

Caratteri strutturali in giovani impianti planiziali a prevalenza di farnia e carpino bianco nel Veneto

Bellio R* ⁽¹⁾, Pividori M ⁽²⁾

(1) Regione del Veneto, v. Torino 110, I-30172 Mestre (VE - Italy); (2) Università degli Studi di Padova, Facoltà di Agraria - Agripolis, v.le dell'Università 18, Legnaro (PD - Italy) - *Corresponding Author: Raffaele Bellio (raffaele.bellio@regione.veneto.it).

Abstract: *Structural characteristics of young plantations with pedunculate oak and hornbeam in the Veneto region.* The *Asparago tenuifolii-Quercetum roboris* Marinček 1994 is the forest climax association of Po Valley. Nowadays these forests, located on a few patches in Veneto, that totally cover about 60 hectares, show serious problems in stands structure and functions. They are very important for the nature conservation even if they are fragmented in small stands. Foresters manage them as an open museum, adopting particular forestry technique to preserve and maintain the overstorey vegetation, even through new plantations near the ancient woods. Since 1988, thanks to the CAP's strategy of set-aside, hundreds hectares of agricultural land were converted to forest in order to restore the ancient plain forest. These new forests have a lot of problems caused by errors in the projecting phase and by cultural lacks so they need a model for the management of the stands. The relationships between age and the most important tree variables, natural regeneration and herbs vegetation, were studied by a chronosequence approach over 10 forest sites. This article presents the results of the study about the diameter at breast height (henceforth: dbh) and the other tree variables relationships analyzed both at species and social class level. The authors suggested a new planting scheme aimed at promoting the natural restoration.

Keywords: *Asparago tenuifolii-Quercetum roboris*, plantations, ancient woods, chronosequence, tree variables, social class

Received: Aug 20, 2008; Accepted: Sep 29, 2008

Citation: Bellio R, Pividori M, 2009. Caratteri strutturali in giovani impianti planiziali a prevalenza di farnia e carpino bianco nel Veneto. *Forest@* 6: 4-18 [online: 2009-01-28] URL: <http://www.sisef.it/forest@/>.

Premessa

L'*Asparago tenuifolii-Quercetum roboris* Marinček 1994, costituisce l'associazione forestale climax della Pianura Padana. Tale formazione, peraltro oggi estremamente limitata in termini di estensione (circa 60 ha in Veneto), è dominata nel piano arboreo da *Quercus robur* L. e *Carpinus betulus* L. con *Acer campestre* L., *Fraxinus angustifolia* Vahl e *Ulmus minor* Mill. come specie secondarie (Del Favero et al. 2000). Solamente a partire dagli anni '80, in cui prese avvio il movimento ecologista, si è constatato un crescente interesse del pubblico verso la tutela di questi boschi relitti. Grazie anche all'impulso di tale spinta sociale, a livello europeo sono stati definiti appositi strumenti normativi (reg. CEE n. 797/85, reg. CEE n. 2080/92,

Piani di Sviluppo Rurale, ecc.) che hanno consentito di finanziare interventi di riconversione di estese superfici agricole in boschi, sia da parte degli agricoltori che di enti pubblici.

Tuttavia questi nuovi boschi, realizzati soprattutto per gli incentivi offerti o per questioni di visibilità "politica", oltre a numerosi problemi derivanti da errori di progettazione e da carenze culturali dovute alla scarsità di esperienze pregresse e di conoscenze nel settore, soffrono anche della mancanza di modelli di gestione forestale. Per tale motivo, è stata effettuata una indagine volta a fare il punto della situazione ed a porre le basi per un monitoraggio di lungo periodo sui principali impianti realizzati nella Regione Veneto, al fine di valutare le variazioni di ac-

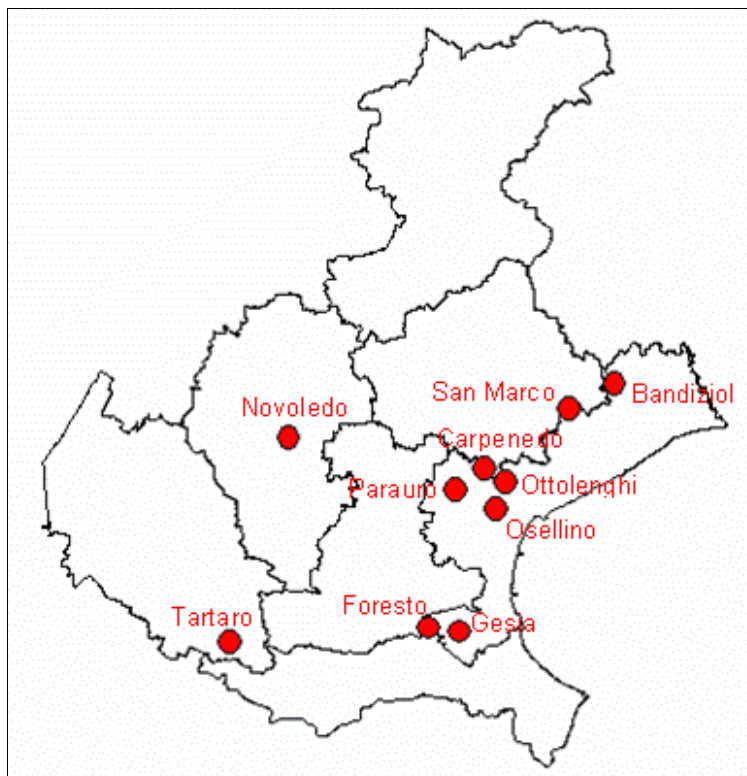


Fig. 1 - Localizzazione delle aree campione nel Veneto.

crescimento a scala individuale, a livello di classe sociale e di specie. Inoltre si è voluto valutare la dinamica auxometrica e strutturale del complesso dei popolamenti studiati in funzione della mortalità naturale e dei modelli di coltivazione, dei diversi ritmi di accrescimento per classe sociale e dei caratteri bioecologici delle specie componenti.

Materiali e metodi

Sul territorio regionale del Veneto sono stati selezionati 10 siti (Fig. 1 e Tab. 1) nei quali sono presenti degli impianti artificiali a prevalenza di farnia e carpino bianco con età variabile tra 7 e 18 anni su una superficie complessiva di 235 ettari. Si tratta di stazioni ubicate principalmente nella provincia di Venezia e di Treviso e due stazioni, rispettivamente, in provincia di Vicenza e Verona, su terreni della bassa pianura (fa eccezione il sito di Novoledo, che si trova al confine tra alta e bassa pianura), situati generalmente ad un'altitudine di pochi metri sul livello del mare. L'area presenta una notevole omogeneità sia nelle caratteristiche climatiche che in quelle pedologiche. In particolare, i suoli che ospitano le formazioni a quercu-carpineto sono generalmente profondi, con tessitura tendenzialmente fine, con drenaggio mediocre, falda profonda, regime idrico udico, a reazione alcalina, moderatamente calcarei (Regione Veneto - ARPAV 2004). Negli impianti si sono individuate complessivamente 24 diverse situazioni diffe-

renziate per età e/o per composizione specifica: al loro interno sono stati rilevati 10.815 soggetti arborei ed arbustivi in 197 aree di saggio lineari (*transect*), costituite da porzioni di filare di 100 metri di lunghezza. Al fine di valutare le variazioni intercorse tra l'epoca di messa a dimora e quella del rilievo, in base al disegno d'impianto sono inoltre stati censiti anche i soggetti morti (o ritenuti tali) che complessivamente ammontano a 1327 unità. Per ciascun soggetto arboreo ed arbustivo, sono stati rilevati i seguenti parametri: specie, diametro a 1.3 m, altezza dendrometrica, diametro della chioma, altezza di inserzione della chioma, posizione sociale (dominante, codominante, dominata) e coordinate relative.

Procedure statistiche e di elaborazione dei dati

Al fine di definire delle relazioni generali tra il diametro a 1.3 m e le altre variabili oggetto di rilievo, per ciascuna specie e posizione sociale è stata eseguita una regressione non lineare (PROC NPAR1WAY, SAS Institute Inc. Cary, NC, 2001) attraverso una procedura *bootstrap* sui dati grezzi da cui sono stati estratti 1000 campioni con un tasso di campionamento corrispondente al 50% della popolazione totale. Tale metodo costituisce una tecnica statistica di ricampionamento che consente di approssimare media e varianza di uno stimatore, costruire intervalli di confidenza e calcolare *p-values* di test quando, in particolare, non si conosca la distribuzione della statistica di interes-

se. I valori dei parametri di regressione sono stati quindi mediati, calcolando i rispettivi limiti di confidenza ed il valore di R^2 di ciascuna funzione usata per l'interpolazione dei dati.

Per modellizzare le relazioni ipsometriche e le relazioni diametro-altezza di inserzione della chioma, sono state testate diverse funzioni matematiche (Gompertz, Chapman-Richards e logistica) ampiamente usate in campo forestale. Tra queste, è stata scelta quella di Gompertz che ha dato i migliori risultati in base al valore di R^2 , ai limiti di confidenza calcolati con una probabilità statistica del 95% ed alla convergenza della regressione. La formula di riferimento è:

$$y = 1.3 + a \cdot e^{-e^{(b-(c \cdot dbh))}}$$

in cui y è l'altezza dendrometrica (m) oppure l'altezza di inserzione della chioma (m); dbh è il diametro a 1.3 m (cm); a , b , c sono i parametri da stimare con la regressione.

I parametri della formula vengono stimati attraverso un processo iterativo ed ogni nuova iterazione serve a minimizzare la dispersione dovuta ai residui e migliorare il valore di R^2 . Per lo studio della relazione diametro fusto-diametro chioma, è stata invece utilizzata una funzione logaritmica che impiega come variabili dipendenti il diametro a 1.3 m assieme all'altezza della pianta (Uzoh & Ritchie 1996, Pretzsch et al. 2002). La formula di riferimento è:

$$\ln(dch) = a + b \cdot \ln(dbh) + c \cdot \ln(h)$$

in cui dch è il diametro medio della chioma (m); dbh è

Tab. 1 - Caratteristiche generali degli impianti.

Stazione	Anno impianto	Età al rilievo	Disegno d'impianto	Distanza intrafilare (m)	Distanza interfilare (m)	Uso di specie pronto effetto	Uso di pacciamatura	
Carpenedo (VE)	1990-1998	7	sinusoidale, a gruppi	2.0	4.0	no	si	
		1999	8	sinusoidale, a gruppi	1.8	3.7	no	si
		9	sinusoidale, a gruppi	1.7	3.3	no	si	
		16	leggermente sinusoidale, a gruppi	2.4	3.9	no	si	
		17	leggermente sinusoidale, a gruppi	2.3	3.9	no	si	
Foresto (VE)	1991	15	sinusoidale	1.5	4.0	no	si	
Gesia (VE)	1991	15	sinusoidale	1.5	4.0	no	si	
Novoledo (VI)	1988-1991	10	sinusoidale	1.0	2.5	no	plastica e vegetale	
		18	sinusoidale	1.5	3.0	no	vegetale	
Osellino (VE)	1994	9	sinusoidale, a gruppi	2.3	3.2	si	si	
		11	sinusoidale, a gruppi	2.1	3.2	si	si	
Ottolenghi (VE)	1997-1999	7	sinusoidale	2.5	3.0	no	si	
		8	sinusoidale	2.3	3.1	no	si	
		9	sinusoidale	2.1	3.2	no	si	
		10	sinusoidale	2.5	3.2	no	si	
Parauro (VE)	1992	12	sinusoidale, a file alterne alberi arbusti	1.7	3.1	no	si anche sperimentale	
San Marco (TV)	1995-1997	9	sinusoidale	1.6	3.3	no	si	
		11	sinusoidale	2.0	2.9	no	vegetale	
Bandiziol e Prassaccon (VE)	1995-1996	7	sinusoidale	1.7	3.5	no	si	
1997-1998	8	sinusoidale	1.9	3.2	no	si		
	1999	9	sinusoidale	1.4	3.1	no	si	
	10	sinusoidale	1.9	3.5	no	si		
	11	sinusoidale	2.1	3.0	no	si		
Tartaro (VR)	1991	14	sinusoidale	1.2	3.0	no	si	

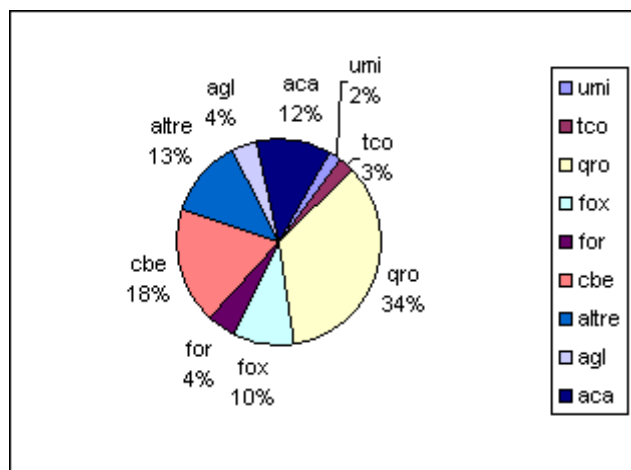


Fig. 2 - Composizione del dataset specie arboree (Legenda: agl = *Alnus glutinosa*; aca = *Acer campestre*; umi = *Ulmus minor*; tco = *Tilia cordata*; qro = *Quercus robur*; fox = *Fraxinus angustifolia*; for = *Fraxinus ornus*; cbe = *Carpinus betulus*; altre = altre specie).

il diametro del fusto a 1.3 m (cm); h è l'altezza dendrometrica (m); a , b , c sono i parametri da stimare con la regressione.

Risultati e discussione

Composizione specifica e numero di piante ad ettaro

Nel dataset esaminato (Fig. 2), le specie arboree principali (farnia e carpino bianco) costituiscono circa il 52% del totale e riflettono in gran parte il risultato dei criteri e della composizione adottati in fase di progettazione degli impianti. Analoghe considerazioni si possono fare anche per le specie arbustive, fra cui prevale il biancospino, seguito dalle altre specie che sono rappresentate nella stessa misura

Tab. 2 - Densità media a ettaro per specie e posizione sociale dello strato arboreo.

Specie	Pos. dominante	Pos. codominante	Pos. dominata	densità ha ⁻¹
<i>Quercus robur</i>	201	78	76	355
<i>Carpinus betulus</i>	57	66	66	190
<i>Acer campestre</i>	23	40	60	123
<i>Fraxinus angustifolia</i>	84	11	6	101
<i>Fraxinus ornus</i>	1	8	33	42
<i>Alnus glutinosa</i>	25	8	6	40
<i>Tilia cordata</i>	6	4	16	26
<i>Ulmus minor</i>	19	2	1	22
Altre specie	62	22	22	106
Totale	480	240	285	1005
%	48%	24%	28%	100%

(nociolo, frangola, prugnolo, pallon di maggio).

In 4 impianti sono stati effettuati dei diradamenti con un prelievo medio del 23.5% degli alberi; nei rimanenti 20 impianti le fallanze ammontano all'11.5% delle piante messe a dimora.

In base alla posizione sociale (Tab. 2), mediamente sono presenti circa 1005 soggetti arborei ha⁻¹, di cui quasi tre quarti occupano i piani superiori (dominante e codominante) e i rimanenti invece rappresentano il piano dominato. Lo strato dominante è costituito soprattutto da specie eliofile dotate di buoni ritmi di accrescimento (farnia, frassino ossifillo, ontano nero, olmo campestre ed altre specie) che rappresentano circa la metà del soprassuolo arboreo. Le specie arboree accessorie (acero campestre, orniello e tiglio selvatico) sono invece fortemente rappresentate nel piano dominato mentre il carpino bianco è equamente distribuito in tutti i piani di vegetazione. Lo strato arbustivo è mediamente composto da 406 soggetti ha⁻¹, rappresentati quasi esclusivamente nel piano dominato.

Distribuzione diametrica

La distribuzione diametrica totale degli alberi può essere suddivisa in sottodistribuzioni di ciascuna classe sociale (Lonnroth 1925, Assmann 1970, Wroblewski 1993). In ogni caso, Assmann (1961), nella descrizione di una tipica struttura di un popolamento in funzione della classe sociale e del piano di vegetazione, ha notato che non è raggiungibile una completa corrispondenza tra le classi della distribuzione diametrica e le classi bioecologiche o sociali delle piante, in quanto normalmente vi è una certa sovrapposizione nei diametri tra le varie classi sociali. Questa sovrapposizione è in parte dovuta ad erro-

ri nella classificazione e in parte causata dalla relazione stocastica tra le altezze delle piante e i diametri e la variabilità nello spazio delle dimensioni delle piante nel popolamento. La curva della distribuzione diametrica per posizione sociale, oltre ad evidenziare i ritmi di accrescimento, ben si presta a indicare le esigenze ecologiche delle diverse specie arboree.

In particolare, per quanto riguarda la farnia (Fig. 3), si può notare che fin dalle prime fasi di sviluppo (diametri in-

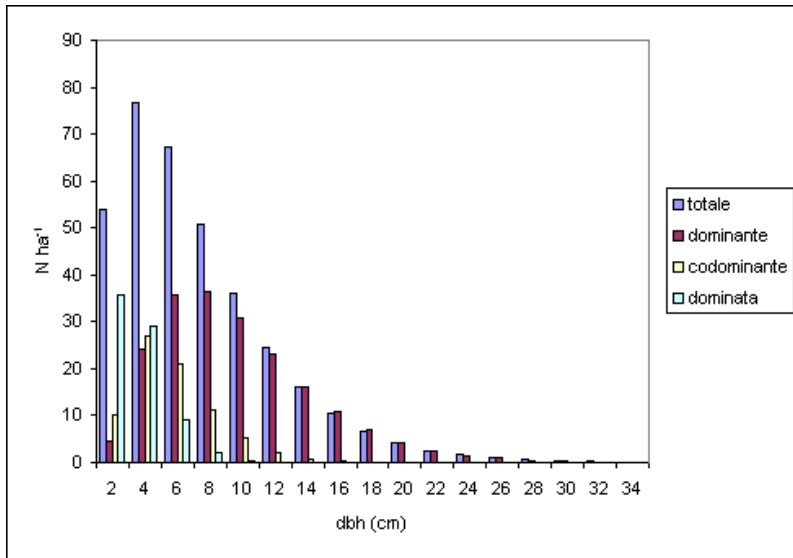


Fig. 3 - Distribuzione diametrica della farnia per posizione sociale.

Fig. 4 - Distribuzione diametrica del carpino bianco per posizione sociale.

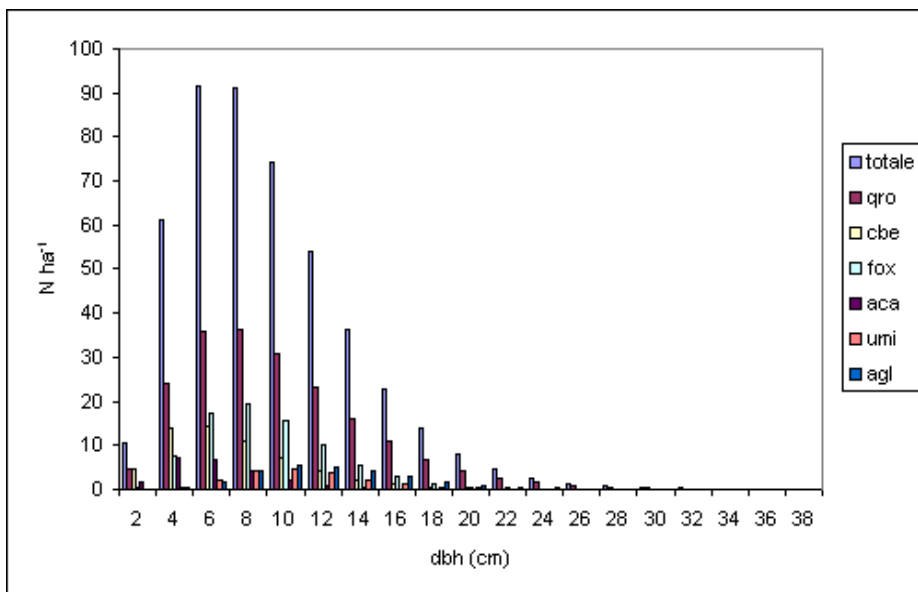
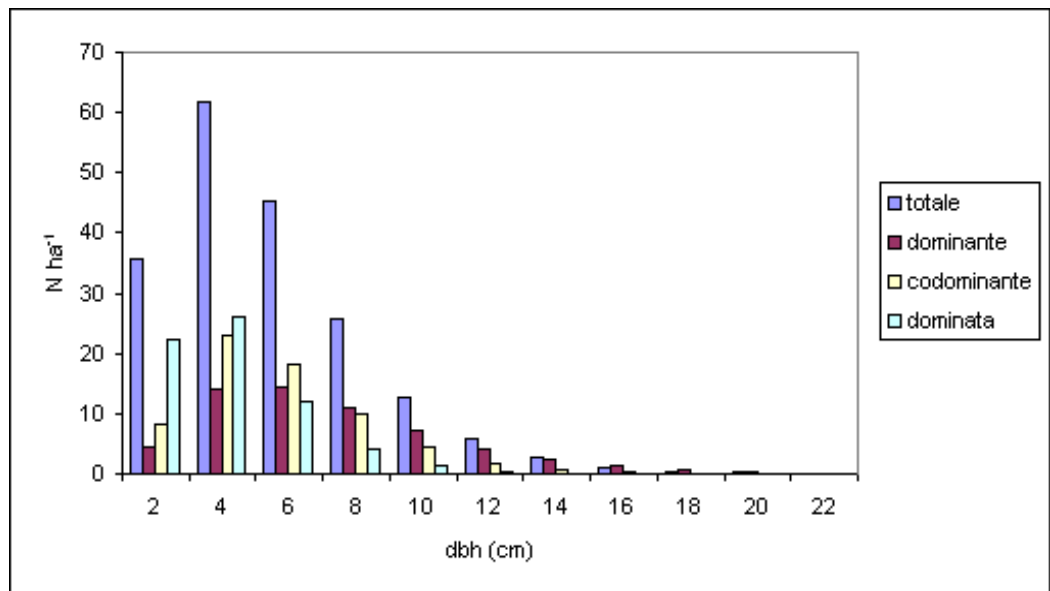


Fig. 5 - Distribuzione diametrica del piano dominante per specie (Legenda: gro = *Quercus robur*; cbe = *Carpinus betulus*; fox = *Fraxinus angustifolia*; aca = *Acer campestre*; umi = *Ulmus minor*; agl = *Alnus glutinosa*).

Fig. 6 - Distribuzione diametrica del piano codominante per specie (Legenda: gro = *Quercus robur*; cbe = *Carpinus betulus*; fox = *Fraxinus angustifolia*; aca = *Acer campestre*).

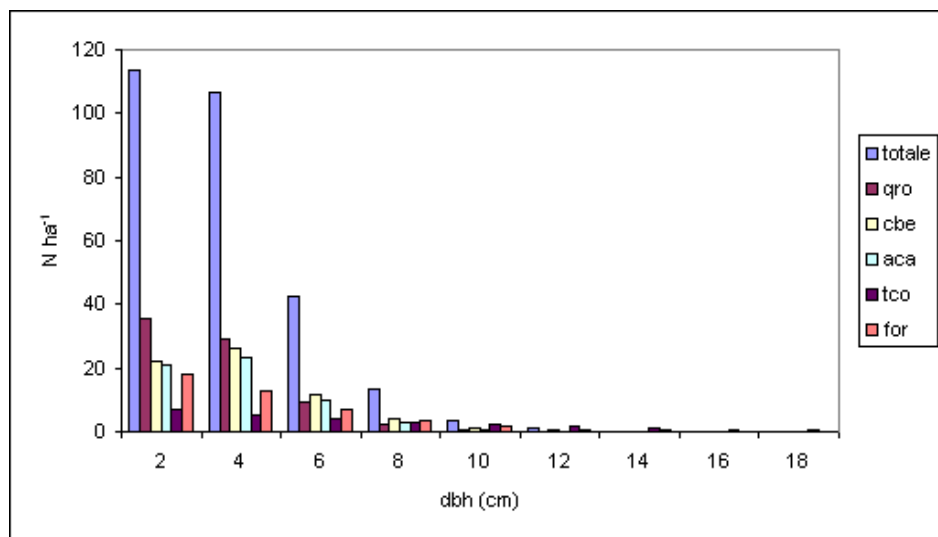
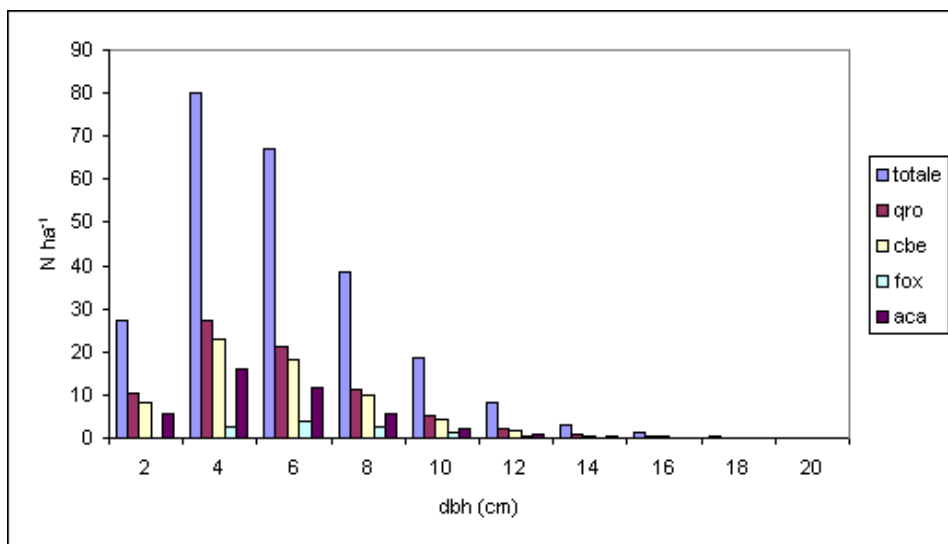


Fig. 7 - Distribuzione diametrica del piano dominato per specie (Legenda: gro = *Quercus robur*; cbe = *Carpinus betulus*; aca = *Acer campestre*; tco = *Tilia cordata*; for = *Fraxinus ornus*).

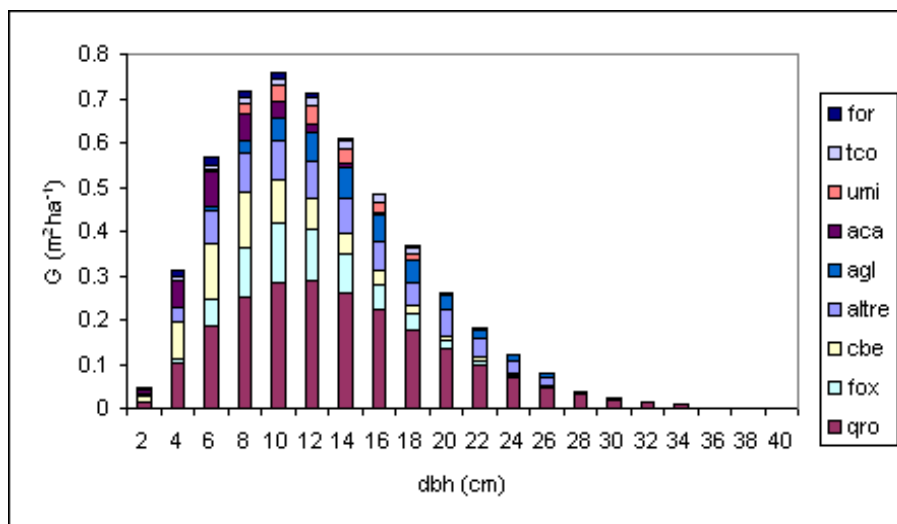
feriori) vi è una forte differenziazione tra gli accrescimenti dei soggetti appartenenti ai diversi piani. La marcata eliofilia della specie e la rapidità di accrescimento consentono alla maggioranza dei soggetti di farnia di svilupparsi nel piano dominante raggiun-

gendo un massimo di frequenza in corrispondenza di 8 cm di diametro. I soggetti del piano codominante e dominato raggiungono invece il massimo a valori di diametro rispettivamente pari a 4 cm e 2 cm, manifestando così la scarsa tolleranza della specie alla riduzione di luminosità e di spazio che tende a comprometterne, generalmente in modo irreversibile, lo sviluppo. Al contrario, l'accentuata tolleranza dell'ombra per il carpino bianco consente uno sviluppo regolare anche ai soggetti che occupano il piano codominante e dominato (Fig. 4), in quanto non si osserva una netta separazione tra i soggetti dei diversi piani né per quanto riguarda le distribuzioni di frequenza né per il diametro massimo. Simili considerazioni si possono fare anche per l'acero campestre, specie ben adattata a tollerare ridotti livelli di luminosità. Per quanto concerne le altre specie, si possono identificare i comportamenti simili del frassino ossifilo, dell'olmo campestre e dell'ontano

Tab. 3 - Area basimetrica media per specie arborea.

Specie	G (m ² ha ⁻¹)	G (%)
<i>Quercus robur</i>	2.22	42%
<i>Fraxinus angustifolia</i>	0.65	12%
<i>Carpinus betulus</i>	0.63	12%
Altre specie	0.61	11%
<i>Alnus glutinosa</i>	0.46	9%
<i>Acer campestre</i>	0.28	5%
<i>Tilia cordata</i>	0.20	4%
<i>Ulmus minor</i>	0.19	4%
<i>Fraxinus ornus</i>	0.09	2%
Totale	5.33	100%

Fig. 8 - Distribuzione dell'area basimetrica per specie arborea (Legenda: for = *Fraxinus ornus*; tco = *Tilia cordata*; umi = *Ulmus minor*; aca = *Acer campestre*; agl = *Alnus glutinosa*; altre = altre specie; cbe = *Carpinus betulus*; fox = *Fraxinus angustifolia*; qro = *Quercus robur*).



nero, specie eliofile ed a rapido accrescimento, con un massimo della curva di distribuzione diametrica a 10 cm. Analogia di comportamento viene dimostrata anche per orniello e tiglio selvatico, che rappresentano le specie arboree caratterizzate dallo sviluppo iniziale più lento, con individui presenti quasi esclusivamente nel piano dominato.

Nel confronto tra specie aventi la medesima posizione sociale si conferma l'esistenza di differenti velocità di accrescimento diametrico. Per il piano dominante (Fig. 5), farnia, frassino ossifillo, olmo campestre e ontano nero presentano un massimo centrato su valori di 8-10 cm di diametro, mentre per le altre specie arboree secondarie (acero campestre, carpino bianco) ed accessorie (tiglio selvatico ed orniel-

lo) tale valore si riduce rispettivamente a 6 cm ed a 2 cm. Per quanto riguarda il piano codominante (Fig. 6), la farnia dimostra un rallentamento dell'accrescimento che la pone allo stesso livello dell'acero campestre e del carpino bianco. Tale andamento sembrerebbe confermare la "sofferenza" dei soggetti appartenenti a queste specie soprattutto nei confronti dello spazio e dalla luce. Per quanto concerne il frassino ossifillo la scarsità degli individui presenti farebbe invece supporre che non vi sia una effettiva separazione tra il piano dominante e codominante. Nel piano dominato (Fig. 7), l'analogia di comportamento tra farnia, acero campestre e carpino bianco tende ad accentuarsi ancora di più, arrivando quasi alla sovrapposizione tra le distribuzioni diametriche. L'or-

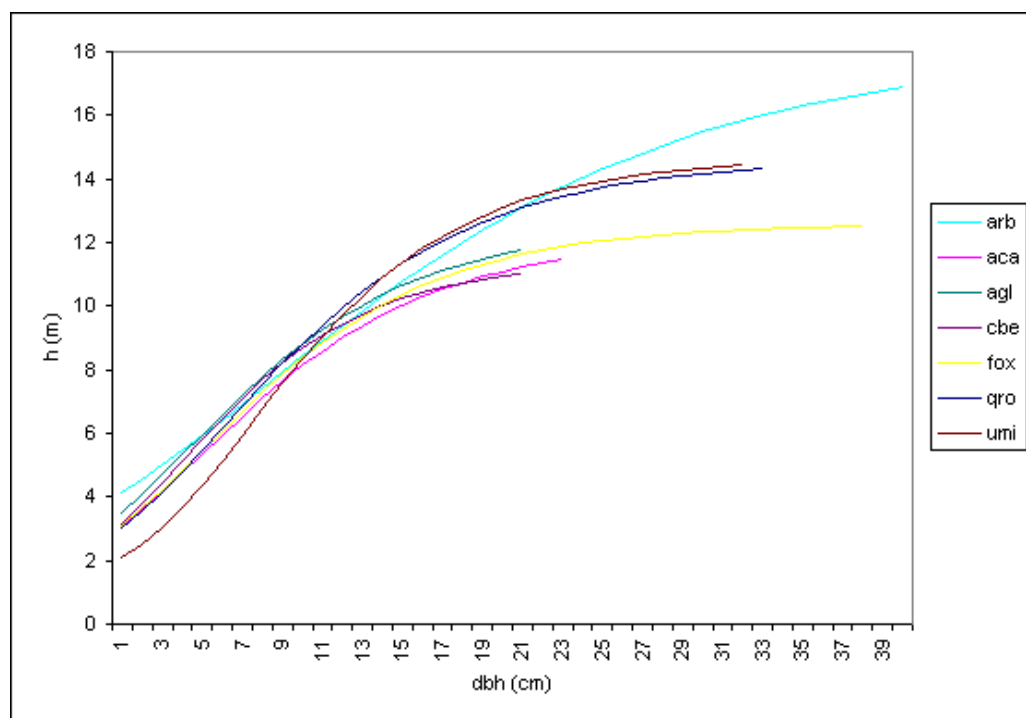
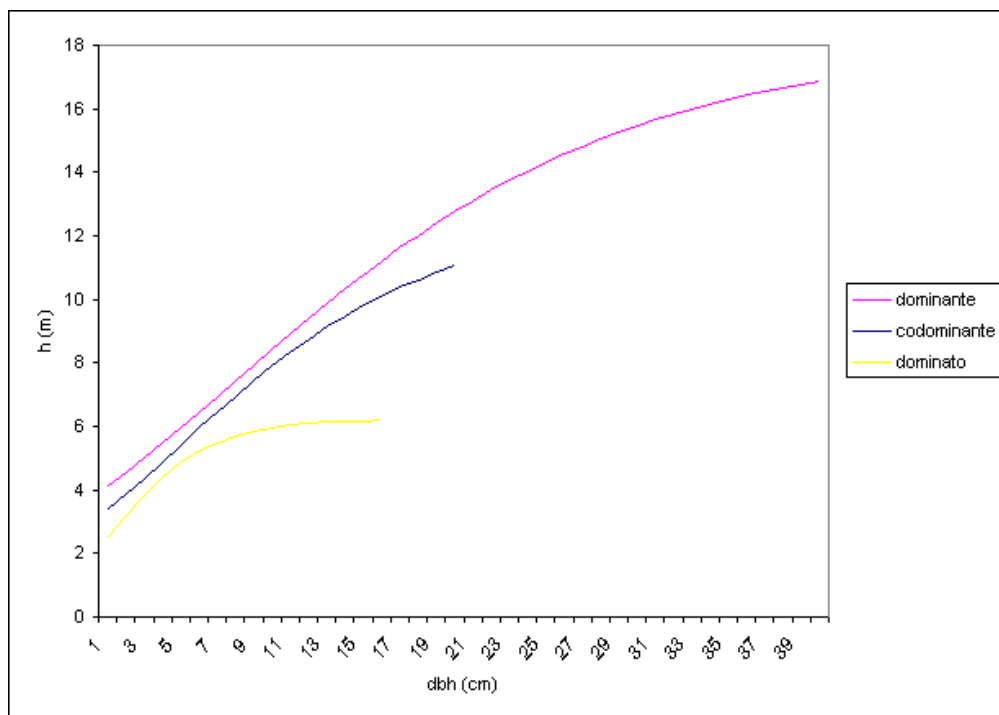


Fig. 9 - Curva ipso-metrica per specie del piano dominante (Legenda: arb = arboree totale; aca = *Acer campestre*; agl = *Alnus glutinosa*; cbe = *Carpinus betulus*; fox = *Fraxinus angustifolia*; qro = *Quercus robur*; umi = *Ulmus minor*).

Fig. 10 - Curva ipso-metrica generale del piano arboreo per posizione sociale.



niello ed il tiglio selvatico continuano a presentare comportamenti differenziati che tenderebbero a confermare uno sviluppo diametrico più “tardivo” rispetto alle altre specie arboree.

Area basimetrica

L’area basimetrica è indicativa delle relazioni esistenti tra la densità e la crescita delle piante (Assmann 1970). Inoltre, in associazione con il numero di piante, l’area basimetrica può essere usata per definire il tipo e l’intensità dei diradamenti (Gadow & Hui 1999, Staupendahl 1999). In linea generale, la curva dell’area basimetrica è sempre caratterizzata da una distribuzione che si approssima molto a quella normale. La farnia si conferma come specie predominante (Tab. 3 e Fig. 8), oltre che in termini di numerosità degli individui, anche in termini di area basimetrica, mentre il carpino bianco, pur essendo numericamente superiore, a causa dello sviluppo più lento viene uguagliato in termini di area basimetrica dal frassino ossifillo.

Relazioni ipsometriche

La previsione dell’altezza totale basata sul diametro a 1.3 m della pianta è uno dei

dati comunemente richiesti sia nella gestione pratica che nei lavori di ricerca in campo selvicolturale (Meyer 1940). La stima del volume delle piante e la descrizione del popolamento e del loro sviluppo nel tempo, richiedono la definizione di accurate funzioni che leghino l’altezza al diametro (Curtis 1967). Molti modelli di accrescimento richiedono come variabili di base l’impiego dei dati di diametro ed altezza, in cui le altezze di tutti o di parte dei soggetti siano derivate da valori diametrici misurati (Burkhardt & Tenenent 1977). Nel caso in cui non siano disponibili valori attuali di crescita in altezza, le funzioni ipsometriche possono essere indirettamente usate per predire la crescita in altezza (Larsen & Hann 1987).

A fini gestionali, è molto importante avere infor-

Tab. 4 - Valori medi di altezza, diametro chioma, età ed altezza inserzione chioma dei soggetti arborei per specie e posizione sociale dominante in corrispondenza di dbh cm 11-12 (n.= numerosità soggetti nel dataset con dbh 11-12 cm; h= altezza in m; dch= diametro chioma in m; hins= altezza inserzione chioma in m).

specie	n.	età	h	dch	hins
<i>Acer campestre</i>	11	15	8.0	5.0	0.8
<i>Alnus glutinosa</i>	41	15	8.6	4.0	4.0
<i>Arboree totale</i>	358	11	9.5	5.0	1.0
<i>Carpinus betulus</i>	23	14	8.6	5.0	0.0
<i>Fraxinus angustifolia</i>	52	10	10.0	5.0	1.0
<i>Quercus robur</i>	153	10	9.6	5.0	1.0
<i>Ulmus minor</i>	24	10	9.0	5.0	0.5

mazioni attendibili sull'altezza dei giovani popolamenti forestali in quanto la programmazione temporale di alcune operazioni selvicolturali, come i diradamenti, dipende in primo luogo dall'altezza degli impianti.

I risultati delle regressioni effettuate hanno prodotto dei valori del coefficiente di determinazione R^2 compresi tra un minimo di 0.453 (carpino bianco dominato) ed un massimo di 0.805 (farnia dominante). Il valore di R^2 è più elevato per le specie del piano dominante e tende a diminuire passando alle altre posizioni sociali. La curva ipsometrica del piano dominante (Fig. 9) denota un primo tratto di crescita molto simile e senza particolari differenze tra le diverse specie arboree esaminate. Questa fase iniziale dello sviluppo del bosco è caratterizzata da un accrescimento dei soggetti che dipende soprattutto dai fattori stazionali e dalle cure colturali in quanto non si è ancora innescata la competizione per lo spazio e la luce. La differenziazione tra le specie arboree considerate rispettivamente principali (farnia, olmo campestre e frassino ossifillo) ed accessorie (acero campestre, carpino bianco, ontano nero) si registra in corrispondenza di un diametro di circa 11-12 cm e ad un'altezza variabile tra 8 e 10 m, a sua volta corrispondente ad una età media compresa tra 10 e 15 anni in funzione della velocità di accrescimento. A titolo di confronto è stata ricavata anche la curva ipsometrica complessiva del piano arboreo dominante che rappresenta pertanto la media di tutte le specie arboree, con esclusione del genere *Populus* e di specie non completamente coerenti con la composizione del quercu-carpinetto (ad es., *Ulmus laevis* Pallas, *Populus x euramericana* (Dode) Guinier, *Ostrya carpinifolia* Scop.). Tale curva risulta fortemente influenzata soprattutto dalla farnia che costituisce la specie maggiormente rappresentata negli impianti indagati.

Le specie arboree principali sono anche quelle che dimostrano un più rapido accrescimento (Tab. 4) e, di conseguenza, raggiungono il diametro soglia ad una età media inferiore rispetto alle specie arboree secondarie, ad accrescimento più lento. A tale proposito si deve osservare che il frassino ossifillo, nella prima fase di crescita, non dimostra un ritmo di accrescimento così elevato come la farnia e l'olmo campestre, tanto che si sarebbe portati a classificarlo tra le specie arboree secondarie. Un altro dato interessante che conferma l'inizio della competizione è il valore del diametro medio della chioma che si attesta per tutte le specie intorno a 5 m: se si considerano i valori medi del sesto d'impianto e si confrontano con le dimensioni delle chiome, si comprende come que-

ste ultime, dopo una prima fase di crescita libera, siano ormai parzialmente sovrapposte e compenstrate, con la conseguenza di limitazioni per quanto concerne la luce e lo spazio.

Relazioni ipsometriche generali del piano arboreo

Le curve ipsometriche generali del piano arboreo (Fig. 10) hanno un andamento parallelo fino ad un diametro di 6 cm, dove inizia il rapido declino di quella riferibile al piano dominato, mentre le altre due continuano con lo stesso andamento fino a circa 13-14 cm, soglia limite a cui avviene la differenziazione. Il piano dominato sembrerebbe essere costituito da individui che presentano un accrescimento iniziale in diametro ed altezza decisamente inferiore rispetto agli altri. Tale accrescimento ridotto tende a protrarsi anche nel futuro, destinandoli o a permanere nello stesso piano, qualora siano in grado di sopportare bassi livelli di luminosità, o a soccombere alla concorrenza. Tra il piano dominante e codominante esistono generalmente solo delle differenze legate all'età media, mentre il piano dominato è nettamente differenziato in tutti i valori dei parametri arborei, dimostrando un rallentamento nella crescita. Le analisi dei valori medi del *dataset* (Tab. 5) riportano come in corrispondenza di un diametro di 13-14 cm sembri avvenire la differenziazione, sia in termini di età che di altezza, tra gli individui del piano codominante e dominante. La concentrazione massiccia degli individui nel piano dominante sembra peraltro indicare che la selezione naturale non stia ancora agendo in maniera incisiva, e quindi la composizione iniziale degli impianti tenda a mantenersi abbastanza inalterata nel tempo, creando la necessità di un intervento selvicolturale per consentire un armonico sviluppo del popolamento.

Relazioni tra diametro ed altezza di inserzione della chioma

L'ampiezza della chioma e l'area di proiezione sul terreno (Condes & Sterba 2005) sono misure importanti per descrivere:

- l'efficienza nell'accrescimento (Badoux 1949, Assmann 1961, Sterba et al. 1993, Larocque & Marshall 1994, Ebert & Deuschle 2000, Ebert & Eisele 2001);
- la competizione a livello di popolamento (Krajicek et al. 1961, Dahms 1966, Strub et al. 1975, Arney 1985, Smith et al. 1992, Monserud & Sterba 1996);
- per l'impiego in modelli di accrescimento individuale su base spaziale (Bella 1971, Biging & Dobbertin 1995, Hasenauer 2000, Pretzsch et al. 2002).

L'ampiezza della chioma è una importante misura

di alcuni fattori chiave nella gestione forestale (Prezsch et al. 2002). Su base individuale, essa aiuta a descrivere la competizione esistente fra soggetti arborei ed essendo correlata alla dimensione dei rami, indirettamente esprime anche la qualità del legname prodotto (Van Laar 1973), e quindi il valore economico di una pianta. Su base di popolamento, serve ad esprimere il grado di copertura delle chiome, che d'altra parte è sia un indicatore della competizione generale esistente sia un'importante misura della qualità dell'habitat forestale. In analogia con la linea di indagine precedente, nell'ambito della ricerca si è ritenuto di analizzare anche le relazioni esistenti tra il diametro del fusto e il diametro della chioma a livello di posizione sociale e specie arborea. I risultati delle regressioni effettuate hanno prodotto dei valori del coefficiente di determinazione R^2 compresi tra un minimo di 0.814 (farnia e orniello dominati) ed un massimo di 0.977 (olmo campestre dominante). Anche in questo caso, il valore di R^2 è più elevato per le specie del piano dominante e tende a diminuire passando alle altre posizioni sociali.

Ad un diametro del fusto di 11-12 cm, corrispondente al livello di differenziazione ipsometrico tra le specie arboree principali ed accessorie, le chiome dei soggetti dominanti raggiungono un diametro medio compreso tra 4 e 5.3 m. Se si considerano le distanze d'impianto utilizzate, al raggiungimento di questo diametro del fusto le chiome hanno ormai cominciato a compenetrarsi in modo più o meno consistente soprattutto qualora nella progettazione siano state privilegiate le specie arboree rispetto alle arbustive. In linea generale, si può affermare che con i sestri d'impianto e la composizione impiegati la copertura tende a chiudersi piuttosto precocemente e comunque entro i primi 10-12 anni. Per quanto riguarda il piano dominante (Fig. 11), è interessante notare come tutte le specie presentino un accrescimento analogo della chioma. Infatti, a parità di diametro, la massima variazione riscontrata tra le specie per l'ampiezza della chioma è di circa un metro. Le specie eliofile (farnia ed olmo campestre) sono anche quelle dotate di chioma più ampia e di accrescimenti iniziali superiori alla media. Il carpino bianco, dopo una crescita iniziale simile alle altre specie, a partire da un diametro del fusto di circa 8 cm diventa la specie che si accresce più velocemente. L'acero campestre sembra essere l'unica specie che, dopo un buon accrescimento iniziale, tende a rallentare ed a declinare lo sviluppo della chioma. Questo comportamento è probabilmente dovuto al fatto che, nella fase iniziale, la luminosità avvantaggia maggiormente le specie

Tab. 5 - Valori medi di altezza, diametro chioma, età ed altezza inserzione chioma dei soggetti arborei in corrispondenza di dbh 13-14 cm (n.= numerosità soggetti nel dataset con dbh 13-14 cm; h= altezza in m; dch= diametro chioma in m; hins= altezza inserzione chioma in m).

Pos. sociale	n.	età	h	dch	hins
dominante	222	11	10.5	5	1
codominante	9	14	9	5	2
dominata	3	14	8	5	0

eliofile. Le specie tolleranti l'ombra diventano più efficienti nell'utilizzo della radiazione solare quando lo strato arboreo tende a saturare lo spazio.

L'indagine è poi proseguita anche nell'analisi delle relazioni esistenti tra le diverse posizioni sociali all'interno di ciascuna specie arborea. Le specie che compongono lo strato arboreo tendono a sviluppare la chioma in modo complementare tra di loro, in misura quasi uguale tra i diversi piani sociali (Fig. 12). Solamente per il piano dominato, a partire da un diametro di circa 10-12 cm, si inizia ad osservare qualche segno di riduzione della chioma, probabilmente a causa del declino di qualche soggetto appartenente a specie eliofile. L'assenza di differenziazione tra i piani è confermata anche dal punto di vista dello sviluppo verticale della struttura dei popolamenti studiati, che generalmente si presenta monoplana.

Parallelamente allo sviluppo della copertura arborea, si assiste ad una progressiva riduzione della quantità di radiazione luminosa in grado di raggiungere le parti inferiori della chioma, che tende pertanto ad un progressivo disseccamento. La velocità del fenomeno di autopotatura dei rami è connessa all'ecologia della specie ed è direttamente proporzionale alle sue esigenze di luce.

Tra le variabili indagate, l'altezza di inserzione della chioma si contraddistingue per i valori più bassi del coefficiente di determinazione R^2 , che variano tra un minimo di 0.086 (acero campestre dominato) ed un massimo di 0.457 (farnia dominante). Anche in questo caso, il valore di R^2 è più elevato per le specie del piano dominante e tende a diminuire passando alle altre posizioni sociali. In tutte le specie si registra un andamento analogo, più o meno accentuato a seconda delle esigenze ecologiche, soprattutto nei confronti della luce. Per quanto concerne il piano dominante (Fig. 13), possiamo notare che l'inizio dei fenomeni di autopotatura si inizia a percepire (0.2-0.5 m di altezza) per quasi tutte le specie quando gli individui raggiungono un diametro del fusto di 8 cm. Fa

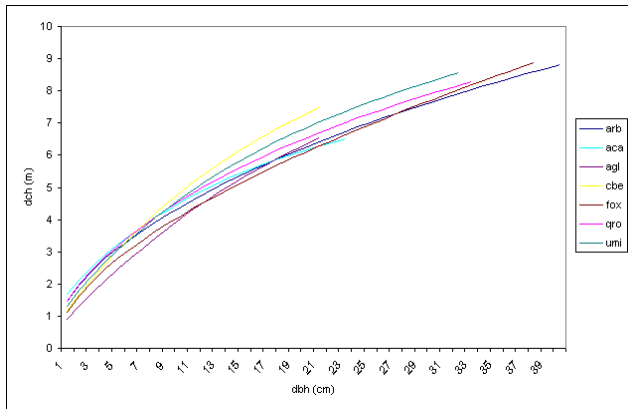


Fig. 11 - Relazione diametro fusto-diametro chioma per specie del piano dominante (Legenda: arb= arboree totale; aca= *Acer campestre*; agl= *Alnus glutinosa*; cbe= *Carpinus betulus*; fox= *Fraxinus angustifolia*; qro= *Quercus robur*; umi= *Ulmus minor*).

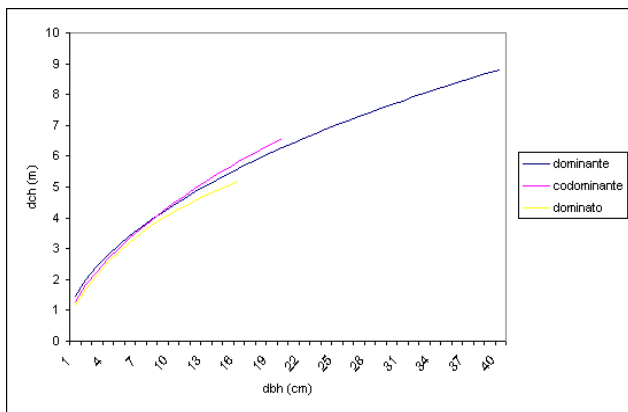


Fig. 12 - Relazione diametro fusto-diametro chioma dello strato arboreo per posizione sociale.

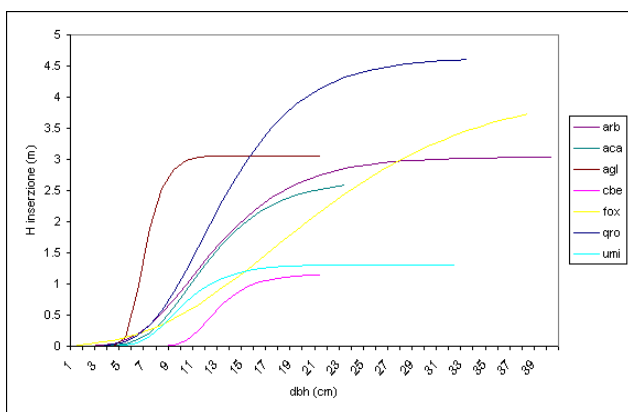


Fig. 13 - Relazione diametro fusto-altezza di inserzione chioma per specie del piano dominante (Legenda: arb = arboree totale; aca = *Acer campestre*; agl = *Alnus glutinosa*; cbe = *Carpinus betulus*; fox = *Fraxinus angustifolia*; qro = *Quercus robur*; umi = *Ulmus minor*).

eccezione in carpino bianco che, grazie alla sua sciafilia, mantiene i rami verdi fino a diametri superiori a 10 cm. Il disseccamento della parte bassa della chioma procede con velocità diverse: in linea generale è maggiore per le specie eliofile mentre è di minore intensità per le specie mesofile o sciafile.

Passando all'analisi per specie in base alla posizione sociale, emerge un comportamento analogo per tutte le specie a prescindere dalle differenti esigenze ecologiche (Fig. 14): gli individui del piano dominante sono quelli che possiedono la chioma più sviluppata per estensione verticale e che risentono in misura minore dei fenomeni di autopotatura. Al contrario, gli individui del piano dominato sono quelli con la chioma più stentata e che manifestano precocemente ed in misura accentuata i fenomeni di autopotatura.

Considerazioni di tipo gestionale

Per gli impianti oggetto di indagine si può osservare come, grazie agli accorgimenti agronomici ed alle cure colturali adottate, la mortalità sia estremamente contenuta. Sarebbe pertanto auspicabile riconsiderare, in sede di progettazione, sia la composizione specifica da utilizzare che la densità ed il disegno d'impianto, anche in funzione delle caratteristiche del suolo. Questo consentirebbe di ridurre da un lato, i costi sostenuti per l'impianto e dall'altro, le spese derivanti dai successivi interventi selvicolturali e di manutenzione, evitando gli errori commessi nel recente passato a causa della scarsa esperienza esistente nel settore. A tale proposito, per quanto riguarda la Regione del Veneto, si evidenzia che per l'imboschimento dei terreni agricoli - sia nelle prescrizioni adottate per l'erogazione degli incentivi della L.R. 13/2003, sia per gli aiuti recati dal Programma di Sviluppo Rurale 2007-2013 - pur considerando le caratteristiche dei suoli nella scelta delle specie, vengano ancora consigliate delle densità d'impianto estremamente elevate (da 1904 a 3690 piante ha⁻¹) con un minimo obbligatorio di 1300 soggetti ha⁻¹ (Regione Veneto 2008). L'adozione di tali livelli di densità va esattamente nella direzione opposta all'obiettivo della rinaturalizzazione: infatti la rinnovazione naturale, che potrebbe insediarsi già nei primissimi anni dall'impianto, viene del tutto compromessa a causa della precoce chiusura delle chiome.

Le osservazioni in campo mostrano come le specie arboree a rapido accrescimento (pioppi, salici, farnia, olmo, frassino ossifillo), fungendo da posatoi privilegiati per l'avifauna, possano costituire dei nuclei di disseminazione soprattutto per le specie arboree ed

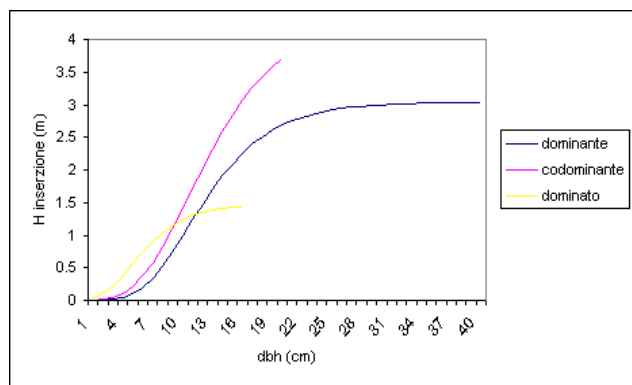


Fig. 14 - Relazione diametro fusto-altezza di inserzione chioma dello strato arboreo per posizione sociale.

arbustive legate alla diffusione zoocora (Howard & Lee 2003). Per tale motivo, risultano scarsamente motivate le densità d’impianto consigliate, soprattutto nel caso delle specie arbustive, variabili tra 714 e 1667 piante ha⁻¹. Si propone pertanto una variante al modulo d’impianto n. 1 (Fig. 15) suggerito dalla Regione Veneto (2008). Tale modulo prevede una struttura costituita da quattro file di piante di specie arboree, alternate tra loro in maniera irregolare lungo la fila; ogni 4 file viene inserita una fila di sole specie arbustive alternate tra loro in maniera irregolare. La densità teorica è di 1964 piante ha⁻¹ di cui 1250 di specie arboree e 714 di specie arbustive. L’impianto per file di sole specie arbustive dovrebbe consentire

di creare delle siepi all’interno dell’imboschimento: gli arbusti subiranno una spontanea diffusione negli anni a venire ad opera di uccelli e polloni radicali. L’assenza di arbusti lungo le file di specie arboree giustifica la elevata densità di impianto di queste.

Pur prescindendo dalle caratteristiche pedologiche, il modulo che viene proposto come variante adotta invece una densità minore sia nelle specie arboree che arbustive. La struttura (Fig. 16) è costituita complessivamente da sei file, di cui cinque di specie arboree, alternate tra loro in maniera irregolare lungo la fila; ogni cinque file, viene inserito un filare di sole specie arbustive, alternate tra loro in maniera irregolare.

La distanza interfilare di 4 metri consente ai soggetti posti a dimora di svilupparsi in maniera ottimale senza che si instauri precocemente la competizione per la luce e lo spazio. In questo modo, le chiome dei soggetti arborei tenderanno a compenetrarsi verso i 12 anni. La luce che arriva al suolo sarà sufficiente a consentire lo sviluppo della rinnovazione naturale. Nelle file di specie arboree, ogni 3 soggetti potrebbe essere messo a dimora un soggetto isolato di specie a rapido accrescimento (pioppo nero e bianco, salice bianco, olmo campestre, frassino ossifillo) che, andando a costituire il posatoio preferenziale per l’avifauna, favorirà la formazione un nucleo di rinnovazione naturale in grado di svilupparsi ed affrancarsi.

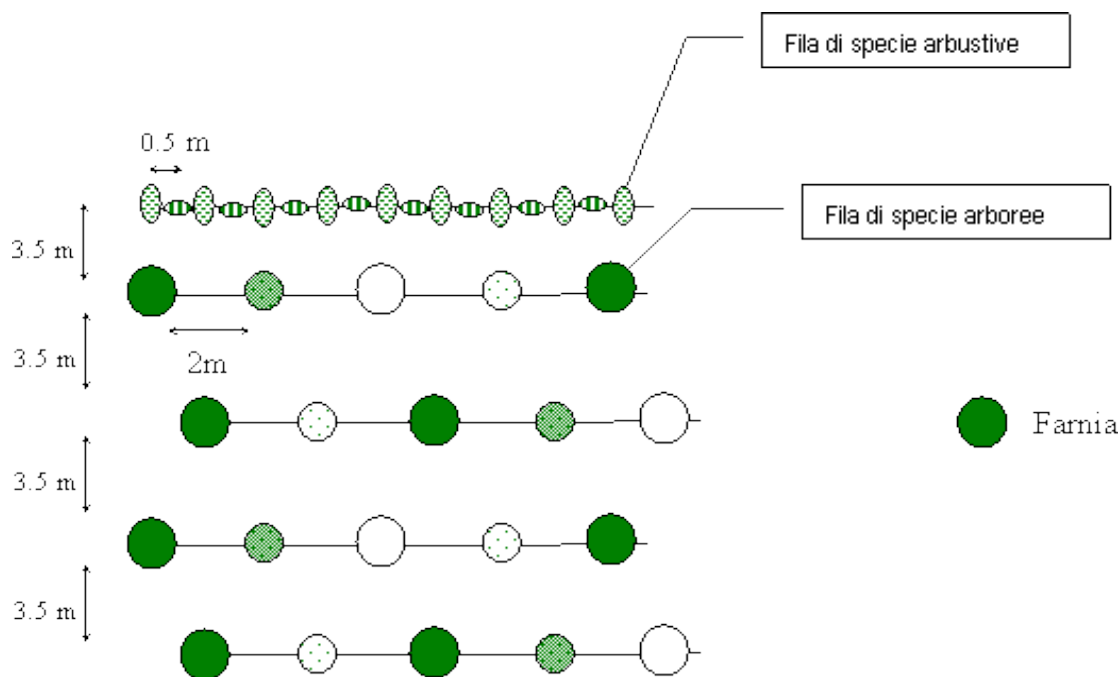


Fig. 15 - Modulo d’impianto n. 1 della Regione Veneto (2008).

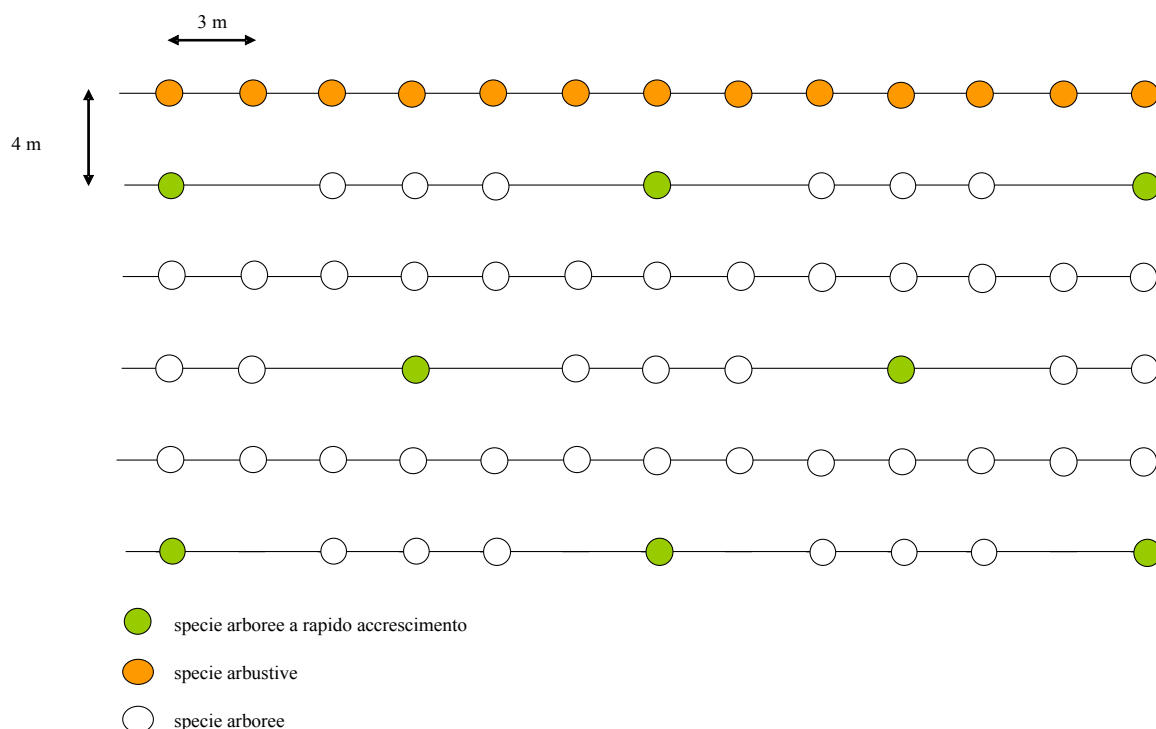


Fig. 16 - Modulo d'impianto proposto.

L'impianto per file di sole specie arbustive con distanza intrafilare di 3 m, riducendo al minimo la concorrenza, permette uno sviluppo ottimale dei soggetti. Nel contempo, tale soluzione consente di creare dei nuclei ai margini ed all'interno dell'imboschimento dai quali si potrà avere una spontanea diffusione ad opera dell'avifauna e per riproduzione agamica per polloni radicali, accelerando, in tal modo, i processi di rinaturalizzazione del territorio.

Conclusioni

Lo studio dei giovani impianti planiziali a prevalenza di farnia e carpino bianco del Veneto, ha dimostrato l'utilità di ricorrere alla classificazione in base alla posizione sociale ed all'analisi per specie arborea ai fini dell'interpretazione ecologica delle dinamiche interspecifiche ed intraspecifiche in atto tra le diverse componenti. La differenziazione tra le diverse posizioni sociali sembra avvenire molto precocemente e ciò, soprattutto nel caso di specie eliofile (farnia, orniello), condiziona in maniera determinante lo sviluppo futuro degli individui. Inoltre la densità, il rapido sviluppo ed il precoce instaurarsi della competizione che si sono riscontrati in tutti gli impianti oggetto dell'indagine, caratterizzati da una composizione ed una struttura articolata con mescolanza di numerose specie aventi diverse esigenze ecologiche,

evidenziano come sia necessario fin dai primi anni guidare l'evoluzione del soprassuolo mediante diradamenti al fine di avvicinarsi ad una composizione ottimale per una cenosi planiziale, correggendo eventuali valutazioni erranee effettuate in fase di progettazione.

I ritmi di accrescimento osservati dimostrano che, dopo 10-12 anni dall'impianto, i soggetti del piano dominante raggiungono un diametro medio del fusto di 11-12 cm ed un'altezza compresa tra 8 e 10 m, mentre lo sviluppo delle chiome determina la copertura totale del suolo. Il forte dinamismo e la notevole capacità di colonizzazione, evidenziata dalla componente arbustiva, rende sicuramente più economico, ma ugualmente valido, l'impianto degli arbusti secondo filari o gruppi ed in percentuali più ridotte di quanto effettuato finora.

È necessario infine ricordare che questi impianti sono un insieme artificiale di alberi ed arbusti, che non possono essere considerati un vero bosco, pur presentando una composizione e, dopo pochi decenni, anche una struttura articolata che si ispira a quella riscontrabile nelle foreste planiziali. Per ricostituire un bosco sono necessari tempi molto lunghi indispensabili per arricchire la biocenosi della miriade di componenti minori (funghi, batteri, invertebrati, erbe ecc) ora assenti e difficilmente introducibili in modo

artificiale, ma componenti fondamentali di un ecosistema forestale (Pelleri et al. 2001).

Se l'obiettivo principale di questi impianti è la rinaturalizzazione del territorio, è necessario massimizzarne la stabilità ecologica nel minor tempo possibile promuovendo i meccanismi di rinnovazione naturale, anche attraverso l'adozione di idonei disegni d'impianto.

Ringraziamenti

Il lavoro è stato parzialmente svolto nell'ambito della convenzione tra l'Università degli Studi di Padova - Facoltà di Agraria - Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-forestali ed il Comune di Venezia - Direzione Centrale Sviluppo del Territorio e Mobilità, Trasformazioni Urbane Progetti e Piani Ambientali, relativa allo studio degli aspetti economici ed ecologici del Bosco di Mestre. Si ringraziano il dr. Giustino Mezzalana ed il dr. Francesco Pelleri per aver messo gentilmente a disposizione i dati relativi al sito di Novoledo. Un particolare ringraziamento va agli anonimi Revisori per i preziosi suggerimenti e le indicazioni fornite che hanno consentito di apportare notevoli miglioramenti all'articolo.

Bibliografia

- ARPAV (2004). Carta dei suoli del Veneto in scala 1:250.000. Azienda Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Veneto - Regione Veneto (CD-ROM).
- Arney JD (1985). A modelling strategy for the growth projection of managed stands. *Canadian Journal of Forest Research* 15 (3): 511-518.
- Assmann E (1961). *Waldtragskunde*. BLV Bayerischen Landwirtschaftsverlag GmbH, Munchen, Germany.
- Assmann E (1970). The principles of forest yield study, studies in the organic production, structure, increment and yield of forest stands. Pergamon Press Ltd., USA.
- Badoux E (1949). L'allure de l'accroissement dans la forêt jardinée. *Mitt. schweiz. Anstalt forst. Versuchsw* XXVI (1): 9-58.
- Bella IE (1971). A new competition model for individual trees. *Forest Science* 17 (3): 364-372.
- Biging GS, Dobbertin M (1995). Evaluation of competition indices in individual tree growth models. *Forest Science* 41 (2): 360-377.
- Burkhardt HE, Tennent RB (1977). Site index equations of radiata pine in New Zealand. *New Zealand Journal of Forest Science* 7: 408-416.
- Condes S, Sterba H (2005). Derivation of compatible crown width equations for some important tree species of Spain. *Forest Ecology and Management* 204: 203-218.
- Curtis R (1967). Height-diameter and height-diameter-age equations for second-growth Douglas-fir. *Forest Science* 13 (4): 365-375.
- Dahms WG (1966). Relationship of Lodgepole pine volume increment to crown competition factor, basal area and site index. *Forest Science* 12 (1): 74-82.
- Del Favero R, Carraro G, Dissegna M, Giaggio C, Savio D, Zen S, Abramo E, Andrich O, Corona P, Cassol M, Lasen C, Marchetti M, Ciancio O (2000). Biodiversità e indicatori nei tipi forestali del Veneto. Regione del Veneto e Accademia Italiana di Scienze Forestali, pp. 335.
- Ebert HP, Deuschle R (2000). Die Baumkrone als Maßstab für den Zuwachs von Fichte. *Forst Holz* 55 (14): 452-454.
- Ebert HP, Eisele M (2001). Die Baumkrone als Maßstab für den Zuwachs von Kiefer. *Forst Holz* 56(7): 226-231.
- Gadow KV, Hui GY (1999). *Modelling Forest Development*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, NL, pp. 213.
- Hasenauer H (2000). Die simultanen Eigenschaften von Waldwachstumsmodellen. Parey Buchverlag, Berlin, pp. 131.
- Howard L, Lee TD (2003). Temporal patterns of vascular plant diversity in south Eastern New Hampshire forests. *Forest Ecology and Management* 185: 5-20.
- Krajicek J, Brinkman K, Gingrich S (1961). Crown competition measure of density. *Forest Science* 7: 35-42.
- Larocque GR, Marshall PL (1994). Crown development in red pine stands. II. Relationships with stem growth. *Canadian Journal of Forest Research* 24 (4): 775-784.
- Larsen DR, Hann DW (1987). Height-diameter equations for seventeen tree species in southwest Oregon. Forest Research Laboratory, Research Bulletin 49, Oregon State University, Corvallis, USA.
- Lonnroth E (1925). Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltiger naturnormaler Kiefernbestände basiert auf Material aus der Sudhalfte Finnlands. *Acta Forestalia*.
- Marincek L (1994). Zur Nomenklatur der Hainbuchenwälder des /Erythronio-Carpion/. *Simpozij-Pevalek (Zagreb)*: 57-62.
- Meyer HA (1940). A mathematical expression for height curves. *Journal of Forestry* 38: 415-420.
- Monserud RA, Sterba H (1996). A basal area increment model for individual trees growing in even- and uneven-aged forest stands in Austria. *Forest Ecology and Management* 80: 57-80.
- Pelleri F, Fiorentin R, Mezzalana G (2001). Gli imboschimenti a prioritaria finalità naturalistica dell'area di Villaverla (VI) criteri di realizzazione e modalità di gestione. *Sherwood* 65: 5-11.
- Pretzsch H, Biber P, Dursky J (2002). The single tree-based stand simulator SILVA: Construction, application and evaluation. *Forest Ecology and Management* 162 (1): 3-21.

- Regione Veneto (2008). DGR n. 199 del 12 febbraio 2008. Programma di sviluppo rurale del Veneto 2007-2013. Apertura termini del primo bando generale di presentazione delle domande. Condizioni e priorità per l'accesso ai benefici. Allegato M - Prontuario tecnico per l'impianto. Bollettino Ufficiale Regionale Supplemento Ordinario 18: 612-627.
- Smith WR, Farrar Jr. RM, Murphy PA (1992). Crown and basal area relationships of open-grown southern pines for modeling competition and growth. *Canadian Journal of Forest Research* 22 (3): 341-347.
- Staupendahl K (1999). Modelling thinnings based on the ratio of relative removal rates. Growth and yield modeling of tree plantations in south and east Africa. *University of Joensuu*, pp. 183.
- Sterba H, Andrae F, Pambudhi F (1993). Crown efficiency of oak standards as effected by mistletoe and coppice removal. *Forest Ecology and Management* 62: 39-49.
- Strub MR, Vasey RB, Burkhardt HE (1975). Comparison of diameter growth and crown competition factor in loblolly pine plantations. *Forest Science* 21 (4): 427-431.
- Uzoh F, Ritchie M (1996). Crown area equation for 13 species of trees and shrubs in northern California and southwestern Oregon. *USDA Forest Service Research Paper PSW-RP-227-Web*.
- Van Laar A (1973). Needle-biomass, growth and growth distribution of *Pinus radiata* in south Africa in relation to pruning and thinning. *Forschungsberichte der Forstl. Forschungsanstalt Munchen*, vol. 9, pp. 168.
- Wroblewski L (1993). Attributes of diameter distributions in Kraft biosocial classes in Scots pine stands. *Annals of Warsaw Agriculture University - SGGW, Forest Wood Technology* 44: 7-12.