

# Copertura e rinnovazione naturale in formazioni forestali a protezione integrale nella Riserva M.a.B. di Montedimezzo (Isernia)

Tessa Giannini<sup>1\*</sup>, Andrea Cutini<sup>1</sup>, Orazio Ivan Gugliotta<sup>1</sup>, Maria Chiara Manetti<sup>1</sup>

*Accettato il 6 novembre 2010*

**Riassunto** – Lo studio dei parametri ecologici dei popolamenti forestali in evoluzione naturale permette sia di comprendere il funzionamento di questi ecosistemi sia di analizzare i meccanismi che sono alla base del processo di rinnovazione naturale. La ricerca è stata svolta in due aree permanenti, localizzate nella riserva M.a.B. di Collemeluccio-Montedimezzo (Isernia), rappresentative di popolamenti misti, uno a prevalenza di cerro (*Quercus cerris* L.) ubicato a quota 940 m s.l.m., e l'altro a dominanza di faggio (*Fagus sylvatica* L.), a quota di 1040 m s.l.m. In questo contesto sono state eseguite le analisi della struttura verticale, di alcuni parametri ecologici (LAI, trasmittanza, umidità del suolo e intercettazione della pioggia) e delle modalità di insediamento ed affermazione della rinnovazione naturale. I rilievi sono stati effettuati in transect permanenti di 2000 m<sup>2</sup> e in 57 sub-aree di 1 m<sup>2</sup> ciascuna, mensilmente da maggio ad ottobre nelle stagioni vegetative dal 2005 al 2007. I risultati hanno evidenziato nell'area a prevalenza di cerro valori di trasmittanza inferiori e dati di LAI superiori rispetto all'area a dominanza di faggio, che si caratterizza per una copertura più discontinua a causa di buche originate da crolli. Nel periodo di osservazione è stata registrata una abbondante rinnovazione naturale - quasi esclusivamente di cerro e concentrata per lo più nell'area a dominanza della specie - seguita da una consistente mortalità. Vengono analizzate e discusse le relazioni tra composizione specifica, dinamica della rinnovazione naturale e parametri della copertura e del clima radiativo.

**Parole chiave:** *cerro, rinnovazione naturale, parametri ecologici, struttura verticale, aree protette.*

**Abstract** – Tree canopy cover and natural regeneration into strictly-protected forest areas: the MaB reserve of Montedimezzo (Isernia, Italy). The ecological analysis and the analysis of mechanisms underlying the natural regeneration process into strictly protected forest areas, is basic to the understanding of ecosystem functioning and to estimate the recovery ability as a function of time and environmental changes. Aim of the paper is to analyze the spatial-temporal dynamics of tree species regeneration into mixed Turkey oak-common beech stands growing undisturbed since more than one half-century. The ability of first establishment and following growth of natural regeneration related to the ecological parameters, the structural features of standing crop and its development stages, are analyzed in detail. The study was carried out into two permanent monitoring plots (A) and (B) where two different tree species play the main functional role. In (A) common beech is dominant (*Fagus sylvatica* L.-elevation 1040 m a.s.l.); in (B) Turkey oak is prevailing (*Quercus cerris* L.-elevation 940 m a.s.l.). In each plot, the analysis of vertical stand structure, of natural regeneration pattern and ecological surveys (LAI, transmittance, soil moisture content, canopy interception of rainfall) were undertaken by monthly surveys from May to October into 57 sub-plots each 1 m<sup>2</sup> wide over the period 2005-2007. Results highlighted that (B), Turkey oak prevailing, shows a more complex structure, a higher tree canopy thickness and the lack of gaps. The area shows therefore a lower transmittance and a higher LAI value; throughfall and soil moisture content are also reduced as compared to (A). As for the natural regeneration pattern, further to a first stage when seedlings mortality is high, their survival rate is being kept high and steady over time in (A). A further mortality peak has been detected vice versa over the following summer season in (B). The different main tree species composition and radiation regime seem to be the basic reasons of the dynamics observed as for mortality and survival rates. The way of seedlings establishment points out that optimal ecological conditions are present for the production and germination of seeds as well, but that the limiting factor is the reduced radiation amount that reaches the forest floor.

**Key words:** *Turkey oak, natural regeneration, ecological parameters, vertical stand structure, protected areas.*

*F.D.C. 231: 176. 1 Quercus cerris*

## Premessa

Tra le varie funzioni richieste alle foreste, oltre a quella produttiva, risultano attualmente preminenti quelle di assicurare un'elevata diversità biologica e una buona efficienza del sistema. In questo contesto possono essere di grande ausilio gli studi inerenti le dinamiche evolutive dei popolamenti forestali in regime di protezione integrale; tali soprassuoli rappresentano infatti un importante laboratorio per analizzare

i processi biologici, comprendere il funzionamento e valutare le capacità di recupero dei sistemi in funzione del tempo e dei cambiamenti ambientali (ATTIWILL 1994; OLIVER e LARSON 1996; PACI e CIAMPELLI 1996; PETERKEN 1996 e 1999; MARTIN e BAILEY 1999; BENGTESSON *et al.* 2000; BONCINA 2000; EMBORG *et al.* 2000; GUIDI e MANETTI 2000; FRANKLIN *et al.* 2002; BIANCHI *et al.* 2006 e 2009; LARSEN e NIELSEN 2007; MOTTA *et al.* 2008; MANETTI *et al.* 2009).

A tal fine risultano di estremo interesse una serie di

<sup>1</sup> CRA-SEL Centro di Ricerca per la Selvicoltura, Arezzo

\* Autore corrispondente [tessa.giannini@entecra.it](mailto:tessa.giannini@entecra.it)

aree permanenti, comprendenti le formazioni forestali più diffuse in Italia, istituite da Pavari nel 1952 per valutare le dinamiche evolutive in assenza di interventi antropici e "... avere un esempio di bosco naturale, ... stabilire verso quale tipo di associazione tendono i nostri boschi, ... avere sicure basi per impostare i problemi del trattamento dei nostri boschi" (PAVARI, documento interno). A sessanta anni di distanza si sottolinea ancora la modernità di Pavari che, in questa ricerca, aveva introdotto concetti che hanno animato ed animano tuttora il dibattito sulle foreste e la loro gestione. In queste aree, due delle quali ricadono nella Riserva MaB (Man and Biosphere) di Collemeluccio-Montedimezzo (Isernia) e sono oggetto del presente contributo, l'analisi delle interazioni tra struttura, copertura e processo di rinnovazione naturale può rappresentare il punto di partenza per definire tecniche di gestione caratterizzate da un basso impatto ambientale. La conoscenza dei meccanismi che stanno alla base del processo di rinnovazione naturale costituisce infatti la premessa indispensabile per valutare le tendenze evolutive a lungo termine di un popolamento.

Il processo di rinnovazione naturale, in particolare l'insediamento e la crescita delle plantule, è notevolmente influenzato da due importanti fattori esterni come la luce e l'umidità (LANDSBERG 1986). Nelle foreste prive di intervento antropico il reclutamento dei semenzali avviene in corrispondenza delle interruzioni di copertura originate da crolli di uno o più alberi prossimi alla fine del loro ciclo vitale. Le caratteristiche della copertura forestale rappresentano quindi elementi di primaria importanza nell'influenzare il processo riproduttivo e quindi il perpetuarsi delle foreste. Il piano delle chiome può essere descritto e caratterizzato attraverso l'analisi di una serie di variabili (indice di area fogliare, distribuzione verticale delle foglie, quantità di radiazione solare assorbita dalle chiome, angolo medio di inclinazione delle foglie), espressioni della struttura del soprassuolo e del microclima radiativo e strettamente legate a tutti i processi alla base del funzionamento di un ecosistema forestale: intercettazione della radiazione e delle precipitazioni, evapotraspirazione, fotosintesi, produttività del sistema.

Tra le caratteristiche della copertura forestale, quelle più comunemente analizzate sono l'indice di area fogliare (LAI) e la trasmittanza (radiazione solare trasmessa al suolo in percento rispetto di quella incidente il piano delle chiome) in quanto, a fronte di

eventi perturbanti di natura abiotica e biotica, queste sono maggiormente sensibili e hanno tempi di risposta più immediati rispetto alle altre componenti di un ecosistema forestale. Per lo stesso motivo questi parametri sono in grado anche di evidenziare l'impatto delle varie forme di gestione sulla parte più dinamica dell'ecosistema forestale, vale a dire quella epigea, e dare informazioni sulle capacità di reazione della foresta. Ad oggi si registrano numerose ed interessanti ricerche che hanno come principale obiettivo l'analisi della copertura sia in popolamenti sottoposti a trattamento sia in aree a protezione integrale (SCHIRONE e RAGNO 1988; PACI e CIAMPELLI *op. cit.*; CUTINI 1997; CUTINI e BENVENUTI 1998; CUTINI *et al.* 1998; CANTIANI *et al.* 2006; CUTINI e HAJNY 2006).

Obiettivo di questo lavoro è quello di analizzare le dinamiche spazio-temporali del processo di rinnovazione in due popolamenti misti di cerro e faggio, ma con un diverso rapporto percentuale tra le due specie, in abbandono colturale da oltre mezzo secolo, ubicati nella foresta di Montedimezzo (Vastogirardi, Isernia) e inclusi nella rete di aree sperimentali creata da Pavari. In particolare si intendono definire le capacità di insediamento e di affermazione della rinnovazione naturale in relazione ai parametri ecologici, alle condizioni strutturali e agli stadi di sviluppo del soprassuolo.

## Le aree di studio

Le aree di studio furono istituite nel 1952 delimitando all'interno della Riserva MaB di Collemeluccio-Montedimezzo (Isernia), due parcelle sperimentali permanenti (A e B) di circa 3 ha ciascuna. L'area A, posta alla quota media di 1040 m s.l.m., è caratterizzata da un soprassuolo a prevalenza di faggio (*Fagus sylvatica* L.), mentre nell'area B (altitudine media 940 m s.l.m.) la specie principale è il cerro (*Quercus cerris* L.). Nel 1991 fu realizzato un transect di struttura di 2000 m<sup>2</sup> (20·100 m) in entrambe le aree.

Le principali caratteristiche stazionali sono riportate in Tabella 1. Per inquadrare dal punto di vista dendrometrico e compositivo le due formazioni forestali oggetto di studio si riassumono in Tabella 2 i dati di densità (n° piante ha<sup>-1</sup>), area basimetrica (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), altezza dominante (m) e l'indice di Shannon (SHN calcolato sul numero di piante) relativi al 2006; in Figura 1 si riporta l'importanza relativa (%) delle diverse specie nelle due fitocenosi (MANETTI e GUGLIOTTA 2009). Le due aree messe a confronto pos-

**Tab. 1** - Foresta di Montedimezzo (IS). Età (Fs = faggio, Qc = cerro) e caratteristiche stagionali delle due aree sperimentali.  
*Forest of Montedimezzo (IS). Age (Fs = beech, Qc = Turkey oak) and site characteristics in the two study areas A and B.*

	Area A	Area B
Età (anni)	Piano superiore Qc e Fs > 100-150	
	Piano inferiore Fs > 30	Piano inferiore Fs > 45 e Qc > 65
Quota (m s.l.m.)	1040	940
Esposizione	Nord	Nord ovest
Pendenza	10-30%	5-10%
Matrice geologica	Arenarie marnose e argillose	
Suolo	Bruno calcareo argilloso	
Piovosità annua	1006 mm	
Temperatura media	8.5°C	

siedono parametri dendrometrici molto simili e anche l'indice di diversità specifica ha valori comparabili. Contrariamente, le due aree differiscono per quanto riguarda il ruolo funzionale assunto dalle diverse specie presenti e in particolare per l'elevata importanza del faggio nell'area A e per quella del cerro e delle altre specie nell'area B. In entrambe le aree, faggio e cerro risultano consociati con acero campestre (*Acer campestre* L.) e carpino bianco (*Carpinus betulus* L.), mentre le specie sporadiche sono rappresentate da frassino maggiore (*Fraxinus excelsior* L.), acero montano (*Acer pseudoplatanus* L.), acero di Lobelius (*Acer lobelii* Ten.), ontano napoletano (*Alnus cordata* Loisel.), melo selvatico (*Malus sylvestris* Miller), perastro (*Pyrus pyraeaster* Burgsd.), ciliegio (*Prunus avium* L.), ciavardello (*Sorbus torminalis* L.), corniolo (*Cornus mas* L.), agrifoglio (*Ilex aquifolium* L.), biancospino (*Crataegus oxyacantha* L.), nocciolo (*Corylus avellana* L.), sambuco (*Sambucus nigra* L.), berretta da prete (*Euonymus europaeus* L.), ginepro comune (*Juniperus communis* L.). All'interno delle aree sono stati anche rilevati nuclei di abete bianco (*Abies alba* Mill.) di origine artificiale.

Ulteriori approfondimenti sulle caratteristiche delle aree e sui protocolli sperimentali in esse attuati a partire dagli anni '50 sono reperibili in GUIDI *et al.* 1991; GUIDI e MANETTI 1992; MANETTI e GUGLIOTTA *op. cit.*

## Metodi

Nelle stagioni vegetative 2005, 2006 e 2007 sono state effettuate, in entrambe le aree e all'interno dei due transetti, analisi della struttura, stima di alcuni

parametri ecologici e studio della rinnovazione naturale (Figura 2).

L'analisi della struttura verticale è stata determinata attraverso la quantificazione della diversità verticale (indice P di PRETZSCH 1999) e la stima del grado di ricoprimento del soprassuolo. L'indice di Pretzsch  $P = \sum p_i \cdot \ln(p_i)$ , dove  $p_i$  è la frequenza relativa in ciascun piano sociale, è stato calcolato suddividendo il popolamento in tre piani sociali in funzione dell'altezza dominante (piano inferiore con altezza minore di 1/3 di quella dominante, piano intermedio con altezza compresa tra 1/3 e 2/3, piano superiore con altezza maggiore di 2/3). L'articolazione strutturale aumenta con l'aumentare del valore di P ed assume il valore massimo di 1.10 quando sono presenti lo stesso numero di piante nei tre piani considerati. Il grado di ricoprimento  $R = \sum A_i/S \cdot 100$ , dove  $A_i$  è l'area di insidenza della chioma determinata sulla base di 8 raggi orientati secondo le direzioni geografiche e S è la superficie totale del transect, è stato quantificato sia per specie sia in totale. Il parametro è un buon indice per definire la complessità strutturale in quanto considera il grado di sovrapposizione delle chiome.

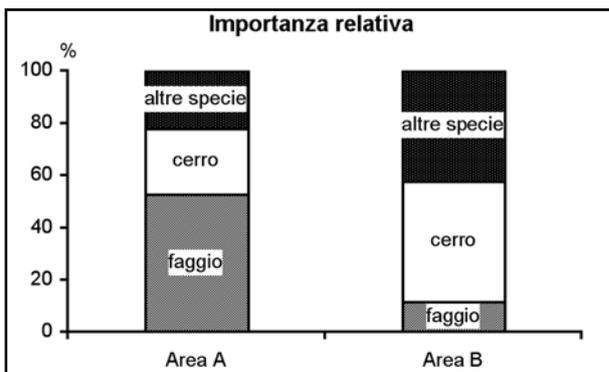
I parametri ecologici esaminati hanno riguardato la stima del LAI, la determinazione della PAR, dell'umidità del suolo e dell'intercettazione della pioggia. La stima del LAI (Leaf Area Index) è stata effettuata per via indiretta (CUTINI *et al.* 1998; CUTINI *et al.* 2003; CUTINI e VARALLO 2006) utilizzando il Plant Canopy Analyzer LAI-2000 (Li-Cor Lincoln NE USA). I rilievi sono stati fatti con cadenza mensile, nel periodo di massima espansione fogliare, (da maggio a settembre) di ogni stagione vegetativa, su 9 punti di misura (numero vincolato alle caratteristiche dello strumento) posizionati lungo l'asse centrale dei transetti (Figura 2).

Le misurazioni di PAR (radiazione fotosinteticamente attiva) sono state effettuate nei periodi estivi del

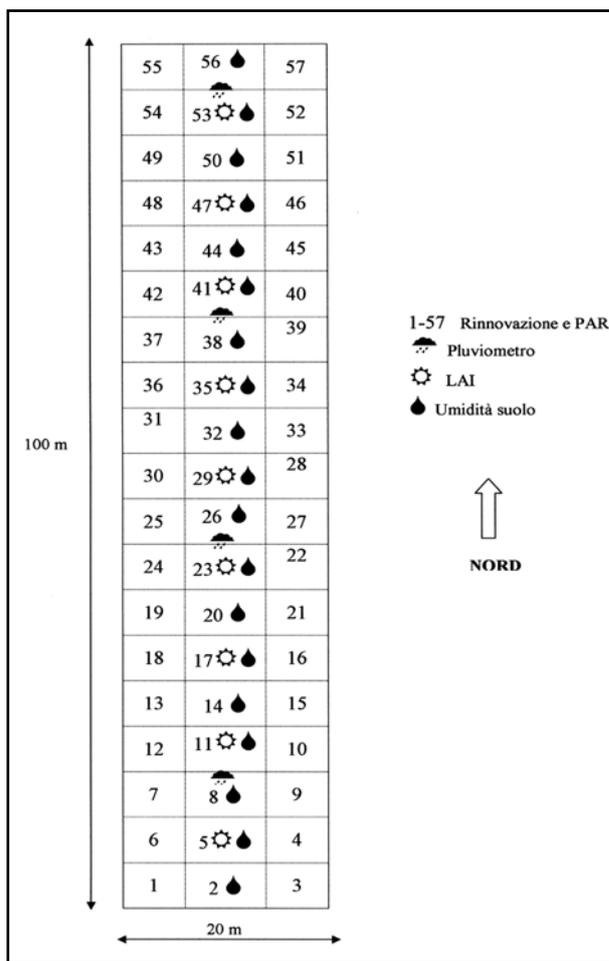
**Tab. 2** - Foresta di Montedimezzo (IS). Parametri dendrometrici (densità, area basimetrica e altezza dominante) e diversità specifica (indice di Shannon) al 2006 nelle due aree di studio.

*Forest of Montedimezzo (IS). Mensurational parameters (density, basal area and top height) and specific biodiversity (Shannon index) in A and B (inventory 2006).*

Parametri	Area A	Area B
Densità (n ha <sup>-1</sup> )	847	872
Area basimetrica (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	47.7	46.2
Altezza dominante (m)	31.9	31.0
Indice di Shannon (SH <sub>n</sub> )	1.55	1.51



**Fig. 1** - Foresta di Montedimezzo (IS). Importanza relativa ( $I = 100 * [densità\ relativa + area\ basimetrica\ relativa] / 2$  - CHAPMAN *et al.* 2006) per specie nelle due aree sperimentali (inventario 2006).  
 Forest of Montedimezzo (IS). Importance index (%) per species in A and B (inventory 2006).



**Fig. 2** - Foresta di Montedimezzo (IS). Posizionamento delle attrezzature fisse e mobili nei due transect nelle aree sperimentali.  
 Forest of Montedimezzo (IS). Positioning of fixed and movable equipments in the two transects.

triennio, in corrispondenza di 57 punti di campionamento situati al centro di subaree di 35 m<sup>2</sup> (Figura 2) in entrambi i transect, utilizzando ceptometri AccuPAR PAR-80 e LP-80 (Decagon Devices Inc. Pullman WA USA). La dimensione delle subaree è stata scelta in modo da ridurre, nel punto di misura, l'influenza del soprassuolo circostante (altezza dominante superiore a 30 m). Questi valori sono stati utilizzati per la stima della trasmittanza (energia solare trasmessa al suolo in percentuale rispetto a quella incidente sopra il piano delle chiome) mettendoli in relazione con misure di riferimento effettuate in aree prive di copertura (CUTINI 1994 e 1996).

La misurazione dell'umidità del suolo è stata effettuata con il metodo gravimetrico campionando a 20 cm di profondità, mensilmente da maggio ad ottobre, con una sonda pedologica, 19 punti posizionati lungo l'asse centrale del transect. I campioni di suolo sono stati pesati (peso fresco), messi in stufa a 105 °C per 24 ore e quindi pesati nuovamente (peso secco), per calcolarne il contenuto idrico.

L'intercettazione della pioggia da parte della copertura forestale è stata valutata posizionando lungo l'asse centrale del transect 4 pluviometri per area. I dati (mm di pioggia sottocopertura) sono stati rilevati settimanalmente, mediati per evento e successivamente raggruppati per stagione (inverno, primavera, estate e autunno). La quantità di pioggia intercettata dalle chiome nelle due aree (A e B) è stata calcolata in percentuale rispetto alla pioggia esterna, considerando come stazione termo-pluviometrica di riferimento quella di Feudozzo (923 m s.l.m.), posta a circa 1500 m di distanza dalle aree sperimentali.

Per verificare la presenza o meno di differenze statisticamente significative tra le due aree e nell'arco degli anni relativamente ai parametri ecologici è stato applicato il test t di Student.

Lo studio della rinnovazione naturale è stato condotto, in entrambe le parcelle, in 57 microaree di 1 m<sup>2</sup> ciascuna (le stesse in cui è stata misurata la PAR). I rilievi sono stati effettuati in maggio, giugno ed ottobre, conteggiando in ciascuna microarea il numero di semenzali presenti suddivisi per specie e rilevando l'altezza totale di ciascun individuo. E' stato quindi calcolato l'indice di rinnovazione  $IR = N \cdot H$ , dove N è il numero di semenzali per m<sup>2</sup> ed H la loro altezza media in cm, parametro riassuntivo delle modalità di insediamento e di affermazione della rinnovazione (MAGINI 1967).

Per valutare l'incidenza dei diversi parametri ecologici sull'affermazione della rinnovazione naturale sono state eseguite con il software *Statistica* (StatSoft, Inc. Tulsa OK USA) le correlazioni, previa trasformazione dei valori percentuali, tra trasmittanza (%), rinnovazione ( $N \cdot m^{-2}$ ) e umidità del suolo (%), in entrambe le aree sia nel periodo di massimo sviluppo dei semenzali (luglio 2006) che al termine del periodo di osservazione (ottobre 2007).

## Risultati

### Struttura verticale

Per quanto riguarda l'analisi della struttura lungo il profilo verticale, in Tabella 3 sono stati riportati, per entrambe le aree, i valori dell'indice P (totale e per specie) e il grado di ricoprimento R.

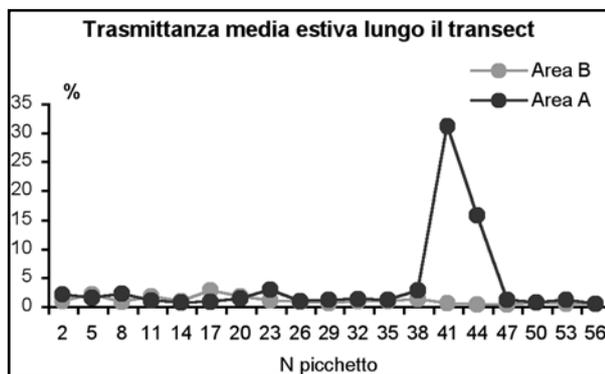
Nell'area B, l'indice di diversità verticale, molto vicino al valore massimo di 1.1, evidenzia una maggiore articolazione strutturale e una più uniforme distribuzione nello spazio. Al contrario nell'area A, a prevalenza di faggio, l'indice P è minore e il piano inferiore numericamente più consistente.

Il grado di ricoprimento R, se considerato complessivamente, ha valori molto simili nelle due aree; al contrario, se valutato per specie, rispecchia la diversa composizione specifica delle due fitocenosi ed evidenzia la buona capacità di copertura del cerro.

### Parametri ecologici

I valori medi di LAI e di trasmittanza hanno evidenziato, in entrambe le aree, l'assenza di differenze statisticamente significative nei tre anni di osservazione. Questo perché, nel periodo di rilievo, non si sono verificati fenomeni in grado di alterare significativamente le caratteristiche dell'apparato fogliare.

Al contrario, il test *t* ha messo in evidenza differenze significative ( $P < 0.05$ ) tra le aree relativamente ai valori medi estivi di LAI; l'indice di area fogliare, comunque elevato in entrambe, è risultato minore nell'area A (6.32 rispetto a 7.00 della B), distinta dalla



**Fig. 3** - Foresta di Montedimezzo (IS). Andamento dei valori medi estivi (2005-2007) di trasmittanza lungo l'asse centrale del transect nelle due aree sperimentali.  
*Forest of Montedimezzo (IS). Trend of transmittance mean summer values (2005-2007) along the central axis of the transects in A and B.*

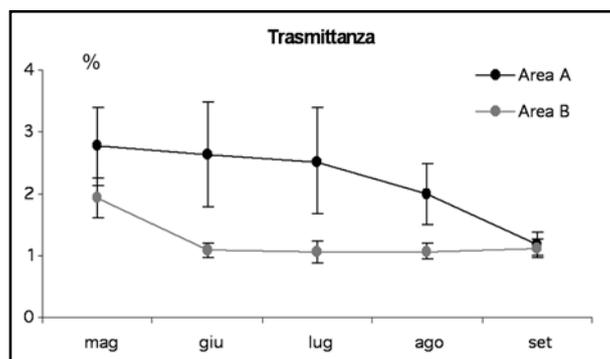
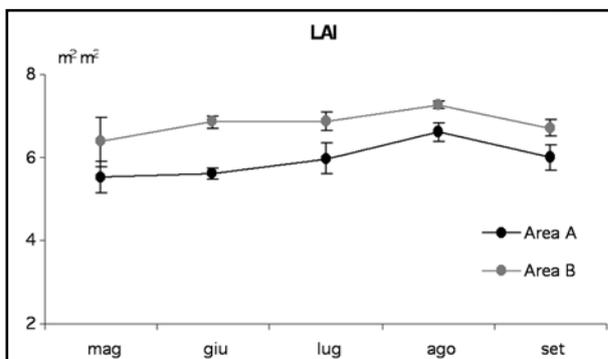
prevalenza del faggio, specie caratterizzata da una copertura meno consistente rispetto al cerro. Anche per quanto riguarda le medie estive di trasmittanza sono state registrate differenze statisticamente significative ( $P < 0.05$ ) tra le due aree con un maggiore apporto di radiazione al suolo nell'area A (2.37%) rispetto alla B (1.06%).

Per un'analisi di maggior dettaglio è stata esaminata la variazione, lungo l'asse centrale del transect, dei valori medi estivi di trasmittanza (Figura 3); i dati oscillano nell'area B da 0.22 a 2.73% e nell'area A da 0.34 a 31.07%. Nell'area A la notevole e maggiore variabilità dei valori è causata dalla presenza, nel terzo inferiore del transecto, di una buca creata per il crollo di 2 grosse piante di faggio, prima dell'inizio delle osservazioni sperimentali.

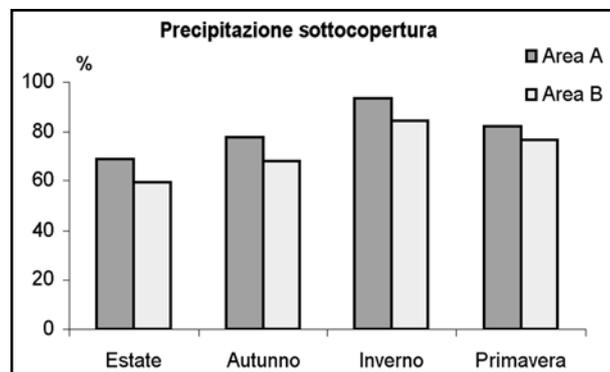
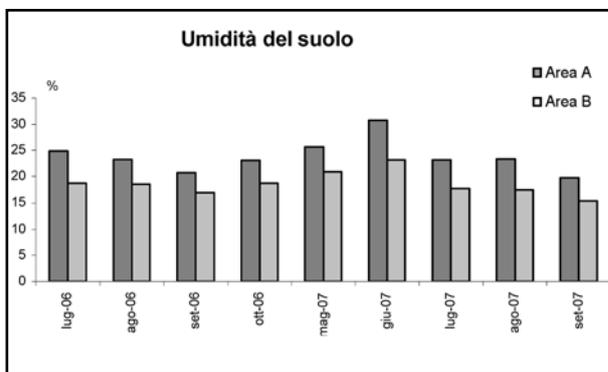
Infine l'andamento stagionale dei valori medi mensili sia di trasmittanza che di LAI (Figura 4) rispecchia la diversa composizione specifica delle due aree e quindi la differente fenologia delle specie presenti. L'area B, a prevalenza di cerro, mostra la massima espansione della copertura alla fine di giugno. In funzione di ciò, rispetto al rilievo di maggio, i valori di trasmittanza si riducono e quelli di LAI aumentano per mantenersi più o meno costanti fino a settembre.

**Tab. 3** - Foresta di Montedimezzo (IS). Caratteristiche strutturali delle due fitocenosi (inventario 2006).  
*Forest of Montedimezzo (IS). Structural characteristics in the two phytocoenosis (inventory 2006).*

Caratteristiche strutturali	Totale		Faggio		Cerro		Altre	
	Area A	Area B						
Indice P di Pretzsch	0.86	1.07						
Grado di ricoprimento R (%)	186	172	70	34	76	73	40	65



**Fig. 4** - Foresta di Montedimezzo (IS). Andamento annuale dei valori medi mensili (2005 - 2007) di LAI e trasmittanza nelle due aree sperimentali.  
 Forest of Montedimezzo (IS). Annual variation of LAI and trasmittanza mean monthly values (2005-2007) in A and B.



**Fig. 5** - Foresta di Montedimezzo (IS). Umidità del suolo (%) misurata con metodo gravimetrico nelle due aree di studio.  
 Forest of Montedimezzo (IS). Soil moisture content (%) by the gravimetric method in A and B.

**Fig. 6** - Foresta di Montedimezzo (IS). Precipitazione sottocopertura in percentuale rispetto a quella esterna (2006-2007) nelle due aree sperimentali.  
 Forest of Montedimezzo (IS). Percentage of seasonal throughfall (2006-2007) in A and B.

Nell'area a dominanza di faggio, la fase di massima espansione risulta invece anticipata di circa 1 mese e quindi già a maggio i valori delle due variabili sono simili a quelli registrati negli altri mesi estivi.

I valori di umidità del suolo (Figura 5) registrati nelle stagioni vegetative 2006 e 2007 hanno evidenziato una maggiore percentuale di umidità nell'area A con valori compresi tra il 20 ed il 31% rispetto alla B le cui percentuali si mantengono più basse durante tutto il periodo di rilievo e variano dal 15 al 23%. L'analisi statistica (test t) ha rilevato differenze altamente significative tra le due aree ( $P < 0.001$ ). I dati osservati indicano comunque una buona quantità di umidità nel suolo con valori medi pari al 24 e 19% rispettivamente nell'area A e B.

L'andamento stagionale della quantità di pioggia sottocopertura in percento rispetto alla precipitazione esterna (Figura 6) ha indicato assenza di differenze significative tra le due aree. Nonostante ciò, nell'area A si riscontrano valori sempre maggiori che oscillano dal

93% in inverno al 69% in estate. L'area B, caratterizzata dalla dominanza del cerro, da struttura pluripiana e copertura più consistente, intercetta maggiormente le piogge esterne e di conseguenza i valori sottocopertura sono risultati inferiori rispetto alla A e variabili dall'84% in inverno al 59% in estate.

### Rinnovazione naturale

I risultati ottenuti dal monitoraggio della rinnovazione naturale (Figura 7) hanno evidenziato, nonostante la brevità del periodo di osservazione, modalità interessanti circa la dinamica di insediamento e di sopravvivenza dei semenzali.

Nel 2005, anno di inizio dei rilievi, è stata registrata una quasi totale assenza di rinnovazione (sia di plantule sia affermata) in entrambe le aree. Lo stesso anno si è però caratterizzato per l'abbondante disseminazione del cerro (anno di pasciona). La germinazione dei semenzali di cerro è avvenuta nell'arco di tutta la stagione vegetativa del 2006 raggiungendo il massimo nel

mese di luglio con valori di IR pari a 506 nell'area B e di 214 nella A. Successivamente il decremento numerico dei semenzali è stato consistente e si è protratto fino al termine del periodo di osservazione. In entrambe le aree, durante l'abbondante insediamento di rinnovazione naturale del 2006, più del 98% dei semenzali è costituito da plantule di cerro.

La diversa composizione specifica ed in parte il diverso regime radiativo che contraddistingue le due aree sono alla base della differente dinamica osservata nel processo di mortalità (Tabella 4). Nell'area A, eccetto il primo periodo (lug. 06 - ott. 06), in cui la mortalità è elevata e paragonabile a quella dell'area B, il tasso di sopravvivenza dei semenzali si mantiene relativamente alto (85%) e costante nel tempo. Al contrario nell'area B è stato osservato un ulteriore picco di mortalità nel periodo estivo dell'anno successivo.

Nell'area A, relativamente ai rilievi di luglio 2006, sono presenti correlazioni statisticamente significative tra trasmittanza e rinnovazione ( $P < 0.001$ ), mentre non ci sono correlazioni significative tra umidità del suolo e rinnovazione e tra trasmittanza e umidità del suolo. Diversamente nell'area B non si osserva alcuna correlazione significativa tra i vari parametri ecologici e la rinnovazione.

### Discussione e conclusioni

Dai risultati si evince che l'area B, a prevalenza di cerro, è strutturalmente più complessa ed evidenzia una maggior consistenza della copertura. Di conseguenza sono stati rilevati sia un minor quantitativo di radiazione sia valori inferiori di umidità e pioggia sottocopertura rispetto all'area A. Questo può avere condizionato la dinamica della mortalità, e quindi la sopravvivenza dei semenzali, che è risultata maggiore rispetto all'area a prevalenza di faggio, caratterizzata

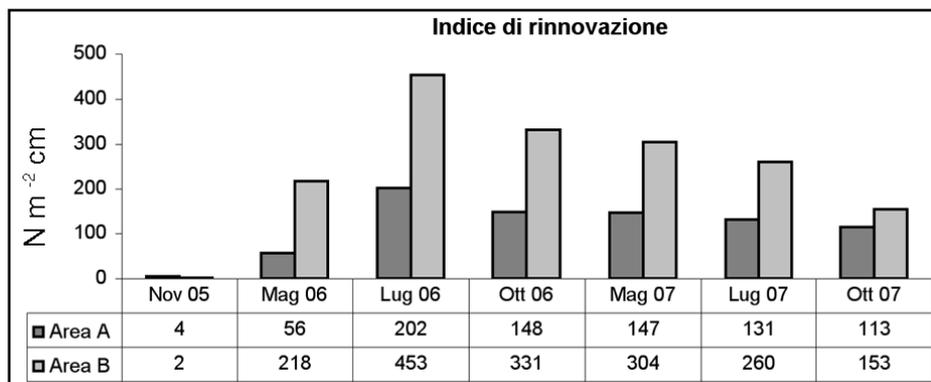
**Tab. 4** - Foresta di Montedimezzo (IS). Mortalità (%) dei semenzali di cerro nelle due aree sperimentali.  
*Forest of Montedimezzo (IS). Mortality rate (%) of Turkey oak seedlings in A and B.*

Periodi	Mortalità %	
	Area A	Area B
Lug 06-Ott 06	40	39
Ott 06-Mag 07	12	16
Mag 07-Lug 07	14	20
Lug 07-Ott 07	16	43

da una migliore condizione luminosa, uno dei principali fattori limitanti per l'affermazione dei semenzali.

Il cerro infatti, come sottolineato da GUIDI *et al.* (*op. cit.*), è una specie eliofila che si rinnova con difficoltà sottocopertura e che quindi sfrutta la comparsa di *gap* create dal crollo di piante stramature. DE PHILIPPIS (1942) afferma che i valori minimi di radiazione necessari per la sopravvivenza dei semenzali di cerro si aggirano intorno al 2-3% della luce piena e che tale necessità aumenta con l'accrescimento della pianta. Nelle due aree oggetto di studio i valori medi di radiazione al suolo sono inferiori o appena sufficienti rispetto al limite stimato da De Philippis.

Il LAI misurato nelle aree di studio esprime una buona produttività e le caratteristiche proprie di formazioni forestali mature in abbandono colturale da quasi 60 anni. L'età del piano inferiore è infatti compresa tra 30 e 65 anni, mentre quello superiore evidenzia età maggiori di 150 anni. Rispetto ai dati del 1992 (GUIDI e MANETTI 1992) i valori di LAI sono risultati leggermente inferiori, ma questo può essere dovuto al fatto che il PCA LAI-2000 tende a sottostimare l'indice di area fogliare (CUTINI *et al.* 1998). Secondo KRAMER e KOZLOWSKI (1979) il LAI di boschi di latifoglie decidue è compreso tra 3 e 6; secondo altri Autori (POLI 1978) esso varia tra 2.5 e 10. In entrambe le aree i valori registrati sono alti e posti nella fascia medio-alta rispetto



**Fig. 7** - Foresta di Montedimezzo (IS). Indice di rinnovazione del cerro nelle due aree di studio nel periodo 2005-2007.  
*Forest of Montedimezzo (IS). Regeneration index of Turkey oak in A and B (period 2005-2007).*

a quelli indicati per soprassuoli simili (ODUM 1971 in SCHIRONE *et al.* 1985).

Per quanto riguarda la pioggia sottocopertura i valori riscontrati nelle aree sperimentali sono in linea o inferiori a quelli evidenziati sia in cedui di cerro sia nei boschi di latifoglie. In queste formazioni i valori di intercettazione sono risultati variabili dal 6.3% al 9.1% nei cedui di cerro (SCARASCIA MUGNOZZA *et al.* 1988) e intorno al 10-12% nei boschi di latifoglie (MONTEITH 1975; HEWLETT 1982). In linea generale possiamo affermare che l'umidità del suolo, come anche evidenziato da GIORDANO e SCHIRONE (1989) rappresenta un fattore importante per la crescita della plantula ma non fondamentale per la sopravvivenza e l'affermazione dei semenzali di cerro.

In definitiva, le modalità di insediamento dei semenzali di cerro indicano che la produzione e la germinazione del seme avvengono in modo ottimale e che solo la ridotta frazione di radiazione che giunge al suolo rappresenta un serio fattore limitante per l'affermazione della rinnovazione.

## Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano la dott.ssa Claudia Becagli ed il sig. Alessandro Fois, CRA-Centro di Ricerca per la Selvicoltura (Arezzo), che hanno dato un valido contributo nell'esecuzione dei rilievi in bosco. Un ringraziamento particolare è poi rivolto ai sig.ri Giovanni Tagliente e Validoro Angelone (Unità di Ricerca di Isernia) per il supporto logistico e per aver collaborato con grande competenza alla raccolta dei dati.

Si ringraziano i Referee anonimi per gli utili suggerimenti che hanno contribuito a migliorare il testo finale del lavoro.

## Bibliografia citata

- ATTIWILL P.M. 1994 - *The disturbance of forest ecosystems: the ecological basis for conservative management*. Forest Ecology and Management 63 (2): 247-300.
- 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.
- BIANCHI L., PACI M., BARTOLINI D. 2006 - *Dinamiche evolutive di post-selvicoltura nella foresta di Vallombrosa*. Forest@3 (1): 63-71.
- BIANCHI L., BOTTACCI A., PACI M., QUILGHINI G. 2009 - *Struttura e dinamismo forestale nella Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino*. In: La Riserva naturale integrale di Sasso Fratino: 1959-2009. 50 anni di conservazione della biodiversità. CFS/UTB Pratovecchio: 69-74.

- BONCINA A. 2000 - *Comparison of structure and biodiversity in the Rajhenav virgin forest remnant and managed forest in the Dinaric region of Slovenia*. Global Ecology and Biodiversity 9: 201-211.
- 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*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 33 (2002-2004): 9-20.
- CHAPMAN R. A., HEITZMAN E., SHELTON M.G. 2006 - *Long-term changes in forest structure and species composition of an upland oak forest in Arkansas*. Forest Ecology and Management 236 (1): 85-92.
- CUTINI A. 1994 - *La stima del LAI con il metodo delle misure di trasmittanza in popolamenti diradati e non diradati di cerro*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 23 (1992): 167-181.
- CUTINI A. 1996 - *The influence of drought and thinning on leaf area index estimates from canopy transmittance method*. Annales des Sciences Forestières 53: 595-603.
- 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*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 27 (1996): 65-70.
- 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.
- CUTINI A., GIULIETTI V., VARALLO A. 2003 - *La stima dell'indice di area fogliare di popolamenti forestali e di singoli alberi con il Plant Canopy Analyzer LAI-2000*. Annali C.R.A. - Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 31 (2000): 95-107.
- CUTINI A., VARALLO A. 2006 - *Estimation of foliage characteristics of isolated trees with the Plant Canopy Analyzer LAI-2000*. Current Trends in Ecology 1 (2006): 49-56.
- 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*. Annali C.R.A. - Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 33 (2002-2004): 133-142.
- DE PHILIPPIS A. 1942 - *Contributo ad uno studio monografico sul cerro*. Annali della Sperimentazione Agraria 39: 185-226.
- EMBOG J., CHRISTENSEN M., HEILMANN-CLAUSEN J. 2000 - *The natural dynamics of Seserup Skov, a near natural temperate deciduous forest in Denmark*. Forest Ecology and Management 126 (1-3): 173-189.
- FRANKLIN J.F., SPIES T.A., PELT R.V., CAREY A.B., THORNBURGH D.A., BERG D.R., LINDENMAYER D.B., HARMON M.E., KEETON W.S., SHAW D.C., BIBLE K., CHEN J. 2002 - *Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example*. Forest Ecology and Management 155 (1-3): 299-423.

- GIORDANO E., SCHIRONE B. 1989 - *Aspetti ecofisiologici delle cerrete dell'Italia centro-meridionale*. In: Prospettive di valorizzazione delle cerrete dell'Italia centro-meridionale. Potenza 3-4 Ottobre 1988: 21-42.
- GUIDI G., MANETTI M.C., PELLER F. 1991 - *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*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 22 (1994): 117-156.
- GUIDI G., MANETTI M.C. 1992 - *Ricerche sull'evoluzione naturale di soprassuoli forestali a Quercus cerris L. e Fagus sylvatica L. nell'Appennino meridionale. Secondo contributo - Osservazioni su alcuni fattori della produttività e del microclima in due aree protette*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 33 (1994): 201-223.
- GUIDI G., MANETTI M.C. 2000 - *L'area Pavari nella faggeta della Foresta Umbra: caratteri strutturali e trend evolutivo*. Annali Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 28 (1997): 39-46.
- HEWLETT J.D. 1982 - *Principles of forest hydrology*. University of Georgia Press, 183 p.
- KRAMER P.J., KOZLOWSKI T.T. 1979 - *Physiology of woody plants*. Academic Press, New York, 811 p.
- LANDSBERG J.J. 1986 - *Physiological ecology of forest production*. Academic Press, London, 198 p.
- LARSEN J.B., NIELSEN A. B. 2007 - *Nature-based forest management - Where are we going?: Elaborating forest development types in and with practice*. Forest Ecology and Management 238 (1-3): 107-117.
- MAGINI E. 1967 - *Ricerche sui fattori di rinnovazione naturale dell'abete bianco sull'Appennino*. L'Italia Forestale e Montana, 22: 261-270.
- MANETTI M.C., GUGLIOTTA O.I. 2009 - *Modifiche compositive e strutturali in soprassuoli in evoluzione naturale della riserva M.a.B. di Montedimezzo (Isernia)*. Annali CRA-Centro di Ricerca per la Selvicoltura, Arezzo, vol. 35 (2007-2008): 3-14.
- MANETTI M.C., BARTOLUCCI S., BERTINI G., PIUSSI P., SANI L. 2009 - *Dinamiche naturali in formazioni forestali a prevalenza di leccio nel Parco Regionale della Maremma*. Forest@ 6: 186-198.
- MARTIN C.W., BAILEY A.S. 1999 - *Twenty years of change in a northern hardwood forest*. Forest Ecology and Management 123 (2-3): 253-260.
- MONTEITH J.L. 1975 - *Vegetation and the atmosphere*. Vol. 1. Academic Press, London, 298 p.
- MOTTA R., MAUNAGA Z., BERRETTI R., CASTAGNETI D., LINGUA E., MELONI F. 2008 - *La riserva forestale di Lom (Repubblica di Bosnia Erzegovina): descrizione, caratteristiche, struttura di un popolamento vetusto e confronto con popolamenti stramaturati delle Alpi italiane*. Forest@ 5: 100-111.
- OLIVER C.D., LARSON B.C. 1996 - *Forest Stand Dynamics*. Update ed., John Wiley & Sons Inc., New York (USA): 520 p..
- PACI M., CIAMPELLI F. 1996 - *Risposta della vegetazione all'apertura di gap nella Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino*. Monti e Boschi 2; 50-58.
- PETERKEN G.F. 1996 - *Natural woodland. Ecology and Conservation in Northern Temperate Regions*. Cambridge University Press, Cambridge, 522 p..
- PETERKEN G.F. 1999 - *Applying natural forestry concepts in an intensively managed landscape*. Global Ecology and Biogeography 8 (5): 321-328.
- POLI E. 1978 - *Indice fogliare e relativa problematica*. Informatore Botanico Italiano 10(1): 181-187.
- 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.
- SCARASCIA MUGNOZZA G., VALENTINI R., SPINELLI R., GIORDANO E. 1988 - *Osservazioni sul ciclo dell'acqua in un bosco di ceduo di Quercus cerris L.*. Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali 37: 3-21.
- SCHIRONE B., SCARASCIA MUGNOZZA G., VALENTINI R. 1985 - *Osservazioni preliminari sull'indice di area fogliare di Quercus cerris L.*. Monti e Boschi, 36(5): 47-51.
- SCHIRONE B., RAGNO D. 1988 - *Considerazioni sullo sviluppo di un soprassuolo ceduo di cerro basate sullo studio delle chiome*. Annali Accademia Italiana Scienze Forestali 37: 365-389.