente anche alle altezze superiori (Figura 3). L'indice di cipollatura medio per sezione (I_{c_m}), parametro che riassume l'entità del danno nella singola sezione, ha evidenziato che le fessurazioni di maggior ampiezza si ritrovano soprattutto nella sezione di base, con andamento decrescente all'aumentare dell'altezza sul fusto.

L'indice annuo di cipollatura (I_{c_a}), parametro che sintetizza l'ampiezza delle fessurazioni formatesi in un determinato anno, è risultato strettamente correlato ($r = 0.91$ Ermeta; $r = 0.92$ Piaggia Filetta; $r = 0.96$ S. Lorenzo) al numero delle cipollature apparse nell'anno di riferimento. L'andamento nel tempo di questi due parametri ha evidenziato che il numero e la gravità delle fessurazioni nella sezione di base (Figura 4) sono risultati maggiori in corrispondenza degli anni successivi al primo diradamento effettuato. Il popolamento dell'Ermeta, diradato nel 1978, mostra la massima incidenza della cipollatura tra il 1980 e il 1988, quello di Piaggia Filetta (diradamento nel 1984) tra il 1986 e il 1991 e quello di S. Lorenzo tra il 1982 e il 1989 (diradamento nel 1977). Al contrario, il secondo diradamento, effettuato con intensità maggiore nelle aree Ermeta (1988 avviamento ad alto fusto) e S. Lorenzo (1994) ha determinato una diminuzione dell'insorgenza del fenomeno. Tale andamento si verifica anche nelle sezioni ad altezza maggiore.

La suddivisione delle cipollature in funzione della posizione occupata sulla sezione trasversale (terzo interno, terzo medio, terzo esterno) non ha evidenziato una stretta relazione tra la massima incidenza del fenomeno e la posizione sulla sezione trasversale (Figura 5). In tutte e tre le aree la maggior parte delle cipollature si sviluppa dopo il primo intervento; solamente nell'area Ermeta si registra una coincidenza tra il numero massimo di cipollature e il terzo medio della sezione trasversale.

L'età del primo intervento sembra quindi essere un fattore importante nella formazione della cipollatura; la percentuale del difetto cresce infatti in modo proporzionale all'aumentare dell'età del primo diradamento (Tabella 5).

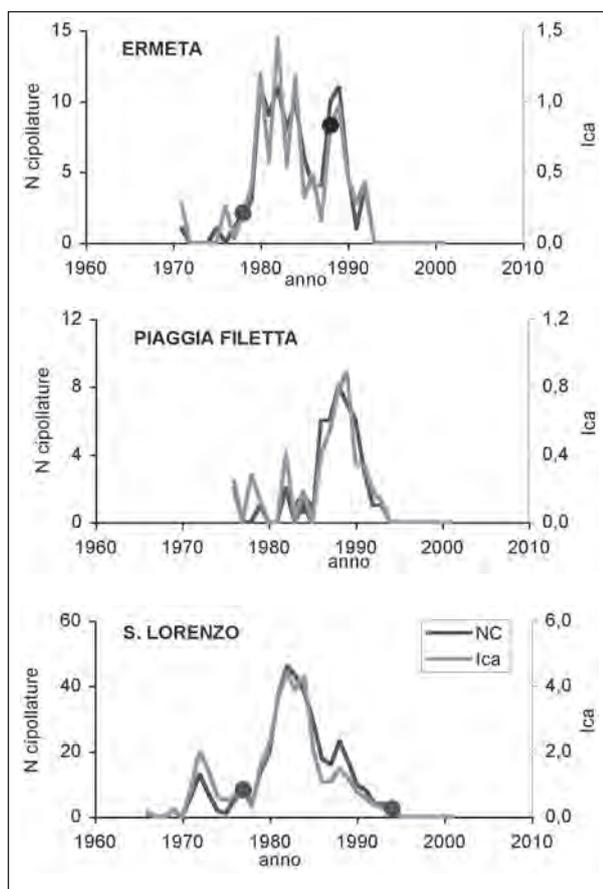


Figura 4 - Sezione a 0,0 m. Frequenza delle fessurazioni nel tempo (Nc) e indice annuo di cipollatura (Ica). E' riportato per ciascuna area l'anno del diradamento (*).
 Cross section at 0,0 m. Frequency of ring shake (Nc) and index of ring shake per year (Ica). The year of thinning (*) is also reported.

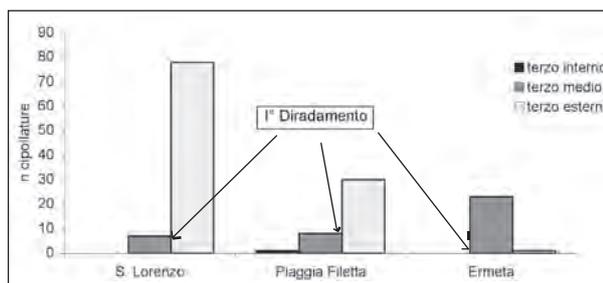


Figura 5 - Frequenza delle cipollature nelle tre aree, distinte per appartenenza a uno dei tre terzi della sezione trasversale.
 Frequency of ring shakes in the three plots, divided by coincidence with one of three thirds of the cross section

Tabella 5 - Numero di cipollature totali e incidenza del difetto prima e dopo gli interventi di diradamento (sezione a 0.0 m).
 Total ring shakes and incidence of the defect before and after the thinnings (disc at 0.0 m).

Area	Cip totali N	I° intervento				II° intervento			
		Età	Cipollature prima del diradamento		Cipollature dopo il diradamento		Età	Cipollature dopo il diradamento	
			N	%	N	%		N	%
Ermeta	65	7	1	2	39	60	18	25	38
Piaggia Filetta	39	14	9	23	30	77	Taglio raso	----	----
S. Lorenzo	101	17	17	17	82	81	35	2	2

Accrescimento e incidenza della cipollatura

Il confronto dell'incremento corrente di area basimetrica delle piante sane e cipollate è stato effettuato analizzando le sezioni maggiormente colpite dal difetto ma escludendo la sezione a 0.0 m dove la presenza di contrafforti radicali e l'origine da pollone rendevano gli accrescimenti irregolari e quindi non comparabili. Solo nell'area di Piaggia Filetta è stata considerata la sezione a 0.0 m per l'esiguo numero di piante cipollate nelle sezioni superiori (Figura 6). L'analisi ha evidenziato accrescimenti leggermente più sostenuti nelle piante cipollate e differenze marcate tra i valori assoluti subito dopo il primo diradamento, proprio nel periodo in cui è stata registrata la maggior incidenza della cipollatura. Per le stesse sezioni e per i periodi in cui il difetto si è manifestato con maggiore incidenza, sono stati calcolati i valori medi dell'incremento corrente di area basimetrica, la deviazione standard e il coefficiente di variazione (Tabella 6). In tutti e tre i popolamenti il campione cipollato è caratterizzato da una maggiore variabilità interna, definita dai valori più elevati di deviazione standard e coefficiente di variazione e da un incremento corrente di area basimetrica più sostenuto. L'analisi statistica non ha però evidenziato differenze significative nelle modalità di accrescimento tra le due categorie sociali.

Discussione

L'analisi è stata effettuata su alberi modello selezionati nei tre popolamenti appartenenti al piano principale del soprassuolo e con caratteristiche morfologiche idonee alla produzione di legname di qualità. In tutte e tre le aree il difetto di cipollatura si è manifestato con maggiore intensità nelle piante sottoposte ad un grado più elevato di competizione. Ne deriva l'importanza di ridurre periodicamente la copertura attraverso interventi ravvicinati nel tempo finalizzati a mantenere l'accrescimento del soprassuolo principale sostenuto e costante.

La cipollatura sana è generalmente limitata ai pri-

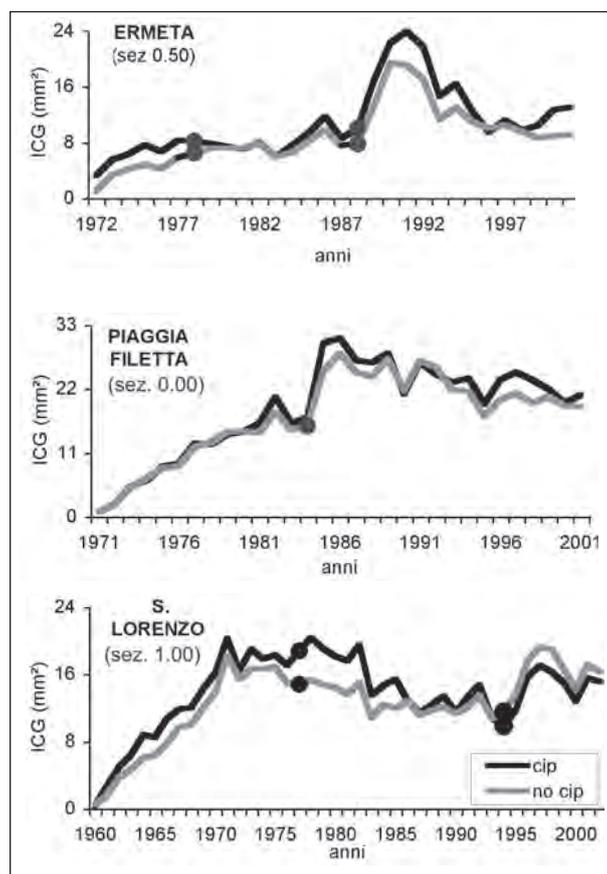


Figura 6 - Incremento corrente di area basimetrica delle piante cipollate e sane, riferite alle diverse quote sul fusto.
 Current increment of basal area of ring shaken and healthy trees, related to different stem heights.

mi metri di quota sul fusto, soprattutto nella sezione di base e in grado minore in quella a 0,50 m, dove si rilevano i valori degli indici più elevati. Tale fattore non pregiudica la produzione di legname di qualità anche se, molto spesso, a fessurazioni numerose corrispondono ampie spaccature che rendono comunque inadatto l'assortimento (tondo o segato) per impieghi di qualità.

L'anomalia è stata riscontrata in percentuale maggiore e in modo consistente nel campione di S. Lorenzo; quest'area si differenzia non solo per l'età, l'intensità di gestione e la struttura, ma anche per le

Tabella 6 - Incremento corrente di area basimetrica (Ic_m), deviazione standard (ds) e coefficiente di variazione (cv) nei periodi di maggior incidenza della cipollatura delle sezioni maggiormente difettate.
 Current increment of basal area (Ic_m), standard deviation (ds) and coefficient of variation (cv) during the periods of maximum incidence of ring shake of the mostly failed sections.

	Sezione 0,50 m (1980-1988) Ermeta			Sezione 0,00 m (1986-1991) Piaggia Filetta			Sezione 1,00 m (1982-1989) S. Lorenzo		
	Ic_m	ds	cv	Ic_m	ds	cv	Ic_m	ds	cv
Cipollate	8.4	1.7	20.8	26.6	3.1	11.8	14.1	2.5	17.8
Sane	7.6	1.1	14.1	25.5	2.4	9.4	12.2	1.3	10.6

caratteristiche stazionali. A differenza delle altre due è esposta a sud e si colloca ad una quota altimetrica inferiore (850 m s.l.m.). Questi fattori, unitamente alla scarsa densità di ceppaie e alla buona fertilità stazionale, hanno contribuito al maggior accrescimento del soprassuolo. Al contrario, i campioni provenienti dalle aree Ermeta e Piaggia Filetta, nonostante circa la metà degli alberi modello sia risultata danneggiata, hanno invece evidenziato cipollature consistenti solo nella sezione di base.

Nel campione esaminato non sussiste una evidente correlazione tra il numero massimo di cipollature e la posizione nella sezione trasversale, al contrario di quanto evidenziato da altri autori (BONENFANT 1985; FONTI *et al.* 1997). La maggior incidenza del difetto si riscontra nel periodo immediatamente successivo al primo intervento selvicolturale, indipendentemente dal settore di insorgenza sulla sezione. La minore resistenza alle tensioni radiali che normalmente si riscontra nel terzo medio (MACCHIONI e PIVIDORI 1996; FONTI *et al.* 2002) non sembra quindi essere il fattore chiave predisponente la cipollatura.

In relazione al ritmo di accrescimento, le piante cipollate sono caratterizzate da incrementi più elevati e irregolari rispetto a quelle sane; la maggior reattività agli interventi di diradamento è alla base delle brusche variazioni del ritmo di crescita che si risolvono nell'aumento delle tensioni interne e quindi nell'insorgenza della cipollatura. Pochi studi (AMORINI *et al.* 1998; FIORAVANTI e GALOTTA 1998) hanno affrontato i rapporti tra la cipollatura e gli interventi selvicolturali, probabilmente per la complessità del fenomeno. Dall'analisi eseguita è emerso che le componenti età e intensità dell'intervento hanno avuto un ruolo predominante nella formazione della cipollatura sana.

L'età del taglio sembrerebbe incidere in modo consistente poiché è proprio nei cedui diradati per la prima volta ad un'età tardiva (S. Lorenzo e Piaggia Filetta) che si è manifestata la maggior incidenza del difetto, già a pochi anni dall'intervento. Nel castagno la differenziazione sociale inizia precocemente e quindi i diradamenti tardivi si inseriscono in una fase di elevata competizione che registra la maggiore irregolarità dell'accrescimento. Il primo diradamento è stato inoltre di debole intensità, ha ridotto la competizione solo per un breve periodo, immediatamente successivo al taglio, ed ha esaurito la spinta incrementale in pochi anni. Temporanei periodi di forte competizione provocano infatti bruschi cambiamenti

nel ritmo di accrescimento (BOLGÈ 2001), aumentando di conseguenza il rischio di cipollatura. L'età ottimale del primo diradamento, in popolamenti di buona fertilità, dovrebbe quindi collocarsi tra 7 e 10 anni in funzione delle caratteristiche stazionali e della densità del soprassuolo.

Conclusioni

L'elevata produttività dei soprassuoli di castagno e il rapido accrescimento della specie permettono di applicare modelli selvicolturali intensivi tali da soddisfare anche le richieste di assortimenti di pregio e di grosse dimensioni (AMORINI *et al.* 2000; AMORINI *et al.* 2002). Il difetto della cipollatura può tuttavia vanificare gli investimenti che caratterizzano tale gestione. La naturale predisposizione alla cipollatura non consentirà mai di eliminare completamente il difetto (FONTI *et al.* 2002) da considerare congenito alla specie.

Le indagini condotte in cedui di differente età, fertilità e trattamento selvicolturale hanno consentito di comparare le modalità di accrescimento in relazione agli interventi colturali e all'incidenza della cipollatura. I primi risultati indicano tra i principali fattori scatenanti del fenomeno l'età del primo intervento e l'intensità e la frequenza dei diradamenti successivi. I tagli colturali giocano quindi un ruolo fondamentale, poiché possono contribuire a ridurre o esaltare l'incidenza della cipollatura. L'obiettivo della gestione dovrebbe concretizzarsi nella conservazione di un piano principale costituito da individui sani e ben conformati e nel mantenerne l'accrescimento regolare e costante.

Diradamenti precoci, selettivi e regolari nel tempo (AMORINI e MANETTI 1997), finalizzati a favorire i polloni migliori e a ridurre la competizione prima all'interno della ceppaia e poi tra i singoli individui, rappresentano obiettive soluzioni colturali per ridurre il rischio di cipollatura. La prosecuzione delle indagini permetterà poi di verificare se sussistono correlazioni tra gli indici qualitativi e quantitativi della cipollatura, i parametri auxometrici e le caratteristiche morfologiche delle piante in piedi.

Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano il personale del C.R.A – Istituto Sperimentale per la Selvicoltura di Arezzo: Simona Bartolucci, Fabio Benci, Giada Bertini e Luigi Mencacci che hanno collaborato nei rilievi in campo, nell'elaborazione dei dati e nella lettura delle rotelle. Merita una menzione speciale Patrick Fonti per la revisione critica del contributo.

Bibliografia citata

- AMORINI E., FABBIO G., 1983 – *Studio auxometrico in un ceduo invecchiato e in una fustaia da polloni di faggio, sull'Appennino toscano. Primo contributo*. Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura. Vol. XIV: 281-328.
- AMORINI E., FABBIO G., 1987 – *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*. Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura. Vol. XVIII: 17-70.
- AMORINI E., BRUSCHINI S., MANETTI M.C., 1996a – *I cedui di castagno del Monte Amiata: Parte I. Analisi dendrometrica e strutturale di alcuni popolamenti sottoposti a diverso trattamento selvicolturale*. Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali. Vol. XLV: 213-234.
- AMORINI E., BRUSCHINI S., MANETTI M.C., 1996b – *I cedui di castagno del Monte Amiata: Parte II. Analisi auxometrica ed osservazioni sulla cipollatura di alcuni popolamenti sottoposti a diverso trattamento selvicolturale*. Annali Accademia Italiana Scienze Forestali. Vol. XLV: 235-248.
- AMORINI E., MANETTI M.C., 1997 – *Le "fustaie da legno" di castagno del Monte Amiata*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura Vol. XXVIII:53-61.
- AMORINI E., BRUSCHINI S., MANETTI M.C., 1998 – *La sostenibilità della produzione legnosa di qualità del ceduo di castagno: modello di trattamento alternativo al ceduo a turno breve*. Atti del Convegno Nazionale sul Castagno, Cison di Valmarino (Treviso), 23-25 ottobre 1997: 217-231.
- AMORINI E., BRUSCHINI S., FIORAVANTI M., MACCHIONI M., MANETTI M.C., THIBAUT B., UZIELLI L., 1998 – *Studi sulle cause dell' insorgenza della cipollatura nel legno di castagno (Castanea sativa Mill.)*. Convegno Nazionale sul Castagno, Cison di Valmarino (Treviso), 23-25 ottobre 1997: 269-292.
- AMORINI E., BRUSCHINI S., MANETTI M.C., 2000 – *Alternative silvicultural system in chestnut (Castanea sativa Mill.) coppice: effects of silvicultural practice on stand structure and tree growth*. Ecologia Mediterranea, 26 (1-2):155-162.
- AMORINI E., CUTINI A., MANETTI M.C., 2002 – *Il ceduo di castagno a turno lungo: una via sostenibile per la produzione di legname di qualità*. Atti del Convegno Nazionale Castagno 2001, Marradi 25-27 ottobre 2001: 317-325.
- AA.Vv., 1998 – *I tipi forestali. Boschi e macchie di Toscana*. Regione Toscana Giunta Regionale, 358 pp.
- BIGING S., DOBBERTIN M., 1992 – *A comparison of distance-dependent competition measures for height and basal area growth of individual conifer trees*. Forest Science, 38 (3): 695-720.
- BOLGE' R., 2001 – *Studio dello sviluppo dei polloni di castagno (Castanea sativa Mill.) sottoposti a differenti interventi selvicolturali*. Lavoro di diploma, Politecnico federale, Zurigo, 86 pp.
- BONENFANT M., 1985 – *Croissance et qualité du chataignier de futaie en Bretagne*. Mémoire, SERFOB Bretagne, 281 pp.
- BONAMINI G., UZIELLI L., ZANUTTINI R., 1993 – *Elementi di tecnologia del legno Vol. I: Scienza del legno*. Firenze 1993.
- BOURGEOIS C., 1992 – *Le chatagneir un arbre, un bois*. Institute pour le developpment forestiere. IDF, 367 pp.
- CHANSON B., LEBAN J-M., THIBAUT B., 1989 – *La Roulure du Chataignier (Castanea sativa Mill.)*. Forêt Méditerranéenne, XI (1): 15-34.
- CIELO P., 1993 – *La cipollatura nei legnami: studio bibliografico*. Quaderni dell'Istituto di assestamento e tecnologia forestale dell'Università di Firenze 5: 2-23.
- FRASCARIA N., CHANSON B., THIBAUT B., LEFRANC M., 1992 – *Génotypes et résistance mécanique radiale du bois de chataignier (Castanea sativa Mill.)*. Analyse d'un des facteurs explicatifs de la roulure. Annales Science Forestier, 42: 49-62.
- FIORAVANTI M., 1995 – *The effect of growth on the quality of chestnut (Castanea sativa Mill.) wood: anatomical and densiometrical observations*. Rapporto del Forest Program Project "Innovation in the chestnut timber processing"- Contract MA2B-CT92-0002.
- FIORAVANTI M., GALOTTA G., 1998 – *Valutazione degli effetti del trattamento selvicolturale sulla qualità del legno di castagno (Castanea sativa Mill.) proveniente da bosco ceduo*. Convegno Nazionale sul Castagno, Cison di Valmarino (Treviso), 23-25 ottobre 1997: 367-376.
- FIORAVANTI M., 1999 – *Il legno di castagno e di douglasia della Toscana. Qualità del legno e selvicoltura. Classificazione e valori caratteristici del legname strutturale*. Quaderno ARSIA 9/99: 7-61.
- FONTI P., GIUDICI F., KUCERA L., OTT E., POHLER E., 1997 – *Studio sulla cipollatura in ceduo castanile*. Atti del Convegno Nazionale sul Castagno, Cison di Valmarino, Treviso, 23-25 Ottobre 1997: 293-302.
- FONTI P., MACCHIONI N., THIBAUT B., 2002 – *Ring shake in chestnut (Castanea sativa Mill.): State of the art*. Annals of Forest Science, 59 (2): 129-140.
- FONTI P., GIUDICI F., CONEDERA M., 2002 – *La cipollatura nel legno di castagno: un problema centrale per il rilancio della castanicoltura da legno di qualità*. Schweiz. Z. Forestwes, 153 (2002) 11: 430-436.
- FONTI P., BRAKER O-U., GIUDICI F., 2002 – *Relationship between ring shake incidence and earlywood vessel characteristics in chestnut wood*. IAWA Journal, Vol. 23 (3): 287 – 298.
- FONTI P., MACCHIONI N., 2003 – *Ring shake in chestnut: Anatomical description, extent and frequency of failures*. Annals of Forest Science, 60: 403-408.

- FONTI P., SELL J. , 2003 – *Radial split resistance of chestnut earlywood and its relation to ring width*. Wood and Fiber Science, 2003, 35:(2): 201-208.
- GIUDICI F., FONTI P., POHLER E., SANDOZ J.L., 1997 – *Qualità del legname di castagno: diagnosi della cipollatura per mezzo di ultrasuoni*. Atti del Convegno Nazionale sul Castagno, Cison di Valmarino, Treviso, 23-25 Ottobre 1997: 259-267.
- MACCHIONI N., 1995 – *Mechanical strength and ring shake in chestnut (Castanea sativa Mill.) wood*. Foret Méditerranéenne, XVI (1): 67-73.
- MACCHIONI N., 1996 - *La cipollatura del legno di castagno (Castanea sativa Miller)*. Sherwood, anno 2 n 3: 10-14.
- MACCHIONI N., PIVIDORI M., 1996 – *Ring shake and structural characteristics of a chestnut (Castanea sativa Miller) coppice stand in northern Piedmont (northwest Italy)*. Ann. Sci. For. (53): 31-50.
- MANETTI M.C., BERTINI G., PICI M., 2000 – *SMIL 3.1- Sistema di misura degli incrementi legnosi: un programma per l'indagine incrementale di sezioni trasversali e per l'analisi del fusto*. Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura. Vol. XXXI: 65-71.
- PERUGI A., VETTORI A., 1993 – *Piano di gestione forestale della tenuta di Abbadia S. Salvatore per il decennio 1993-2002*. Relazione C.T.V – D.R.E.AM. ITALIA.
- STATSOFT., 2000 - General conventions and statistics I. 2000.

