

UNIVERSITÀ degli STUDI della TUSCIA
DIPARTIMENTO di SCIENZE dell'AMBIENTE FORESTALE
e delle sue RISORSE

Corso di dottorato di ricerca
in
**“SCIENZE E TECNOLOGIE PER LA GESTIONE
FORESTALE E AMBIENTALE”**
XIX ciclo

**STRUTTURA E DINAMICA EVOLUTIVA DEI BOSCHI IN
STATO DI ABBANDONO GESTIONALE: IL CASO DELLE
FUSTAIE DI CERRO NELL'ALTO LAZIO**

SSD “AGR/05 Assestamento forestale e Selvicoltura”

Coordinatore: *Chiar.mo* Prof. Gianluca PIOVESAN

Tutor: *Chiar.mo* Prof. Luigi PORTOGHESI

Chiar.mo Prof. Piermaria CORONA

Dottorando:

Dott. Manuela PLUTINO

*Ai miei genitori,
colonna portante che mi sostiene
sempre e comunque in tutte le mie scelte.*

INDICE

1. Introduzione	1
2. Scopo della tesi	5
3. Concetto di struttura e diversità strutturale di un popolamento forestale	9
3.1. Struttura e gestione dei sistemi forestali	9
3.1.1. Approccio classico	9
3.1.2. Approccio sistemico	12
3.2. Diversità strutturale	14
4. Struttura della tesi	17
5. Le querce caducifoglie	19
5.1. Fascia basale e sopramediterranea	19
5.2. Inquadramento sistematico	20
5.2.1. <i>Quercus cerris</i> L.	22
5.2.2. <i>Quercus frainetto</i> Ten.	23
5.3. Tipologie dei boschi di querce caducifoglie	23
5.4. Dinamismo evolutivo dei boschi di querce caducifoglie	24
5.5. La selvicoltura dei querceti	25
5.6. Considerazioni selvicolturali attuali	27
6. Metodologia	29
6.1. Parcelle sperimentali permanenti e rilievi dendroauxometrici	30
6.2. Indici di diversità strutturale	31
6.2.1. Indici di Cox e Morisita	31
6.2.2. Neighbourhood Based Structural Indices	33
6.3. Rapporti tra la struttura elementare e la struttura complessiva	40
6.4. Studio della rinnovazione affermata	41

7. L'area di studio	43
7.1. La cerreta di Vetralla	43
7.1.1. Inquadramento geografico-amministrativo	43
7.1.2. Inquadramento geologico e pedologico	44
7.1.3. Inquadramento climatico e fitoclimatico	45
7.1.4. Lineamenti vegetazionali	45
7.1.5. Aspetti storici e gestionali	46
7.2. Il bosco misto di cerro e farnetto di Macchia Grande di Manziana	48
7.2.1. Inquadramento geografico-amministrativo	48
7.2.2. Inquadramento geologico e pedologico	49
7.2.3. Inquadramento climatico e fitoclimatico	49
7.2.4. Lineamenti vegetazionali	49
7.2.5. Aspetti storici e gestionali	50
8. Risultati	53
8.1. La cerreta di Vetralla	53
8.1.1. Struttura somatica e cronologica complessiva	53
8.1.1.1. Aspetti dendrometrici del popolamento principale	53
8.1.1.2. Distribuzione spaziale degli alberi	64
8.1.1.3. Indice di Morisita	89
8.1.1.4. Indice di Cox	94
8.1.1.5. Età e incrementi	95
8.1.1.6. Lo strato di rinnovazione affermata	97
8.1.1.7. Analisi storica	102
8.1.2. Rapporti tra struttura elementare e complessiva	104
8.1.2.1. Aree di saggio a superficie costante	104
8.1.2.2. Aree di saggio a superficie variabile	106
8.2. Il bosco misto di cerro e farnetto di Macchia Grande di Manziana	109
8.2.1. Struttura somatica e cronologica complessiva	109

8.2.1.1. Aspetti dendrometrici del popolamento principale	109
8.2.1.2. Distribuzione spaziale degli alberi	120
8.2.1.3. Indice di Morisita	144
8.2.1.4. Indice di Cox	149
8.2.1.5. Età e incrementi	150
8.2.1.6. Lo strato di rinnovazione affermata	152
8.2.1.7. Analisi storica	157
8.2.2. Rapporti tra struttura elementare e complessiva	158
8.2.2.1. Aree di saggio a superficie costante	158
8.2.2.2. Aree di saggio a superficie variabile	159
9. Discussione dei risultati e proposte per la gestione futura	161
9.1 Caratterizzazione strutturale del popolamento	163
9.2. Proposte per la gestione futura	164
10. Considerazioni riepilogative e conclusive	167
Ringraziamenti	171
Bibliografia	173

1. Introduzione

Il fenomeno dell'abbandono gestionale del bosco è una problematica alquanto discussa che interessa gran parte dell'Unione Europea. Le cause possono essere diverse: i cambiamenti nella domanda dei vari assortimenti, i costi elevati delle utilizzazioni, i vincoli ambientali (SCHOENEMBERGER *et al.*, 2002). Nel corso degli ultimi decenni, in Italia, il prelievo di massa legnosa è significativamente diminuito e in alcune situazioni è del tutto cessato essendo venute meno le condizioni per uno sfruttamento redditizio del legno (MARINELLI e CASINI, 1989). E se, in alcuni casi, le conseguenze di tale abbandono possono essere positive, vedi l'evoluzione verso formazioni forestali più vicine a quelle naturali, ad es. la conversione del ceduo in fustaia per evoluzione naturale, la formazione di boschi vetusti (PIOVESAN *et al.*, 2005), in altri casi le conseguenze sono negative, vedi gli schianti nei rimboschimenti in assenza dei diradamenti e la maggiore suscettibilità agli incendi e alla diffusione di patogeni (SCHOENEMBERGER *et al.*, 2002).

Per poter capire e agire di conseguenza bisogna partire dalle ragioni che hanno determinato tale abbandono e non dalle conseguenze. Per tutto ciò che accade esiste un perché. Ogni avvenimento che sopraggiunge, ogni fenomeno si verifica per una ragione ben precisa. Ormai la letteratura è ricca di informazioni che mostrano il profondo cambiamento nel campo della selvicoltura. La concezione attuale del patrimonio forestale è profondamente cambiata rispetto al passato. I meccanismi che indirizzavano in passato le scelte degli amministratori si basavano su considerazioni finanziarie: il bosco era visto come una miniera da cui poter ricavare legno e niente altro (CIANCIO *et al.*, 2002). Oggi le scelte devono basarsi su produttività, resa e valore economico, ma tale produttività non è esclusivamente legata alla produzione del legno (DE CAPUA *et al.*, 2005). Infatti, se un patrimonio forestale non risponde alle esigenze dei settori di trasformazione del legno, ad esempio per le caratteristiche degli assortimenti ritraibili e i costi di utilizzazione, esso può assumere una rilevanza notevole sotto il profilo protettivo, paesaggistico, estetico - ricreativo.

Il bosco è un ecosistema complesso e multifunzionale (CIANCIO, 1998). La gestione del bosco non può basarsi solo sui principi dell'economia di mercato. A proposito, GEORGESCU-ROEGEN (1976) afferma: *“il meccanismo di mercato da solo porta a un maggior consumo delle risorse da parte delle prime generazioni, cioè a un consumo più rapido di quanto dovrebbe”*. Chi esegue le scelte gestionali deve essere in grado di capire quale sia il complesso di beni e servizi richiesti ad un bosco e, attraverso le proprie scelte, favorire la funzionalità, la perpetuità e l'uso

razionale dei popolamenti forestali, al di là della “*convenienza di tagliare o non tagliare alberi e boschi perché in tal caso si andrebbe incontro alla fine della selvicoltura. Il bosco è un patrimonio di interesse pubblico che va curato, tutelato e difeso come si cura, si tutela e difende la propria casa poiché dalla funzionalità del sistema bosco dipende la qualità della nostra vita*” (CIANCIO, 2006). A queste conclusioni, purtroppo, si è giunti da non molti anni e una certa mentalità forestale, prevelentemente finanziaria, ha determinato in molti casi la convinzione che fosse non conveniente continuare ad intervenire, a causa dei macchiatici negativi, e che, al contrario, convenisse abbandonare il bosco e non prelevare più legname.

In questo contesto, però, bisogna fare attenzione a non confondere il fenomeno dell’abbandono con la scelta gestionale della sospensione controllata (SCHOENEMBERGER *et al.*, 2002). Il non intervenire, infatti, può essere una decisione presa in sede di pianificazione. Considerando il tipo, la struttura e lo stato in cui si trova il bosco e verificando che il sistema sia caratterizzato da un sufficiente grado di stabilità, è possibile e comprensibile che, al momento, non si ritenga necessario intervenire. Si tratta di un prolungamento del numero di anni intercorrente tra l’intervento precedente e il successivo. La sostanziale differenza sta nel fatto che la sospensione dell’intervento è “controllata”, cioè non si interviene ma il bosco è sottoposto al costante monitoraggio in modo da poter intervenire tempestivamente qualora si manifestino situazioni tali da mettere a rischio la stabilità ecologica del bosco.

In Italia, l’abbandono gestionale è molto diffuso, specialmente nell’area mediterranea. E’ il caso delle fustaie dominate dal cerro (*Quercus cerris* L.), particolarmente diffuse nelle regioni centro-meridionali. Venendo meno la domanda di traverse, principale assortimento ritraibile dalle fustaie di cerro, il prelievo di legname è andato via via diminuendo, dopo secoli di intenso sfruttamento di questi boschi basato su interventi tesi a semplificare la struttura del bosco e a favorire il cerro rispetto alle altre latifoglie di minore interesse economico.

Nell’area dei rilievi vulcanici preappenninici situata tra Roma e Viterbo sono presenti circa 1500 ettari di fustaie di cerro di proprietà pubblica, suddivisi in tre corpi boscati separati, nei comuni di Vetralla, Manziana e Bassano Romano. Queste formazioni forestali sono state intensamente utilizzate fino alla fine degli anni ’50 per la produzione delle traverse ferroviarie e legna da ardere (PATRONE, 1958, 1970; GEMIGNANI, 1966). Il venir meno del reddito per gli enti proprietari ha determinato il diffuso abbandono gestionale di queste formazioni.

Solo il manifestarsi dei sintomi del deperimento delle querce, oggi inserito nel concetto più ampio di endofitismo, ha evidenziato la necessità di monitorare le condizioni fitosanitarie e ha riaperto la discussione sui criteri della gestione futura (VANNINI, 1987). Infatti, in seguito all'abbandono dei soprassuoli e all'interruzione degli interventi, il fenomeno del deperimento si è accentuato a partire dalle stazioni più aride e meno fertili. Infatti il deperimento sembra essere più grave nei boschi non trattati selvicolturalmente rispetto ad altri nelle stesse condizioni, ma trattati razionalmente (LUISI e MANICONE, 1991). La patologia è causata da endofiti, nel caso delle querce per lo più fungini, definiti patogeni di debolezza che attaccano gli alberi quando si trovano in stato di stress idrico, e uno tra i più pericolosi si è dimostrato la *Biscogniauxia mediterranea* (De Not) Mill., conosciuto anche come *Hypoxylon mediterraneum* De Not (Mill.) (MAZZAGLIA, 1999). In Italia è stato riscontrato soprattutto su *Quercus cerris* L. (CELLERINO *et al.*, 1992). Un aspetto interessante emerso da una ricerca condotta per i boschi di querce nell'Italia centrale è rappresentata dalla conferma che molti patogeni di debolezza implicati nel deperimento delle querce, sfruttino l'endofitismo per sopravvivere nel tempo. Nei boschi sani, infatti, dove non trovano ospiti da colpire, la loro strategia di sopravvivenza consiste nel rimanere nei tessuti della pianta ospite in uno stato di latenza; sopraggiunto uno stress, l'endofita si trasforma in patogeno che andrà a diffondere l'infezione su altre piante vive. Tale ricerca ha dimostrato che la mancanza di qualsiasi tipo di intervento e la notevole semplificazione strutturale di questi comprensori ne ha aumentato la suscettibilità agli stress e che, all'opposto, interventi fitosanitari permetterebbero di abbassare la pressione dell'inoculo e di ridurre le infezioni (vd. MORELLI, 2003). Anche uno studio condotto nell'Italia meridionale ha condotto alle stesse conclusioni, dimostrando l'effetto positivo dei tagli fitosanitari in alcuni querceti deperienti (CAMPANILE e MANICONE, 1991).

2. Scopo della tesi

La conoscenza della struttura di un bosco rappresenta un fattore fondamentale ai fini della gestione degli ecosistemi forestali. Essa è la risultante di vari fattori e, in particolare, della composizione specifica, della fertilità, dello stadio di sviluppo e delle azioni antropiche (PIOVESAN e PORTOGHESI, 1994). L'analisi delle caratteristiche strutturali fornisce informazioni indispensabili per lo studio della concorrenza specifica, dell'eterogeneità spaziale, delle dinamiche temporali della vegetazione, dei fattori che regolano la rinnovazione, la dinamica dei gaps e le variazioni microclimatiche (ZENNER e HIBBS, 2000).

In sintesi, la conoscenza della struttura non dà solo indicazioni sullo stato attuale di un popolamento forestale ma permette anche una maggiore comprensione dei dinamismi in atto all'interno del bosco. Per tale ragione, LEIBUNGDT (1961) e LARSON (2001) considerano la struttura come uno dei fondamenti più importanti della biodiversità forestale. Per SUSMEL (1980), *“tutti i servizi mediati e immediati che noi ci attendiamo dal bosco restano a dipendere di fatto dalla sua struttura. Se questa è alterata o degradata, ogni funzione verrà male o poco compiuta, se invece è equilibrata, tanto i servizi ecologici quanto quelli economici avranno adeguata risposta”*.

Gli studi sulla struttura dei boschi italiani hanno già prodotto significativi risultati (a es. AVOLIO e CIANCIO, 1986; CIANCIO *et al.*, 1986; AGRIMI *et al.*, 1991, 2002; BAGNARESI *et al.*, 2002) che evidenziano come le scelte selvicolturali del passato hanno comportato sensibili modificazioni a livello compositivo, strutturale e funzionale, determinando quasi sempre la riduzione della complessità del sistema (CIANCIO e NOCENTINI, 2002, 2003). Le pratiche selvicolturali hanno favorito alcune specie arboree a scapito di altre, che sono state o completamente eliminate o severamente limitate in termini di presenza, numerosità, dimensioni ed età. Tale processo di semplificazione ha ridotto la stabilità e la resilienza dei popolamenti.

Allo stesso tempo i cambiamenti socio-economici degli ultimi cinquanta anni, gli sviluppi della ecologia e la crescente preoccupazione dell'opinione pubblica verso i problemi dell'ambiente hanno portato alla sempre più diffusa convinzione che la gestione forestale non deve mirare solo alla produzione di prodotti legnosi o di beni o servizi sociali ma orientare le formazioni forestali verso un maggior grado di naturalità.

Formazioni forestali come i querceti a prevalenza di cerro dell'Alto Lazio sono spesso inserite in comprensori territoriali di particolare interesse paesaggistico e rappresentano sistemi forestali di sicuro valore naturalistico la cui gestione si deve

ora basare su obiettivi diversi dal passato (CIANCIO, 1991). Questi nuovi obiettivi richiedono strumenti selvicolturali scientificamente fondati e in grado di assicurare la conservazione e il miglioramento della qualità ecologica dei popolamenti, la compatibilità di uso con la loro naturale dinamica evolutiva e, di conseguenza, un ragionevole grado di sostenibilità sociale ed economica. Questo tipo di selvicoltura richiede sempre maggiori informazioni e conoscenze sullo stato reale dei popolamenti e sulla loro evoluzione (AGRIMI e PORTOGHESI, 1999).

Dall'esame della bibliografia nazionale e internazionale emerge che le strategie per il miglioramento della stabilità dei sistemi forestali si orientano verso l'individuazione di modelli colturali tendenti a favorire l'aumento o la conservazione della complessità strutturale, secondo i principi della selvicoltura su basi naturali, con il senso dato a questo termine da NOCENTINI (2000). Tale selvicoltura è oggi indirizzata verso la conservazione di foreste miste a struttura composita e prescinde da schematismi definiti, agendo in modo da favorire l'eterogeneità del bosco (OLDEMAN, 1994; DEL FAVERO *et al.*, 1998; EMBORG, 1998; PACI e SALBITANO, 1998; CIANCIO *et al.*, 1999; CIANCIO, 2002; WOHLGEMUT *et al.*, 2002).

In questo quadro, gli studi sulla struttura dei boschi assumono particolare importanza. Fino a qualche tempo fa era sufficiente analizzare la curva di ripartizione diametrica, la curva ipsometrica e la distribuzione dell'età per dare una definizione della struttura di un bosco. Oggi, in seguito alle nuove e importanti conoscenze acquisite nel campo dell'ecologia e dell'assestamento, si sono affiancate nuove metodologie di analisi come quelle offerte da numerosi indici sintetici utilizzati per quantificare alcune componenti della diversità strutturale. La scelta di indicatori, indici e valori di riferimento applicabili alla valutazione della biodiversità e della complessità strutturale delle biocenosi forestali è problema complesso, e tuttora oggetto di studio. Una selezione di indicatori per la valutazione delle variazioni di biodiversità forestale a livello di popolamento nelle aree protette è stata proposta da CIANCIO *et al.* (2002), tenendo conto di: presenza e distribuzione spaziale di diverse classi dimensionali e cronologiche della componente arborea; struttura spaziale delle classi di età o degli stadi di sviluppo; densità di fusti; grado di copertura delle chiome; discontinuità nella struttura orizzontale.

Nel contesto della complessa problematica emersa e in riferimento alle fustaie di cerro dell'Alto Lazio, con la presente ricerca, ci si propone di rispondere alle seguenti domande:

- 1) Quale grado di semplificazione della struttura hanno apportato alle cerrete i modelli di gestione forestale applicati in passato?
- 2) Dopo decenni di abbandono selvicolturale, quali processi evolutivi di auto-organizzazione sono già in atto nelle cerrete e quale tipo di gestione forestale è in grado di favorire tali processi al fine di ottenere una maggiore complessità strutturale del sistema?
- 3) E' possibile mettere a punto indicatori della struttura e sistemi di rilevamento più affidabili ed efficienti, in termini di rapporto di precisione statistica e costi, rispetto a quelli tradizionali applicati nella pianificazione della gestione forestale che forniscano una descrizione quantitativa della diversità strutturale?

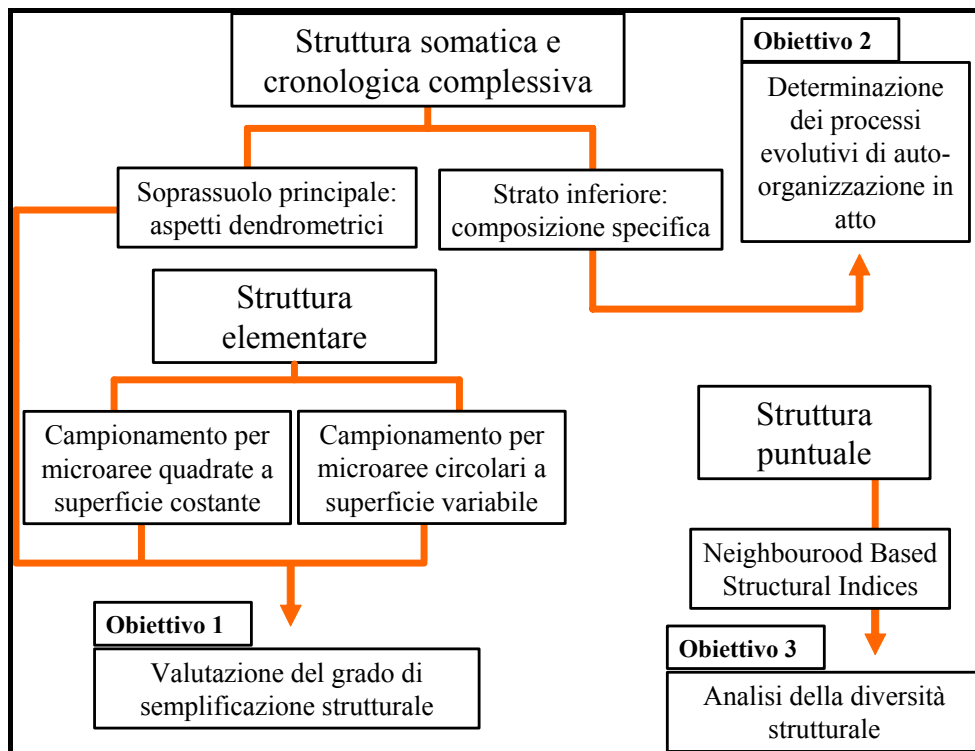


Figura 2.1 - Modello grafico di illustrazione delle principali fasi operative della tesi in funzione degli obiettivi prefissati.

3. Concetto di struttura e di diversità strutturale

3.1. Struttura e gestione dei sistemi forestali

“*La struttura è l’aspetto esterno che assume il popolamento come conseguenza dell’evoluzione naturale o dei trattamenti effettuati*” (CAPPELLI, 1991). Essa riflette il modo con cui gli individui del popolamento si distribuiscono nello spazio e nel tempo in relazione alle sollecitazioni derivanti dai meccanismi di adattamento, cooperazione e competizione. Per BERNETTI (1983) la struttura è “*il modo con cui gli alberi che compongono un popolamento si distribuiscono per classi di età, per classi di diametro o di altre dimensioni, oppure anche per classi arboree*”. Esistono due approcci in merito alla definizione strutturale dei sistemi forestali. Uno tipicamente “classico” basato su modelli quali il bosco coetaneo e disetaneo. Questi rappresentano i modelli base di una gestione lineare che segue degli standard di riferimento semplificati comportando un orientamento colturale tendente all’uniformità e all’omogeneità del bosco a scapito della biodiversità e della complessità (CIANCIO, 1996); l’obiettivo è il *bosco normale*. L’altro approccio si basa su considerazioni contrapposte alle precedenti, considerando il bosco come un sistema biologico complesso capace di evolversi nel tempo e nello spazio, assumendo forme e aspetti diversi per conservare la propria organizzazione e non riferibile a nessun modello preordinato.

3.1.1. Approccio classico

Secondo la definizione classica, in relazione alla distribuzione degli alberi in classi di età si possono distinguere: boschi a struttura coetanea caratterizzati dalla presenza di alberi che hanno più o meno la stessa età; boschi a struttura disetanea nei quali coesistono alberi di età diversa, teoricamente da un anno fino alla senescenza, con un numero di individui decrescente con l’età. Nella realtà, tra la struttura di tipo strettamente coetanea e quella tipicamente disetanea, si possono osservare numerose forme strutturali intermedie, definite irregolari con termine spregiativo. La loro distanza dai due tipi estremi è strettamente correlata alla modalità e all’estensione delle aggregazioni che costituiscono il complesso boscato. Esiste tuttavia una estensione minima delle aggregazioni, valutata intorno a 1000 m² (SUSMEL, 1980), al di là della quale la struttura disetanea di un complesso trapassa in quella coetanea. E’ quindi necessario analizzare, per una più esaustiva definizione della struttura, anche le modalità di occupazione dello spazio in senso orizzontale (struttura orizzontale). In relazione alle caratteristiche

ecologiche della specie ed in funzione del trattamento selvicolturale subito, gli individui di un popolamento possono essere a volte più o meno regolarmente distanziati (distribuzione regolare uniforme), altre volte si possono trovare distribuiti casualmente nello spazio (distribuzione casuale), ed in altri casi, infine, possono essere più numerosi in alcune zone che in altre e tendono a riunirsi a gruppi (distribuzione aggregata o a gruppi). Ulteriori elementi che consentono di caratterizzare i popolamenti da un punto di vista strutturale e funzionale vengono forniti dalla modalità distributiva delle chiome degli alberi nello spazio. A seconda dello spazio verticale occupato, le chiome degli alberi di un popolamento coetaneo possono essere suddivise in diverse classi. In base alla classificazione di KRAFT (in CAPPELLI, 1991) si distinguono le seguenti 5 classi:

- a) alberi predominanti, con chioma eccezionalmente vigorosa;
- b) alberi dominanti, con chioma normalmente sviluppata;
- c) alberi scarsamente condominanti, con chioma normale ma non completamente sviluppata;
- d) alberi dominati, con chioma più o meno ridotta che, a loro volta, si suddividono in interposti, con chioma compressa dalle vicine, e parzialmente sottoposti, con chioma libera superiormente, compenetrata con le vicine o secca nella parte inferiore;
- e) alberi completamente sottostanti, con chioma ancora vivente o con chioma morta o deperiente.

Una sezione verticale del soprassuolo (profilo) fornisce una visione di insieme della disposizione dei singoli elementi. Gli alberi possono disporsi su piani o su strati. Spesso per definire il profilo strutturale del soprassuolo i termini piano e strato vengono usati come sinonimi. Si ritiene invece che tra le due espressioni esista una precisa differenza. Il profilo a piani configura un tipo di struttura caratterizzato da alberi appartenenti a una medesima classe di età (boschi coetanei) ma con dimensioni, soprattutto in altezza, significativamente differenziate o per caratteristiche intrinseche e per eventi casuali. Il profilo a strati, al contrario, rappresenta un tipo strutturale caratterizzato da piante appartenenti a varie classi di età (boschi disetanei). Gli Autori internazionali considerano due principali disposizioni verticali delle chiome degli alberi: la condizione *overstorey*, cioè il gruppo di alberi che occupa lo spazio sovrastante, e la condizione *undestorey*, cioè il gruppo di alberi che occupa la porzione inferiore verticale (vd. OLIVER e LARSON, 1996). A loro volta, gli alberi appartenenti a ognuna dei due principali raggruppamenti possono disporsi ad altezze differenti definendo dei sottogruppi.

Ad esempio, l'overstorey può essere costituito dal sottogruppo *emergent trees* (gli alberi più alti) e dal sottogruppo *upper continuous canopy* (copertura continua sottostante).

Fino a questo punto, i popolamenti a struttura coetanea e disetanea, considerati “regolari” e a cui si fa continuamente riferimento in ambito assestamentale e selvicolturale, sono stati analizzati in base ai caratteri età e posizione sociale, ma il parametro a cui sia fa spesso ricorso per la definizione del tipo di struttura è la distribuzione degli alberi in classi di diametro, rilevato a 1,30 m dal suolo. I popolamenti coetanei sono caratterizzati da una curva di distribuzione a campana (curva di GAUSS), con una classe centrale di massima frequenza. Nei popolamenti disetanei perfettamente equilibrati, in cui il processo di rinnovazione si svolge regolarmente tutti gli anni, la distribuzione degli alberi in classi diametriche segue un andamento di tipo iperbolico che diventa di tipo esponenziale se si considerano soltanto gli individui con diametro superiore a 17,5 cm. Gli studi condotti nel 1898 da DE LIOCOURT misero in evidenza che il numero degli alberi nelle classi diametriche successive variava secondo una progressione geometrica del tipo: $n, nk, nk^2, nk^3, nk^4, \dots$, in cui n è il numero degli alberi della classe diametrica più grossa, nk è quello della classe diametrica subito inferiore, e così via. K è il rapporto tra il numero di alberi di una classe e quello della classe maggiore successiva, e viene detto coefficiente di decrescenza o di mortalità. E' una costante che varia in relazione alle condizioni stazionali: assume il valore 1,30 nei terreni migliori e 1,55 nelle stazioni più sterili. La legge di variazione degli alberi in un popolamento disetaneo assume quindi il seguente aspetto: $N_n = N_0 \times k^{-d}$ (per diametri > 17,5 cm) dove N_n è il numero degli alberi della classe ennesima, N_0 è il numero degli alberi della classe iniziale, k è il coefficiente di decrescenza o di mortalità, d è la categoria diametrica. La curva di distribuzione di tipo esponenziale viene anche chiamata *norma* e ad essa si fa spesso riferimento per valutare la “regolarità” o l’“irregolarità” della struttura disetanea.

Sui due tipi di struttura sopra esposti si fonda la teoria del *bosco normale* che, secondo PATRONE (1944) riassume tutti gli scopi dell'assestamento forestale in quanto è quel particolare bosco che assicura, per ogni forma di governo e di trattamento e per ogni specie legnosa e stazione, un prodotto *annuo, massimo e costante*. Esso dunque indica quello stato al quale il bosco di un dato tipo deve essere gradatamente portato affinché possa ritenersi assestato. Si tratta di un *sistema lineare*, cioè un sistema basato sul principio che la stima dei risultati in termini di produzione legnosa ha carattere lineare (CIANCIO, 1998). Ciò significa che la resa, entro certi limiti aumenta in maniera proporzionale all'energia

impiegata. Inoltre, facendo riferimento a degli standard rigidi (distribuzione normale delle classi cronologiche e classi di diametro), il sistema risulta povero di alternative. L'orientamento colturale che ne deriva tende all'uniformità e all'omogeneità del bosco e, di conseguenza, alla riduzione della biodiversità. In altre parole, l'approccio basato sul bosco normale si traduce nell'individuazione di una specie principale e, talvolta, di una o più specie definite secondarie. In ogni caso l'unico elemento che interessa a livello strutturale e compositivo è la componente arborea. Un tale tipo di gestione tende verso la regolarizzazione della struttura, sia essa coetanea o disetanea, che si identifica con la distribuzione nello spazio di singoli alberi o popolamenti giustapposti. Il modello di normalità da perseguire è individuato dalla distribuzione della superficie in classi cronologiche per i boschi coetanei o degli alberi in classi di diametro per i boschi disetanei. Gli interventi sono stabiliti in quantità e qualità, identificati nello spazio e nel tempo in base a un trattamento predefinito in funzione degli obiettivi della coltivazione. Il risultato di questo approccio è la tendenza a semplificare il sistema per renderne prevedibile la produzione e la rinnovazione (CIANCIO *et al.*, 2002).

3.1.2. Approccio sistemico

“La selvicoltura ha come obiettivo la coltivazione del bosco. Ma il bosco non è un insieme di alberi; è ben di più: è un sistema biologico complesso. Proprio per questa ragione, esso presenta proprietà non riconducibili direttamente a quelle dei suoi componenti. Come tutti i sistemi, oltre alla nozione di tempo, di mutamento e di fluttuazione sottende epifenomeni, retroazioni, determinazioni. Il bosco è un sistema autopoietico che reagisce a ogni evento naturale o azione umana determinando una nuova realtà, sintesi di interazioni e interconnessioni” (CIANCIO, 1998). La selvicoltura basata su tali fondamenti è definita *sistemica* ossia una selvicoltura estensiva in armonia con la natura e configurabile con l'attività che l'uomo svolge come componente essenziale del sistema bosco (CIANCIO e NOCENTINI, 1996a, 1996b, 1999; CIANCIO *et al.*, 1999). La selvicoltura sistemica non mira a forme strutturali regolari, coetanee o disetanee. I boschi così trattati evolvono verso la costituzione di silvosistemi autopoietici in equilibrio dinamico con l'ambiente. Questi sistemi sono dei sistemi non lineari, ricchi di biodiversità e in grado di fornire alternative poiché, non seguendo standard di riferimento, variano in brevi spazi, adattandosi alle diverse realtà. Questi sistemi forestali, dunque comportano un orientamento colturale che tende alla conservazione o all'aumento della biodiversità e, di conseguenza alla disformità e alla disomogeneità; in altri termini, alla complessità strutturale del bosco. La

struttura e la composizione derivano dall'interazione fra interventi colturali e retroazioni del sistema e non sono predefiniti in funzione degli obiettivi della coltivazione. Infatti, sistemi complessi come quelli forestali sono caratterizzati da un indeterminismo per cui, anche se si conoscono esattamente le condizioni iniziali del sistema, alcuni fenomeni, ad esempio eventi meteorologici eccezionali come un uragano, una tromba d'aria, un forte incendio, oppure drastici mutamenti socio-economici, ecc., non permettono di prevedere con assoluta certezza quello che succederà a una certa distanza di tempo (CIANCIO, 1999; CIANCIO *et al.*, 2002). Quasi sempre, le decisioni operative sono prese in condizioni di incertezza e, di conseguenza, la necessità e l'onere di sottoporre a verifica i risultati sono necessari e obbligatori. Pertanto, gli interventi colturali devono essere seguiti in bosco, all'interno dell'ecosistema ma con la consapevolezza che possono comportare degli errori, che possono tradursi in costi ambientali, economici e sociali. Per evitare inconvenienti di questo genere, è necessario fare scelte flessibili in grado di scoprire gli eventuali errori e la loro tempestiva correzione al minor costo possibile. Bisogna adottare l'approccio ispirato a un atteggiamento scientifico di *prova ed errore* (CIANCIO e NOCENTINI, 1995; CIANCIO *et al.*, 1999). Le scelte selvicolturali, dunque, non possono basarsi solo sui principi dell'economia di mercato come affermato nel 1976 da GEORGESCU-ROEGEN (vd. Cap.1). In altri termini, si abbandonano i comuni parametri assestamentali di turno o di diametro di recidibilità, elementi alla base dell'approccio classico. Le operazioni colturali non seguono specifici schemi e si effettuano in relazione alle necessità del popolamento, caso per caso, in modo da facilitare la rinnovazione naturale continua e diffusa. E' la teoria del sistema modulare proposto da Ciancio *et al.* (1981) e riassumibile in: *interventi cauti, continui e capillari*. Il monitoraggio bioecologico della reazione dei popolamenti agli interventi effettuati è la guida per apportare eventuali correttivi. Il sistema forestale che ne deriva adempie a funzioni che vanno ben oltre la dimensione economica. E' un sistema con elevate capacità autorganizzative e integrative di tutti i componenti biotici e abiotici e con una sempre maggiore efficienza funzionale.

Se si agisce secondo questo approccio alla sevicoltura, allora la struttura va descritta e distinta per quello che è e non in riferimento a modelli predefiniti in modo rigido. Il fine dell'analisi strutturale diviene quello di definire lo stato evolutivo del singolo popolamento e dell'intera foresta.

3.2. Diversità strutturale

La biodiversità è alla base della stabilità ecologica e della complessità dell'ecosistema forestale. Viene definita “*la diversità della vita in tutte le sue forme e in tutti i suoi livelli di organizzazione*” (HUNTER, 1990). La Convenzione sulla Diversità Biologica (1992) fornisce la seguente definizione: “*Per diversità biologica si intende la variabilità fra gli organismi viventi inclusi gli ecosistemi terrestri, marini e gli altri ecosistemi acquatici, e i complessi ecologici dei quali fanno parte; ciò include la diversità intraspecifica, interspecifica e la diversità fra ecosistemi*”. La biodiversità è pertanto una realtà multidimensionale che abbraccia le molteplici forme di variabilità genetica, specifica ed ecosistemica presenti nelle foreste (MARCHETTI e VANNUCCINI, 2001). Essa rappresenta un elemento determinante per la funzionalità degli ecosistemi soprattutto perché ne aumenta la resilienza, cioè la capacità di adattamento ai fattori di disturbo (HOLLING *et al.*, 2002). Il concetto di biodiversità dunque interessa non la semplice protezione di singole specie, bensì gli ecosistemi e le dinamiche instauratesi all'interno di essi e cioè le relazioni tra gli elementi al loro interno e l'ambiente in cui sono inseriti.

La conservazione della biodiversità è necessaria per il mantenimento degli equilibri e del funzionamento dei processi evolutivi che interessano l'ecosistema e per consentire, di sanare, per quanto possibile, i disturbi derivanti dall'azione antropica (SCHIRONE e PIOVESAN, 1992; CIANCIO e NOCENTINI, 2002). Lo studio della biodiversità è un obiettivo fondamentale per acquisire le conoscenze sul funzionamento degli ecosistemi complessi, e non soltanto per il valore genetico, ecologico, scientifico, educativo, ma anche per il valore economico che rivestono (HUNTER, 1990).

In Italia la maggior parte dei boschi presenta una complessità strutturale e compositiva molto diversa rispetto a quella originaria (CIANCIO *et al.*, 1999; NOCENTINI, 2001) tanto che nell'ambito del *Temperate and Boreal Forest Resources Assessment* (TBFRA2000; vd. UN 2000), i boschi italiani sono stati definiti come *foreste seminaturali*. Secondo CIANCIO *et al.* (2002a) essi possono essere suddivisi in tre categorie differenti per organizzazione del sistema forestale e della struttura: sistemi degradati, sistemi caratterizzati da un'organizzazione e una struttura con un diverso grado di semplificazione e sistemi con un elevato grado di complessità ed efficienza bioecologica. La maggior parte dei sistemi rientra nella classe intermedia di semplificazione, mentre la restante parte alle altre due classi. La causa di ciò va ricercata in una gestione basata su considerazioni esclusivamente. E' il caso di *Quercus cerris* L. nel Lazio settentrionale. Lo scopo

era quello di coltivare le specie di il maggiore interesse economico costituendo popolamenti il più possibile uniformi per dimensioni ed età degli individui arborei.

WHITTAKER (1972) considera la biodiversità sotto tre aspetti differenti, a seconda che si tratti di diversità strutturale che interessi una comunità o l'ecosistema stesso (α -diversità), di diversità analizzata tramite un gradiente temporale o comunque spaziale fra diversi habitat (β -diversità) oppure a livello di unità territoriali, in cui il paesaggio è composto da tante tessere elementari (γ -diversità).

Lo studio della diversità degli ecosistemi forestali si basa anche sullo studio della diversità strutturale dei popolamenti (OLIVER e LARSON, 1996; PIGNATTI, 1998; HUNTER, 1999; FRANKLIN e VAN PELT, 2004; PACI, 2004) che analizza le principali caratteristiche di un soprassuolo forestale: la composizione specifica, la struttura verticale, la distribuzione orizzontale dei fusti arborei, la tessitura, la struttura e l'ampiezza delle chiome, la cronologia, la necromassa a terra e in piedi, gli eventi abiotici e biotici di disturbo. Dunque, la diversità strutturale (α -diversità) rappresenta un aspetto importante della biodiversità dei soprassuoli forestali (HUNTER, 1999; BOBIEC, 2002; CIANCIO e NOCENTINI, 2002). Essa dipende dalla fase di sviluppo dei popolamenti ed è connessa con la varietà specifica e genetica complessiva (OLIVER e LARSON, 1996; BROKAW e LENT, 1999).

Appare importante, nel settore forestale, definire la scelta della scala di analisi della diversità (MARCHETTI e VANNUCCINI, 2001). A scala di soprassuolo forestale, l' α -diversità può essere sinteticamente descritta in funzione di tre componenti principali: la diversità spaziale orizzontale, caratterizzata dalla distribuzione sul terreno dei fusti arborei; la diversità dendrologica, creata dalla mescolanza delle specie arboree; la diversità dimensionale, dovuta alla differenziazione diametrica dei fusti (VON GADOW, 1999; AGUIRRE *et al.*, 2003).

Le nuove esigenze della gestione forestale e l'importanza del cosiddetto *momento strutturale* (CIANCIO *et al.*, 1986) evidenziano l'importanza di valutare la diversità strutturale residuale relativa alle dimensioni degli alberi e al loro disporsi nello spazio per confrontare situazioni diverse e trarne informazioni di base per l'applicazione della selvicoltura in chiave sistemica. Alle informazioni ritraibili dalle classiche elaborazioni dendrometriche, quali la curva di distribuzione delle frequenze dei diametri, delle altezze e delle età degli alberi, si sono oggi affiancate quelle offerte da numerosi indici sintetici utilizzati per quantificare le componenti della diversità strutturale (PRETZSCH, 1997; NEUMANN e STARLINGER, 2001; STAUDHAMMER e LEMAY, 2001; POMMERENING, 2002; AGUIRRE *et al.*, 2003; DEL RIO *et al.*, 2003; KINT *et al.*, 2004; CORONA *et al.*, 2005a; KINT, 2005). Questi

indici strutturali trovano particolare utilità come strumenti per la verifica o la simulazione degli effetti prodotti da interventi colturali, come supporto per la modellizzazione della dinamica evolutiva dei soprassuoli e come strumenti per evidenziare le aree a maggiore diversità strutturale, ai fini di conservazione e gestione della biodiversità forestale (CORONA *et al.*, 2005a).

4. Struttura della tesi

All'inizio della tesi vengono illustrate le caratteristiche relative alle querce caducifoglie con particolare riferimento al cerro, specie prevalente all'interno dei popolamenti esaminati. Vengono illustrati l'inquadramento sistematico, le esigenze ecologiche, i principali tipi di formazioni forestali, i dinamismi evolutivi e alcune considerazioni di carattere selvicolturale con riferimento sia ai trattamenti classici che a quelli ispirati a concezioni innovative (vd. Cap.5).

Viene quindi presentata la metodologia applicata alla ricerca che si avvale di:

1. analisi sulla struttura somatica e cronologica complessiva attraverso la determinazione dei parametri convenzionali;
2. analisi dei rapporti tra la struttura elementare e la struttura complessiva;
3. applicazione di metodi innovativi, consistenti nell'applicazione di un sistema di indici strutturali per la quantificazione dell'eterogeneità strutturale. Tale sistema si basa sulle relazioni tra alberi vicini (*neighbourhood based structural indices*). Sono stati applicati inoltre altri due indici di distribuzione degli alberi nello spazio orizzontale, l'Indice di Morisita e l'Indice di Cox, utili soprattutto per quantificare la superficie media dei gruppi di alberi (vd. Cap.6).

Vengono quindi presentate le aree di studio dove sono ubicate le cerrete di Vetralla (VT) e di Macchia grande di Manziana (RM) (vd. Cap 7).

Seguono i risultati ottenuti (vd. Cap. 8) e la discussione degli stessi (vd. § 9.1). Vengono infine riportate delle proposte di intervento selvicolturale (vd. § 9.2) e le considerazioni riepilogative e conclusive (vd. Cap.10).

5. Le querce caducifoglie

5.1. Fascia basale e sopramediterranea

I boschi a prevalenza di querce caducifoglie rientrano nella fascia basale e sopramediterranea. Essendo i boschi di questa fascia caratterizzati dalla predominanza di specie eliofile o, al massimo, moderatamente tolleranti dell'ombra, il NEGRI (1931) ha definito tale fascia come *orizzonte delle latifoglie eliofile*; mancano infatti, salvo rari casi dovuti a particolari condizioni microclimatiche (discesa del faggio a Bagnara calabra e sulla zona del Vicano), le specie tolleranti l'ombra come il faggio o il leccio. E' lecito domandarsi il perché di questo predominio delle querce caducifoglie su molte altre specie che tendono a mescolarsi con esse e che, infatti, sono definite anche specie correlate alle querce (BERNETTI, 1995). I motivi principali consistono nella numerosità di specie appartenenti al genere (circa 300-350 specie) e nella versatilità visto che anche le specie più esigenti spesso si adattano a condizioni difficili (GELLINI e GROSSONI, 1996). Laddove le condizioni stazionali tendono a migliorare si assiste all'insediamento di latifoglie più esigenti che dapprima si mescolano alle querce ma che finiscono nel lungo periodo per ridursi a uno strato sottostante. Ciò si verifica perché, pur essendo specie eliofile e crescendo più lentamente sotto una densa copertura, il tasso di sopravvivenza delle querce è relativamente alto sotto una moderata copertura (BECK, 1970; LOFTIS, 1988; JOHNSON, 1993). A queste condizioni, le querce riescono a sviluppare un robusto apparato radicale a scapito, almeno inizialmente, degli organi epigei. Infatti non appena si presentino condizioni favorevoli di luce, i robusti sistemi radicali consentono alle querce un veloce sviluppo in altezza (SANDER, 1971). Le querce pertanto godono di un vantaggio competitivo nei confronti delle latifoglie ad esse correlate i cui effetti si manifestano nel lungo periodo (LARSEN e JOHNSON, 1998). Tutte queste caratteristiche hanno portato diversi Autori a definire le querce come specie nel contempo conclusive, resistenti alla degradazione e, talvolta, colonizzatrici.

L'intero emisfero boreale è caratterizzato dai boschi delle querce caducifoglie ed è ovvio che spostandosi dalle maggiori alle minori latitudini varino le fisionomie delle foreste in cui esse si affermano. Nelle regioni del centro-europa i boschi misti sono costituiti principalmente da rovere (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) e farnia (*Quercus robur* L.) con carpino bianco (*Carpinus betulus* L.) e latifoglie esigenti. Nelle stazioni più umide è la farnia a caratterizzare il bosco, mentre in quelle più acide e aride è la rovere a edificare la foresta. Ovviamente in condizioni favorevoli

sia per l'una che per l'altra, le due querce sono in grado di convivere. A mano a mano che ci si spinge verso sud, verso cioè stazioni più xeriche, prevale la roverella (*Quercus pubescens* Will.).

Nelle regioni dell'Europa meridionale si verifica un cambiamento nella fisionomia dei boschi di querce caducifoglie; dominano i querceti sopra-mediterranei con specie caducifoglie più meridionali come il carpino nero (*Ostrya carpinifolia* Scop.), l'acero campestre (*Acer camperstre* L.) e l'orniello (*Fraxinus ornus* L.). Il cambiamento da una fisionomia all'altra non è mai netto ma, al contrario, è graduale; si creano situazioni intermedie con compenetrazioni di specie che determinano la formazione di 2 contingenti: uno occidentale e uno orientale e in quest'ultimo rientra anche il territorio italiano (BERNETTI, 1995).

E' possibile suddividere il territorio italiano in:

- a) una regione settentrionale che rispecchia i caratteri floristici del querceto misto medioeuropeo;
- b) una regione compresa tra la Pianura Padana e il Lazio in cui si riscontrano i primi segni di una flora influenzata da specie tipiche del contingente orientale quali il cerro, la roverella e l'orniello;
- c) una regione centro-meridionale che presenta elementi floristici tipici della fascia sopramediterranea come il farnetto, il fragno, la vallonea e il carpino orientale;
- d) le isole maggiori, Sicilia e Sardegna, dove si verifica un impoverimento del carattere orientale e risulta la permanente coesistenza tra il leccio e la roverella.

Una così varia distribuzione è conseguenza di molteplici fattori. Il clima è sicuramente uno di quelli predominanti. Dal punto di vista fitoclimatico, la fascia basale e sopramediterranea sono ascrivibili alla zona di transizione tra il *Lauretum* freddo e il *Castanetum* caldo.

5.2. Inquadramento sistematico

Il genere *Quercus* comprende moltissime specie anche se il numero preciso ancora non è del tutto definito poiché molti sono i casi di individui ibridi che talvolta è difficile classificare. Si pensa che il numero di specie sia variabile fra 300 e 350 e che comprenda specie arboree e arbustive, a foglie caduche, sempreverdi o semipersistenti. Per tali ragioni esistono controversie nella sistematica delle querce,

nelle diverse suddivisioni in sottogeneri e sezioni. Sotto sono riportate quelle maggiormente adottate, per lo meno in Italia e per le specie italiane (Tabella 5.1).

Le specie appartenenti a questo genere producono fiori maschili e fiori femminili. I fiori maschili sono raggruppati in infiorescenze pendule che prendono il nome di amenti e si differenziano sempre prima dei fiori femminili. Questi ultimi sono invece raggruppati in spighe o anche singoli e si differenziano alla base dei rametti. La differenziazione dei fiori maschili avviene nella primavera (aprile-maggio).

<p>1. Flora Europea (TUTIN et al., 1964)</p> <p>Sottogenere <i>Quercus</i> (= <i>Lepidobalanus</i>): <i>Quercus robur</i>, <i>Q. petraea</i>, <i>Q. pubescens</i>, <i>Q. dalechampii</i>, <i>Q. congesta</i>, <i>Q. virgiliana</i>, <i>Q. fra inetto</i>, <i>Q. pirenaica</i>, <i>Q. sicula</i>.</p> <p>Sottogenere <i>Cerris</i>: <i>Quercus cerris</i>, <i>Q. troiana</i>, <i>Q. macrolepis</i>, <i>Q. suber</i>, <i>Q. crenata</i> (= <i>Q. cerris</i> x <i>Q. suber</i>?).</p> <p>Sottogenere <i>Sclerophylloids</i>: <i>Quercus ilex</i>, <i>Q. coccifera</i>.</p>
<p>2. PRANTL in KRUESSMANN (1984-86)</p> <p>Sezione <i>Lepidobalanus</i>: <i>Quercus robur</i>, <i>Q. petraea</i>, <i>Q. pubescens</i>, <i>Q. dalechampii</i>, <i>Q. congesta</i>, <i>Q. virgiliana</i>, <i>Q. fra inetto</i>, <i>Q. pirenaica</i>, <i>Q. sicula</i>.</p> <p>Sezione <i>Cerris</i>: <i>Quercus cerris</i>, <i>Q. troiana</i>, <i>Q. macrolepis</i>.</p> <p>Sezione <i>Suber</i>: <i>Q. suber</i>, <i>Q. coccifera</i>, <i>Q. coccifera</i>, <i>Q. calliprinos</i>.</p> <p>Sezione <i>Ilex</i>: <i>Quercus ilex</i>.</p>
<p>3. CORTI (1955). Solo per le specie italiane</p> <p>Sezione <i>Robur</i>: <i>Quercus robur</i>, <i>Q. petraea</i>, <i>Q. pubescens</i>, <i>Q. dalechampii</i>, <i>Q. congesta</i>, <i>Q. virgiliana</i>, <i>Q. frainetto</i>, <i>Q. pirenaica</i>, <i>Q. sicula</i>.</p>

Tabella 5.1 – Classificazioni sistematiche proposte per il genere *Quercus* da vari Autori (in BERNETTI, 1995).

Lo sviluppo invece si completa nell'estate. Tra meiosi e fecondazione intercorrono 1-2 mesi nelle specie a maturazione annuale, oppure da 13 a 15 mesi nelle specie a maturazione biennale come ad esempio il cerro. Il frutto prodotto è un achenio, comunemente definito ghianda ed è caratterizzato dall'essere parzialmente coperto per 1/3 o per 2/3 da una cupola costituita da perule più o meno embricate, più o meno glabre. La ghianda è portata alla base del rametto dell'anno nelle specie a maturazione annuale, nel rametto dell'anno precedente nelle specie a maturazione biennale. Il legno delle querce può essere a porosità anulare nel caso di specie caducifoglie, a porosità diffusa nelle specie sempreverdi e semiporoso nelle specie a foglie semipersistenti. L'apparato radicale si presenta sotto forma di profondo fittone che, nella maggior parte delle specie, rimane attivo per tutta la vita dell'albero (eccezione è rappresentata dalla farnia). Tra le querce caducifoglie, quelle che si sviluppano nella fascia basale in Italia, e che quindi sono considerate

più importanti, sono cinque: *Quercus robur* L., *Q. petraea* (Matt.) Liebl., *Q. pubescens* Will., *Q. frainetto* Ten., *Q. cerris* L.. Attenzione particolare, nel contesto in cui si è operato, verrà data alle ultime 2 citate: il cerro e il farnetto (per le caratteristiche botaniche delle querce si è fatto riferimento a GELLINI e GROSSONI, 1996).

5.2.1. *Quercus cerris* L.

Il nome comune di *Quercus cerris* L. è cerro. E' un albero di notevoli dimensioni; può raggiungere i 30 - 35 m di altezza e 1 - 1,5 m di diametro. E', abbastanza longeva e presenta un portamento maestoso. Il tronco è molto robusto, con una corteccia grigia e liscia in gioventù, e fessurata in scaglie trasversali e longitudinali, regolari e di colore rosso salmone già dai rimi 10 - 15 anni. La chioma è ampia, molto densa e regolare. Le gemme sono molto ampie, ovoidali e pubescenti. E' una specie eliofila anche se tollera l'ombra per i primi 2 - 3 anni. Le foglie, glabre nella pagina superiore e pubescenti nella pagina inferiore, hanno dimensioni medie (lunghezza di 6 - 11 cm, larghezza di 4 - 6 cm); sono simmetriche, con 4 - 7 paia di grandi lobi. La fioritura inizia verso i 30 anni in alberi isolati e verso i 60 anni in bosco e avviene nel periodo di aprile - maggio. La fogliazione è tardiva rispetto alle altre querce. Tra impollinazione e fecondazione intercorrono da 13 a 15 settimane. Si tratta di una specie a maturazione biennale. L'apparato radicale è fittonante e il fittone resta funzionale fino alla morte dell'albero. Il legno è stato utilizzato in passato nelle travature, ad esempio quelle ferroviarie, e il rapidissimo accrescimento giovanile ne fa una specie apprezzata nei cedui da legna da ardere.

Il cerro ha un'areale più ristretto rispetto ad altre querce, come ad esempio la roverella, decisamente più orientale con limitazioni sia a nord che a sud. E' raro in Francia ed in Svizzera, così come a nord del Po ed in Sicilia, manca invece in Sardegna. Forma boschi in Italia dall'Appennino Tosco-Emiliano fino alla Calabria e nei Balcani. Il limite freddo è dovuto ad una minore resistenza alle minime assolute (che si manifesta con vistosi cretti da gelo sul fusto) e anche alla quantità di calore estivo. Il limite inferiore è prevalentemente un limite di aridità, in quanto è una specie piuttosto esigente di acqua che partecipa anche ai boschi planiziani in cui si associa alla farnia, mentre alle espansioni in zone xeriche corrispondono perdite di vigore e di potere di concorrenza e, quindi, la possibilità di ampie consociazioni con la roverella. L'ottimo edafico del cerro corrisponde a suoli profondi, freschi e ricchi di basi. Sfugge alla concorrenza con lo sviluppo giovanile rapido (rapidissimo nei polloni).

5.2.2. *Quercus frainetto* Ten.

Il nome comune di *Quercus frainetto* Ten. è farnetto. Il binomio specifico del farnetto (o quercia d'Ungheria) deriva da un refuso tipografico in quanto TENORE, nel 1813, aveva chiamato questa specie *Q. farnetto*, in riferimento al nome comune, e non *frainetto* come compose invece il tipografo. E' un albero di notevoli dimensioni; può raggiungere i 30 - 40 m di altezza e oltre 1,5 - 2 m di diametro. E' abbastanza longeva e presenta un portamento maestoso. Il tronco è molto robusto, con una corteccia grigia e liscia in gioventù, e fessurata in piccole scaglie piatte, regolari e scure dopo i primi 10 - 15 anni. La chioma è ampia, molto densa e regolare. Le gemme sono molto ampie, ovoidali e pubescenti. E' una specie eliofila anche se tollera l'ombra per i primi 2 - 3 anni. Le foglie, glabre nella pagina superiore e pubescenti nella pagina inferiore, hanno dimensioni molto grandi e simili alla farnia, da cui deriva il nome, nella forma (lunghezza di 10 - 20 cm, larghezza di 5 - 12 cm); sono simmetriche, con 7 - 9 paia di grandi lobi. La fioritura inizia verso i 30 anni in alberi isolati e verso i 60 anni in bosco e avviene nel periodo di aprile - maggio. Come nel caso del cerro, la fogliazione è tardiva. Tra impollinazione e fecondazione intercorrono da 6 a 8 settimane. Si tratta di una specie a maturazione annuale. L'apparato radicale è fittonante e il fittone resta funzionale fino alla morte dell'albero. Il legno è stato utilizzato in passato nelle travature, ad esempio quelle ferroviarie. E' molto simile al cerro e si presenta di colore biancastro o giallastro nell'alburno e molto scuro nel duramen.

L'areale del farnetto è essenzialmente europeo sud - orientale. L'area italiana va dal sud della Toscana fino alla Calabria. E' specie esigente in fertilità e scioltezza del suolo, molto suscettibile alle gelate e ai venti freddi. Ha straordinaria rapidità di accrescimento che manifesta soprattutto quando viene tenuta a ceduo; le sue ghiande sono dolci e molto appetite dagli animali.

5.3. Tipologie dei boschi di querce caducifoglie

Le querce costituiscono un gruppo estremamente vasto e versatile, cioè capace di adattarsi alle più svariate condizioni climatiche e stagionali. Ovviamente ogni specie ha esigenze diverse, determinate anche da particolarità morfologiche, rispettate le quali possono esplicitare al meglio le proprie capacità di sviluppo, ecco perché si parla di ottimo di vegetazione (GELLINI e GROSSONI, 1996). Le querce caducifoglie sono specie tipiche di stazioni con suoli profondi, ricchi di basi e ben drenati. Laddove le condizioni sono più favorevoli, non solo le querce si insediano

nelle medesime stazioni ma con esse tutta una serie di latifoglie perciò definite *latifoglie correlate alle querce* (vd. Cap.5 § 5.1).

La più comune tipologia di formazioni vegetali che ne deriva e tipica delle aree medioeuropee è il *querco-carpineto* in cui le specie predominanti sono la rovere e la farnia con carpino bianco, acero campestre, acero riccio (*Acer platanoides* L.), acero montano (*Acer pseudoplatanus* L.) e frassino maggiore (*Fraxinus excelsior* L.). Laddove ci si sposta verso stazioni più umide è la farnia a prevalere con olmo campestre (*Ulmus glabra* Huds. = *U. montana* With.) e ontano nero (*Alnus glutinosa* L.), formando gli *alno-olmeti*; laddove ci si dirige verso stazioni più acide è la rovere a predominare con la betulla formando i *querco-betuleti*. Queste sono le tipologie più comuni dei boschi medioeuropei (BERNETTI, 1995).

Spostandosi verso l'Italia la situazione cambia per le motivazioni già osservate. In Italia prevalgono i boschi a predominanza di roverella con carpino nero e orniello, i boschi di cerro nelle stazioni meno aride, i boschi di roverella-leccio, cerro-leccio e i boschi planiziarî mediterranei costituiti da cerro e farnia (farnetto a sud) con frassino ossifillo, olmo campestre, ontano nero e presenza di sughera, leccio e altre specie mediterranee (CORTI, 1955).

5.4. Dinamismo evolutivo dei boschi di querce caducifoglie

Il tema della dinamica dei popolamenti di querce ha provocato non poche difficoltà a causa della difficile attribuzione di un ruolo ben preciso di queste specie. Molti Autori, infatti, le definiscono al contempo come specie conclusive, o più correttamente stabili, resistenti alla degradazione e colonizzatrici. Le querce sembrano specie conclusive a causa delle notevoli dimensioni, del seme pesante, della longevità e forse questo è un ruolo determinato anche dalla notevole influenza sul paesaggio. In realtà esse presentano anche un carattere che è tipico di specie pionere, e cioè l'eliofilia (GELLINI e GRASSONI, 1996).

Un altro aspetto interessante, e che le pone in una situazione intermedia tra questi due ruoli opposti, consiste nella tendenza a una maggiore diffusione delle querce al migliorare delle condizioni stazionali e all'aumento dei fattori di disturbo (LARSEN e JOHNSON, 1998). Questo perché presentano una maggiore versatilità rispetto alle latifoglie concorrenti e che, infatti, sono definite "esigenti" di fertilità e di umidità e che sono più fragili di fronte alle catastrofi. JOHNSON, SHIPLEY e ROGERS (2002) in seguito alle considerazioni sopra riportate definiscono i pini come *pionieri d'assalto* perché ottimi colonizzatori di nuovi territori, mentre definiscono le querce come *pionieri d'arresto* per sottolineare questa versatilità. La competizione

con le specie differenti avviene su due piani distinti: le querce, pur trovando inizialmente qualche difficoltà causata dall'eccessivo ombreggiamento della rinnovazione, tendono a imporsi nel lungo periodo grazie alle notevoli dimensioni e alla longevità. Le specie correlate, nella maggior parte dei casi, sono destinate a formare un denso strato inferiore ma che, in natura, può rivelarsi temporaneo.

Nelle foreste del Nord - America è stato osservato che questa competitività si manifesta in maniera singolare e non è chiara nell'immediatezza (CLATTERBUCK e HODGES, 1988). Infatti, nei primi anni le giovani piantine tendono a crescere lentamente in altezza sembrando degli scarsi competitori. In realtà, molte specie sono nei primi anni tolleranti l'ombra e sono capaci di sopravvivere per decenni sotto una moderata copertura determinando così un accumulo di rinnovazione in attesa (LARSEN e JOHNSON, 1998). Alcuni Autori hanno evidenziato la capacità di alcune specie di attendere le situazioni favorevoli anche per 60 – 90 anni (MINCKLER, 1957, 1967; SCHLESINGER, 1978; MCGEE e BIVENS, 1984; GRANEY, 1987). RENTCH et al. (2003) affermano: *“l'abilità delle querce nel persistere al di sotto di una moderata copertura per lunghi periodi di tempo costituisce l'elemento chiave per comprendere l'evoluzione e le modifiche avvenute tra le condizioni passate e quelle presenti dei popolamenti”*.

Un altro tipo di adattamento alla competizione, osservato in queste foreste, è dato da un altro singolare comportamento: la morte degli organi epigei ma non dell'apparato radicale (MERZ e BOYCE, 1954; TRYON e POWELL, 1984). In questo particolare processo, le parti epigee fino al colletto cessano qualsiasi attività e la perdita del vecchio fusticino attiva le gemme dormienti sviluppatasi abbondantemente in corrispondenza della porzione più superficiale dell'apparato radicale anche dopo diversi anni, consentendo così l'affermazione della rinnovazione apparentemente compromessa. I fattori che facilitano o impediscono questo fenomeno sono importanti quindi per il selvicoltore chiamato a gestire i boschi di querce.

5.5. La selvicoltura tradizionale dei querceti

La selvicoltura dei querceti nella maggior parte dell'Europa mira all'ottenimento del legname di pregio. Sono rovere e farnia in Francia, nei Paesi balcanici e in Germania le querce prevalenti nelle fustaie della fascia basale e, grazie alle caratteristiche morfologiche e tecnologiche del legname che producono, sono tra le specie più importanti nel mercato del legno di pregio. In Italia il discorso è differente poiché la maggior parte delle fustaie di querce caducifoglie sono

caratterizzate dalla prevalenza del cerro il cui legno è molto meno usato per assortimenti da lavoro. Da ciò consegue la scelta, con medesimi trattamenti, di turni meno lunghi. Nella selvicoltura classica, il trattamento delle fustaie francesi di rovere e farnia è quello a tagli successivi uniformi su particelle intere con un periodo di rinnovazione breve (10 - 14 anni) e turni molto lunghi (120 - 200 anni).

L'ottenimento della rinnovazione naturale non è sempre possibile, anzi è quasi sempre motivo di incertezza a causa della molteplicità di situazioni differenti sia in termini di stazione sia di condizioni strutturali dei popolamenti maturi. Si esegue, prima di tutto, il taglio di sementazione alla scadenza del turno. Esso è eventualmente seguito da un decespugliamento delle specie costituenti lo strato inferiore e che possono ostacolare l'insediamento dei semenzali, contemporaneamente si esegue un lavorazione superficiale del terreno. Se anche in questo caso non si verificasse l'insediamento della rinnovazione, si provvede alla semina o alla piantagione. Il taglio di sementazione si effettua nelle fustaie mature provviste di piante a chioma abbastanza ampia e capaci di produrre una maggiore quantità di ghianda e ne deriva una fustaia monoplana con la presenza di pochi individui appartenenti a specie diverse dalle querce e un suolo privo di sottobosco.

Il taglio di sementazione deve coincidere con un anno di ghianda abbondante o meglio definito *anno di pasciona* e, nel caso in cui non siano stati eseguiti i diradamenti, o siano stati blandi, per preparare la rinnovazione alla scopertura conseguente al taglio, si predispone un taglio di preparazione 7 - 10 anni prima del taglio di sementazione. Con quest'ultimo intervento si provvede a eliminare le specie differenti dalle querce e, fra queste ultime, si rilasciano 50 - 80 piante per ettaro (se di grosse dimensioni) o 100 - 150 piante per ettaro (se di piccole dimensioni). 5 - 7 anni dopo il taglio di sementazione si procede al taglio secondario e, dopo altrettanti anni, al taglio di sgombero.

Il periodo di rinnovazione è pari a 10 - 14 anni. Il processo di rinnovazione può essere suddiviso in due fasi: la prima, che è possibile definire *periodo di prerinnovazione*, caratterizzata da rinnovazione effimera a causa della copertura continua ancora presente e che termina con il taglio di sementazione, e la seconda che è definita *periodo di accumulo*, quando si ha l'affermazione dei gruppi di piantine grazie alla forte riduzione della copertura che si verifica con il taglio secondario e, infine, con lo sgombero delle piante del vecchio ciclo. Dopo il taglio di sgombero ha inizio la fase degli interventi diretti sulla rinnovazione, ossia le ripuliture e i diradamenti seguendo un criterio di tipo selettivo, tendente cioè a favorire i soggetti migliori. Il primo intervento si esegue verso i 60 anni. Al II diradamento (80 anni) si può ancora modificare la scelta delle piante d'avvenire

che diventano definitive al III diradamento (100 anni). Con il IV e ultimo diradamento (150 anni) si esegue l'eliminazione dei concorrenti delle piante di avvenire raggiungendo la densità di 150 - 200 querce a ettaro.

5.6. Considerazioni selvicolturali attuali

Tutti i metodi tradizionali hanno come obiettivo principale la produzione legnosa. Come già espresso in precedenza, oggi l'interesse nella gestione del bosco mira a obiettivi ben più complessi miranti alla salvaguardia del sistema forestale che, come afferma CIANCIO (1998) non è un *oggetto* ma un *soggetto* di diritti. Egli afferma infatti che *“la selvicoltura ha come obiettivo la coltivazione del bosco. Ma il bosco non è un insieme di alberi; è ben di più: è un sistema biologico complesso. Proprio per questa ragione, esso presenta proprietà non riconducibili direttamente a quelle dei suoi componenti. Come tutti i sistemi, oltre alla nozione di tempo, di mutamento e di fluttuazione sottende epifenomeni, retroazioni, determinazioni. Il bosco è un sistema autopoietico che reagisce a ogni evento naturale o azione umana determinando una nuova realtà, sintesi di interazioni e interconnessioni”*.

Il forte indeterminismo che caratterizza le decisioni operative rende necessario il continuo controllo delle scelte e dei seguenti interventi. Essi devono essere seguiti in bosco con la consapevolezza che possono comportare degli errori. E' dunque indispensabile fare scelte flessibili in grado di scoprire gli eventuali errori e la loro tempestiva correzione al minor costo possibile. Bisogna adottare l'atteggiamento scientifico di *prova ed errore* (CIANCIO e NOCENTINI, 1995; CIANCIO *et al.*, 1999). (vd. Cap.3). Si abbandonano i parametri di turno o di diametro di recidibilità, elementi alla base dell'approccio classico e le operazioni colturali devono effettuarsi in relazione alle necessità del popolamento, caso per caso, in modo da facilitare la rinnovazione naturale continua e diffusa. E' la teoria del sistema modulare proposto da Ciancio *et al.* (1981) e riassumibile in: *interventi cauti, continui e capillari*.

Nel corso dello sviluppo, un trattamento può cambiare il corso evolutivo del bosco mentre, in un altro periodo, il medesimo trattamento potrebbe risultare minimo o addirittura nullo in termini di effetti. Bisogna che il selvicoltore riesca a comprendere il momento in cui le dinamiche all'interno del sistema forestale risultino favorevoli nei confronti di quel trattamento in modo che questo favorisca le tendenze evolutive e, di conseguenza, una maggiore funzionalità biologica. E poiché nel caso dei boschi di querce tali situazioni si verificano a intervalli non brevi Larsen e Johnson (1998) parlano di *Windows of Opportunity* per sottolineare

che si tratta di temporanee possibilità da cogliere al momento giusto. Anche RENTCH *et al.* (2003) affermano che il ricorso a una varietà temporale e spaziale di interventi contribuisce al mantenimento della stabilità strutturale e all'aumento della funzionalità bio – ecologica.

6. Metodologia

Ai fini dell'analisi della struttura delle cerrete esaminate sono state distinte la struttura complessiva, la struttura elementare e la struttura puntuale in base alla superficie di popolamento considerata. Per struttura complessiva si intende quella riferita all'intera particella, che rappresenta l'unità colturale e gestionale. La struttura elementare è una porzione più limitata, di estensione paragonabile a quella di un'area di saggio (400 – 5000 m²). La struttura puntuale è rappresentata da un singolo punto, poche decine di m², pochi alberi (nel caso del presente studio si tratta di 4 – 5 alberi) (Figura 6.1).

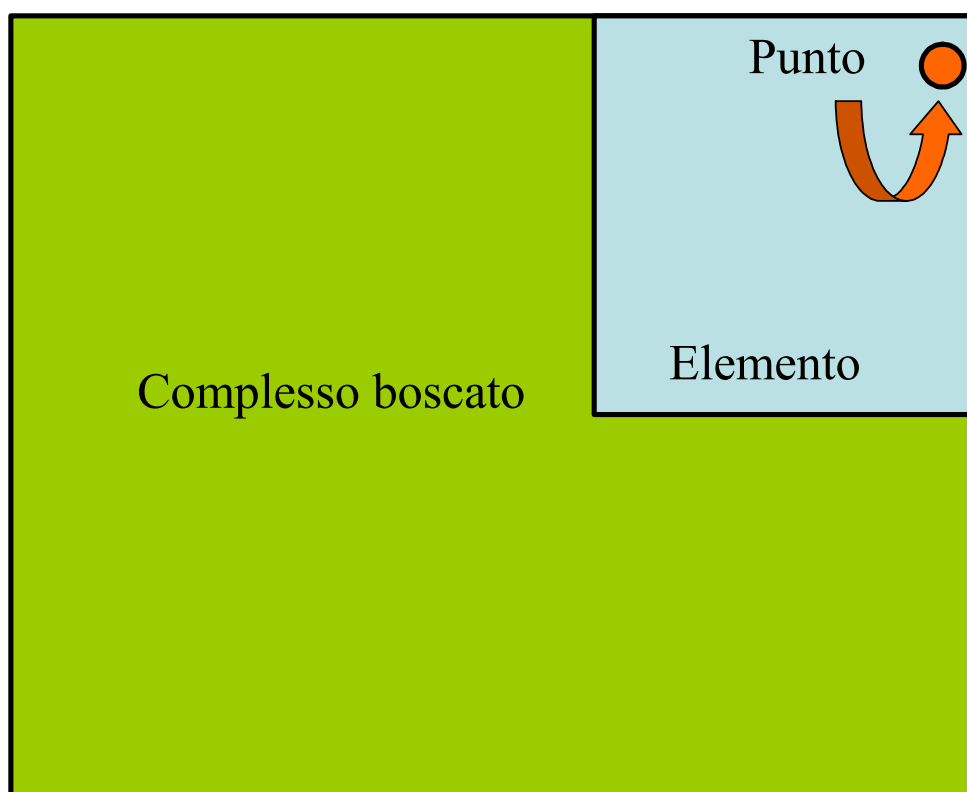


Figura 6.1 – Schema illustrante i livelli di analisi strutturale complessiva (verde), elementare (azzurro) e puntuale (rosso).

La risposta ai quesiti cui si intende rispondere con la presente ricerca, come osservato in precedenza, è possibile soltanto attraverso un'attenta analisi della struttura dei popolamenti forestali considerati (vd. Cap. 3). Gli alberi che nascono, crescono e si sviluppano all'interno di un bosco non si comportano come gli individui isolati della stessa specie. Essi, infatti, all'interno delle fitocenosi, conservano le caratteristiche ecologiche della specie di appartenenza ma, contemporaneamente, influenzano gli alberi vicini e a loro volta ne sono condizionati. Non ci si vuole però limitare soltanto allo studio dei tradizionali parametri dendrometrico e strutturali già ampiamente conosciuti e senza dubbio

importanti per capire lo stato in cui si trova il bosco. Si vuole dare una quantificazione della diversità strutturale. A livello operativo, la quantificazione di tale diversità può essere operata tramite indici sintetici in grado di descrivere le tre componenti principali della diversità strutturale (VON GADOW, 1999; AGUIRRE *et al.*, 2003): la diversità spaziale orizzontale, identificata dalla distribuzione nello spazio dei fusti arborei; la diversità dendrologica, identificata dalla mescolanza di specie arboree presenti; la distribuzione dimensionale, identificata dalla differenziazione diametrica dei fusti. Gli indici utilizzati sono stati suddivisi in due categorie: indici che forniscono indicazioni per intere porzioni di territorio (Indice di COX e MORISITA) e indici che forniscono indicazioni in riferimento a singoli alberi o singoli punti del bosco (*Neighbourhood Based Structural Index*).

6.1. Parcelle sperimentali permanenti e rilievi dendro-auxometrici

In ciascuna delle due cerrete sono state scelte per la ricerca due particelle forestali rappresentative delle caratteristiche complessive del bosco. All'interno di ciascuna particella sono state individuate e georeferenziate due parcelle sperimentali quadrangolari di estensione di circa 3 ettari ognuna (nel complesso, quattro parcelle per una superficie totale inventariata di 12.42.60 ha nella cerreta di Vetralla e quattro parcelle per una superficie totale inventariata di 12.98.70 ha nel bosco di Macchia Grande) tramite l'impiego del GPS, modello TRIMBLE Pro XR, a precisione submetrica e correzione post - differenziale, con l'ausilio della cartografia IGM in scala 1:10000. Ogni area è stata delimitata in modo da renderla permanente. All'interno di ciascuna parcella è stato eseguito il cavallettamento totale del soprassuolo principale, cioè quello formato dagli alberi con diametro a 1,30 m superiore a 7,5 cm. Per ogni pianta censita è stata rilevata anche la posizione topografica tramite rilievo delle coordinate spaziali con GPS per realizzare la mappatura completa degli alberi.

Il calcolo della cubatura del soprassuolo di Vetralla è stato eseguito con le tavole di cubatura a doppia entrata dell'Inventario Forestale Nazionale (MAF/ISAF, 1984). Per il soprassuolo di Macchia Grande è stata utilizzata la tavola dendrometrica locale a una sola entrata di GEMIGNANI (1967-76). E' stato estratto un campione di 105 alberi (55 nella cerreta di Vetralla, 45 nel bosco di Macchia Grande) da cui estrarre carotine di legno con l'utilizzo di una trivella di PRESSLER all'altezza di 1,30 m dal terreno. L'età calcolata, di conseguenza, è un'età convenzionale poiché mancano gli anni impiegati dall'albero a raggiungere l'altezza di 1,30 m. Le

carotine sono state analizzate con il dendrocronografo per la determinazione delle età e ottenere una misura accurata dello spessore degli anelli.

L'incremento di diametro è stato inoltre utilizzato per la determinazione dell'incremento percentuale e dell'incremento corrente con il metodo di PRESSLER (vd. LA MARCA, 1999). Su un campione di 247 alberi (126 nella cerreta di Vetralla e 121 nel bosco di Macchia Grande), scelto in modo sistematico (uno ogni 20 alberi cavallettati), è stata misurata l'altezza totale, per la costruzione della curva ipsometrica, l'altezza di inserzione della chioma, i raggi delle chiome nella direzione dei quattro punti cardinali, traguardando l'estremità della chioma sotto la perpendicolare al terreno. E' stato calcolato il valore massimale di area basimetrica attraverso l'applicazione della formula proposta da PATRONE (1944) sulla base della media dei rapporti tra il diametro della chioma e quello del fusto a 1,30 m da terra degli alberi di diametro medio all'interno di ciascuna parcella. I dati così raccolti sono stati utilizzati per il calcolo dell'area di insidenza, considerata di forma circolare con raggio pari alla media aritmetica dei quattro raggi misurati. Di ogni albero campione è stata eseguita una valutazione della ramosità contando i rami decorrenti e excurrenti, rispettivamente con il proprio asse tendenzialmente rivolto parallelamente e perpendicolarmente rispetto all'asse del fusto (OLIVER e LARSON, 1996). Oltre alla conta, è stata eseguita una stima delle dimensioni dei rami considerando 3 classi dimensionali: < 10 cm, 10 – 20 cm, > 20 cm.

6.2. Indici di diversità strutturale

6.2.1. Indice di MORISITA e Quadrat Index

L'indice di dispersione di MORISITA (I_8) fornisce indicazioni sul tipo di distribuzione dei fusti arborei nello spazio orizzontale per intere porzioni di territorio. La superficie oggetto di studio viene suddivisa in quadrati di pari superficie e per ciascun quadrato viene calcolato il numero di alberi che ricade al suo interno. Successivamente l'indice viene calcolato per quadrati di dimensione crescente, pari al doppio della superficie dei quadrati utilizzati precedentemente. L'indice di MORISITA, quindi, viene calcolato per quadrati di dimensione pari a S, successivamente con quadrati di dimensione pari a 2S, 4S e così via. Questo indice si calcola con la seguente formula (STEWART, 1986; HOSHINO *et al.*, 2001; MIURA e YAMAMOTO, 2003; MIYADORO *et al.*, 2003):

$$I_{\delta} = \frac{q \sum_{i=1}^q n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Dove q è il numero di quadrati in cui è suddivisa l'area di studio; n_i è il numero di fusti arborei presenti nell' i -esimo quadrato; N è il numero totale dei fusti arborei presenti in tutti i q quadrati. Se la distribuzione dei fusti arborei è a gruppi, l'indice I_{δ} assume valori superiori a 1, se invece la distribuzione è di tipo regolare l'indice assume valori inferiori a 1, mentre $I_{\delta} = 1$ per distribuzioni dei fusti arborei di tipo casuale. L'intensità del raggruppamento è indicato dai valori stessi dell'indice, infatti a valori più elevati corrispondono maggiori intensità di raggruppamento. La dimensione media del gruppo, invece, può essere valutata tramite il seguente rapporto, calcolato per quadrati di superficie crescente:

$$\frac{I_{\delta(S)}}{I_{\delta(2S)}}$$

dove I è il valore dell'indice $I_{\delta(S)}$ calcolato per quadrati di superficie pari a S , mentre $I_{\delta(2S)}$ è il valore calcolato per quadrati di superficie pari $2S$. Le superfici quadrate che presentano i valori massimi del rapporto sopra indicato esprimono la dimensione media dei gruppi. Lo scostamento dalla distribuzione casuale ($I_{\delta} = 1$) è significativo (MONSANDL e KLEINERT, 1998) quando il seguente valore T è maggiore dei valori tabulati dalla F di FISHER ($p = 0.05$) con $(q - 1; \infty)$ gradi di libertà:

$$T = \frac{I_{\delta}(N - 1) + q - N}{q - 1}$$

dove I_{δ} è il valore dell'indice; N è il numero totale dei fusti arborei presenti in tutti i quadrati; q è il numero di quadrati. Vari Autori hanno utilizzato l'indice di MORISITA per descrivere la distribuzione dei fusti arborei nei differenti strati del bosco, purchè la numerosità campionaria (fusti arborei) non sia bassa (HOSHINO *et al.*, 2001; MIYHADORO *et al.*, 2003). In Italia alcuni Autori hanno già usato l'indice di MORISITA per descrivere la distribuzione nello spazio orizzontale dei fusti arborei in un bosco di faggio con cerro e castagno dell'Italia centrale, su aree di superficie pari a circa 2000 m² (AGRIMI *et al.*, 2003)

Un altro indice di dispersione che fornisce indicazioni sul tipo di distribuzione dei fusti arborei nello spazio orizzontale per intere porzioni di territorio è il Quadrat Index (QI) o anche definito Indice di aggregazione di COX (DEL RIO *et al.*, 2003). Come per l'indice precedente, la superficie considerata viene suddivisa in quadrati

aventi la medesima superficie e per ogni quadrato si calcola il numero di alberi che ricade al suo interno; in un secondo momento, viene calcolato per l'intera superficie con quadrati di dimensione crescente, pari al doppio della superficie dei quadrati utilizzati precedentemente. Il Quadrat Index viene calcolato con la seguente formula (RIPLEY, 1981; NEUMAN e STARLINGER, 2001; DEL RIO *et al.*, 2003):

$$QI = \frac{s_x^2}{\bar{x}}$$

dove s_x^2 è la varianza della distribuzione del numero di alberi presenti all'interno dei quadrati;

\bar{x} è la media aritmetica del numero di alberi ricadenti nei quadrati.

Se la distribuzione dei fusti arborei è aggregata, l'indice QI assume valori superiori a 1, se invece la distribuzione è di tipo regolare l'indice assume valori inferiori a 1, mentre $QI = 1$ per distribuzioni dei fusti arborei di tipo casuale. L'intensità del raggruppamento è indicato dai valori stessi dell'indice, infatti a valori più elevati corrispondono maggiori intensità di raggruppamento. Lo scostamento dalla distribuzione casuale ($QI = 1$) è significativo (PARKER, 1984) quando il seguente valore T sarà maggiore dei valori tabulati dalla F di FISHER ($p = 0.05$) con $(n - 1; \infty)$ gradi di libertà:

$$T = \frac{(QI) - 1}{\sqrt{(2/n - 1)}}$$

dove QI è il valore dell'indice; n è il numero di quadrati.

6.2.2. Neighbourhood Based Structural Indices

Le relazioni esistenti tra k alberi vicini (con un valore di k sempre molto piccolo) sono di natura spaziale, ma anche di tipo dendrologico o dimensionale. Cambiando il tipo di attributo degli alberi considerati, si analizzano differenti aspetti della diversità strutturale. Ad esempio sulla base della specie vegetale si arriva a quantificare la diversità dendrologica, così come con il diametro a petto d'uomo dei k alberi si quantifica la diversità dimensionale. Questi aspetti della diversità strutturale possono essere descritti da un insieme di indici che, operativamente, hanno in comune la semplicità del rilievo. Di seguito vengono descritti gli indici strutturali utilizzati nella presente ricerca.

L'indice *UAI* – *Uniform Angle Index* (VON GADOW *et al.*, 1998; AGUIRRE *et al.*, 2003; CORONA *et al.*, 2005b) descrive il tipo di distribuzione dei fusti arborei nello spazio orizzontale, assumendo valori che variano da 0 (distribuzione di tipo regolare) a 1 (distribuzione a gruppi), mentre valori intermedi e pari a 0.5 segnalano distribuzioni di tipo casuale. Il calcolo di questo indice avviene confrontando gli angoli α_j formati tra i k alberi più vicini a un dato albero di riferimento rispetto a un valore soglia α_r . L'angolo tra due alberi vicini può essere misurato in senso orario o antiorario: in ogni caso va considerato quello di minore ampiezza. Il confronto tra il valore dell'angolo misurato α_j con l'angolo di riferimento α_r fornisce una variabile binaria z_j che assume i seguenti valori:

$$z_j = \begin{cases} 1, & \alpha_j < \alpha_r \\ 0, & \alpha_j \geq \alpha_r \end{cases}$$

L'indice *UAI*, calcolato per l' i -esimo punto di sondaggio, è pari alla media del valore assunto dalla variabile z_j :

$$UAI_i = \frac{1}{k} \cdot \sum_{j=1}^k z_j$$

In caso di distribuzione regolare, valori dell'*UAI* pari a zero si hanno nel caso in cui il punto di sondaggio cada al centro del gruppo di alberi o nelle sue immediate vicinanze, rendendo minimo l'intervallo di valori di *UAI* che distinguono una distribuzione regolare da una casuale. Per tale motivo, all'angolo di riferimento si applica una percentuale di tolleranza che studi sperimentali consigliano pari a $0.8 \cdot 360^\circ / k$ (per dettagli, vd. VON GADOW, 1999; HUI e VON GADOW, 2002).

L'indice *SM* – *Species Mingling* (FÜLDNER, 1995; AGUIRRE *et al.*, 2003) quantifica la diversità dendrologica confrontando la specie dell' i -esimo albero di riferimento con la specie dei k alberi più vicini, assumendo valori compresi tra 0, nel caso di alberi della stessa specie, e 1, nel caso in cui i k alberi siano tutti di specie diverse da quella dell'albero di riferimento:

$$SM_i = \frac{1}{k} \cdot \sum_{j=1}^k z_j$$

con $z_j = 0$ se la specie dell' i -esimo albero è la stessa dell'albero di riferimento i , in caso contrario la variabile z_j assume valore pari a 1.

L'indice *DBHD* – *DBH Dominance* (HUI *et al.*, 1998) esprime la diversità dimensionale, confrontando il diametro a petto d'uomo dell'albero di riferimento con quello dei k alberi vicini: i suoi valori variano da 0 a 1, aumentando al

diminuire della dominanza dimensionale dell'albero di riferimento rispetto agli alberi vicini:

$$DBHD_i = \frac{1}{k} \cdot \sum_{j=1}^k z_j$$

con $z_j = 0$ se il diametro a petto d'uomo dell' j -esimo albero è inferiore a quello dell'albero di riferimento i , in caso contrario z_j assume valori pari a 1.

L'indice DBHD è stato proposto da AGUIRRE *et al.* (2003) per lo studio di popolamenti forestali molto diversi rispetto a quelli esaminati nel presente lavoro. Gli Autori, infatti, hanno applicato l'indice all'interno di popolamenti misti e disetanei allo scopo di stabilire il ruolo sociale di una specie rispetto ad un'altra. Nel contesto attuale invece si vuole dare un significato diverso applicandolo in popolamenti puri e poco diversificati.

Anche l'indice *DBHDM – DBH Dominance Modified* (CORONA *et al.*, 2005a) esprime la diversità dimensionale, tuttavia nel calcolo dell'indice viene applicata una soglia minima di differenza diametrica d espressa in cm (preferibilmente pari a 4 cm, con riferimento a classi diametriche pari a 5 cm), per rendere l'indice più sensibile all'effettivo livello di eterogeneità dimensionale. L'indice *DBHDM* assume valori compresi tra 0 e 1, aumentando all'aumentare della dominanza dimensionale dell'albero di riferimento rispetto agli alberi vicini. La variabile z_j assume i seguenti valori:

$$z_j = \begin{cases} 1, (DBH_i - d) > DBH_j \\ 0, (DBH_i - d) \leq DBH_j \end{cases}$$

L'indice *DIST* (CORONA *et al.*, 2005a) è dato dalla distanza tra il punto di sondaggio e l'albero più vicino e fornisce una semplice indicazione sul grado di densità e aggregazione tra gli alberi. *DIST* è espresso in un'unità di misura lineare, al contrario degli altri indici considerati, che sono invece adimensionali.

Gli indici UAI, SM, DBHD e DBHDM possono assumere $1 + k$ valori: considerando ad esempio il calcolo rispetto ai $k = 4$ alberi più vicini, i possibili valori sono cinque: $0 - 0.25 - 0.50 - 0.75 - 1$ (in questo caso, il valore soglia α_r per il calcolo di UAI è pari a 72°). Il rilevamento dell'insieme di indici considerati può avvenire rispetto a un dato albero di riferimento (modalità *reference tree*) o rispetto a un dato punto di riferimento (modalità *reference point*).

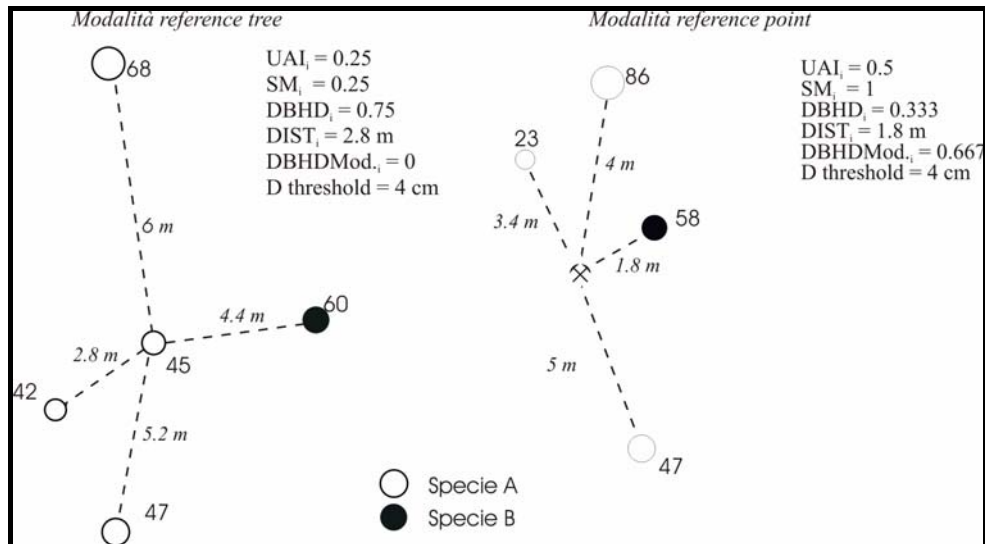


Figura 6.2 - Esempio di rilevamento e calcolo degli indici strutturali UAI , SM , $DBHD$, $DBHDM$ e $DIST$ considerando i $k = 4$ alberi più vicini, nella modalità *reference tree* e nella modalità *reference point* e $a_r = 72$. I cerchi individuano la posizione dei fusti arborei, con indicazione del loro diametro a petto d'uomo. Il simbolo [X] indica la posizione del punto di sondaggio nella modalità *reference point* (Fonte: CORONA *et al.*, 2005a, modificato)

In questo secondo caso, per il calcolo di SM , $DBHD$ e $DBHDM$ si assume come riferimento l'albero più vicino al punto di sondaggio. Questi indici possono assumere k valori (e non $1 + k$) perché uno dei k alberi diviene albero di riferimento ed è pertanto da escludere ai fini del calcolo degli indici nel i -esimo punto di sondaggio. Nell'ambito di applicazioni a scopi inventariali è ovviamente da preferire questa seconda modalità di rilevamento in quanto i punti di sondaggio possono più agevolmente essere selezionati secondo schemi di campionamento rigorosamente probabilistico.

La Figura 6.2 illustra un esempio di calcolo dei cinque indici strutturali rispetto a $k = 4$ alberi più vicini, sia per la modalità *reference tree* che per la modalità *reference point*. Nel caso di campionamento casuale o sistematico semplice, lo stimatore del valore medio di ciascuno degli indici considerati in un dato soprassuolo forestale è pari a:

$$\hat{\bar{X}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n X_i$$

dove: X_i = valore dell'indice misurato in corrispondenza dell' i -esimo punto di sondaggio. La variabilità del valore medio può essere quantificata tramite il suo errore standard, il cui stimatore è pari a:

$$S_{\hat{X}} = \sqrt{\frac{1}{n \cdot (n-1)} \sum_{i=1}^n (X_i - \hat{X})^2}$$

Oltre ai suddetti parametri statistici è, comunque, soprattutto la distribuzione delle frequenze dei valori dei singoli indici che permette di caratterizzare in modo dettagliato la struttura dei soprassuoli inventariati. L'insieme di indici considerati per la quantificazione delle componenti della diversità strutturale è descritto analiticamente nella Tabella 6.1.

Gli indici strutturali basati sulle relazioni tra alberi vicini, essendo noti in bibliografia internazionale solo da pochi anni, non sono stati ancora applicati nelle condizioni che caratterizzano i boschi italiani. Pertanto è stata effettuata una sperimentazione preliminare che evidenziasse, in particolare, il rapporto tra le informazioni ritraibili e l'impegno operativo da affrontare e che consentisse di mettere a punto adeguate procedure di monitoraggio (vd. CORONA *et al.*, 2005a). Il confronto con le informazioni desumibili dai rilievi convenzionali e con altri indici di natura biologica è il primo passo per la valutazione della capacità descrittiva di un indice. Ad esso va associata un'adeguata tecnica campionaria che ne supporti il ruolo nel descrivere oggettivamente la diversità strutturale di soprassuoli forestali.

Alcuni Autori hanno proposto software applicativi che permettono di calcolare tali indici in modo automatico (a esempio, KINT *et al.*, 2004). Un nuovo software applicativo, già applicato operativamente in alcune fustaie italiane (Corona *et al.*, 2005a), è denominato *NBSI (Neighbourhood Based Structural Indices)*. Il software *NBSI (Neighbourhood Based Structural Indices)* è stato sviluppato nel linguaggio di programmazione Visual Basic .Net, su piattaforma Windows®. Per il suo funzionamento deve essere installato sul sistema operativo il pacchetto Microsoft Net Framework, scaricabile gratuitamente dal sito della Microsoft®. Il sistema deve avere come impostazione di default la virgola come separatore decimale.

Il software applicativo *NBSI* non richiede alcuna installazione e si presenta come un unico file eseguibile (*nbsi.exe*). L'interfaccia utente è stata sviluppata in modo da essere intuitiva (Figura 6.3), con la possibilità di scegliere la lingua inglese o italiana. Il programma gestisce files in formato ASCII con estensione *txt*, in cui le colonne dei valori sono separate tra loro dal carattere tabulazione (tab) e devono risultare nel seguente ordine: un codice univoco dell'albero rilevato, la coppia di coordinate che ne identifica la posizione geografica, il diametro a petto d'uomo, la specie arborea e ulteriori campi che possono essere aggiunti a discrezione dell'operatore. Le specifiche di ogni campo sono descritte in Tabella 6.2. *NBSI* riconosce automaticamente un'area di monitoraggio di forma rettangolare (o

quadrata), identificata dalle coordinate delle piante più esterne nelle direzioni dei quattro punti cardinali.

<i>Indice</i>	<i>Formula</i>	<i>Valori rilevati</i>
Indice Winkelmass (<i>UAI</i>)	$UAI_i = \frac{1}{k} \cdot \sum_{j=1}^k z_j$	$z_j = \begin{cases} 1, \alpha_j < \alpha_r \\ 0, \alpha_j \geq \alpha_r \end{cases}$
Indice di mescolanza dendrologica (<i>SM</i>)	$SM_i = \frac{1}{k} \cdot \sum_{j=1}^k z_j$	$z_j = \begin{cases} 0, spp_i = spp_j \\ 1, spp_i \neq spp_j \end{cases}$
Indice di dominanza diametrica (<i>DBHD</i>)	$DBHD_i = \frac{1}{k} \cdot \sum_{j=1}^k z_j$	$z_j = \begin{cases} 0, DBH_i > DBH_j \\ 1, DBH_i \leq DBH_j \end{cases}$
Indice di dominanza diametrica modificato (<i>DBHDM</i>)	$DBHDM_i = \frac{1}{k} \cdot \sum_{j=1}^k z_j$	$z_j = \begin{cases} 1, (DBH_i - d) > DBH_j \\ 0, (DBH_i - d) \leq DBH_j \end{cases}$
Distanza dall'albero più vicino (<i>DIST</i>)	$DIST_i = \min z_j $	$z_j = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}$

Tabella 6.1 – Descrizione sintetica degli indici strutturali applicati. *i* = indice dell'albero (modalità *tree reference*) o del punto (modalità *point reference*) di riferimento; *j* = indice per ciascuno dei *k* alberi più vicini all'albero di riferimento (modalità *tree reference*) o al punto di sondaggio (modalità *point reference*); *spp* = specie arborea; *DBH* = diametro a petto d'uomo; *x*, *y* = coppie di coordinate topografiche; α_r = angolo di confronto; α_j = angolo formato tra l'albero di riferimento (modalità *tree reference*), o il punto di sondaggio (modalità *point reference*), e il *j*-esimo dei *k* alberi più vicini, *d* = soglia diametrica di riferimento da sottrarre al *DBH_i*.

Tuttavia è possibile selezionare una sottoarea di campionamento digitando le coordinate dei due vertici opposti della sottoarea prescelta. L'operatore può variare il numero *k* di alberi più vicini al punto di sondaggio (o all'albero di riferimento nella modalità *reference tree*) da prendere in considerazione per il calcolo degli indici. Per il calcolo dell'indice *UAI* l'operatore può modificare l'angolo di confronto α_r , mentre per il calcolo dell'indice *DBHDM* può modificare il valore della soglia diametrica *d*.

Nella modalità *reference point* l'operatore può definire il passo del reticolo per realizzare un campionamento sistematico, e tale campionamento può essere impostato a partire da un origine a coordinate note o può essere ad origine casuale.

Il software *NBSI (Neighbourhood Based Structural Indices)* permette il calcolo di un insieme integrato di indici strutturali, basato sulle interrelazioni tra alberi vicini, in modo semplice e intuitivo, fornendo inoltre un'ampia scelta di opzioni di calcolo.

Ordine	Sigla	Descrizione	Tipo carattere
1	IDS	Codice albero	Stringa
2	X	Posizione sull'asse delle ascisse	Numero
3	Y	Posizione sull'asse delle ordinate	Numero
4	DIAMETRO	Diametro a petto d'uomo	Numero
5	SPECIE	Specie arborea	Stringa

Tabella 6.2 - Specifiche dei campi obbligatori del file di input *txt* gestito dal software *NBSI* (Fonte: CALVANI *et al.*, 2005).

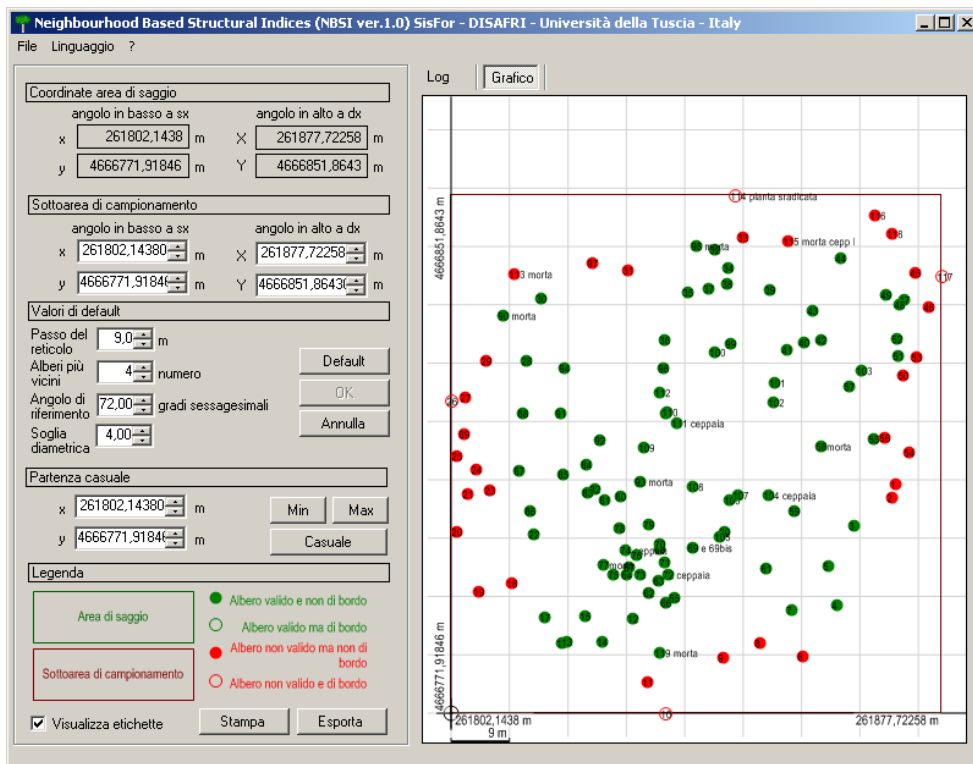


Figura 6.3 - Esempio di schermata video del software *NBSI* con l'interfaccia grafica (Fonte: CALVANI *et al.*, 2005).

Tra queste risultano particolarmente utili la possibilità di creare campioni con differente intensità (passo della griglia) nella modalità *reference point* e la possibilità di variare il numero k di alberi più vicini per il calcolo degli indici proposti, sia nella modalità *reference point* che nella modalità *reference tree*. La possibilità di operare direttamente con il formato *txt* rende il software interfacciabile con fogli elettronici, database e software GIS di comune utilizzo in ambito forestale.

6.3. Rapporti tra la struttura elementare e la struttura complessiva

La mappatura eseguita all'interno di ciascuna parcella ha consentito di eseguire delle analisi in seconda fase. Per ciascuna parcella sono stati estratti 2 sottocampioni di cui sono stati calcolati i principali parametri dendrometrico in modo da conoscere la struttura elementare e confrontarla con la struttura complessiva. Un sottocampione ha forma rettangolare ed è costituito da 15 quadrati contigui di superficie costante pari a 800 m^2 (Figura 6.4).

Il secondo sottocampione ha forma circolare ed è costituito da 5 microaree di superficie crescente (1000 m^2 , 2000 m^2 , 3000 m^2 , 4000 m^2 e 5000 m^2) e tra di esse concentriche (Figura 6.5). Questa analisi è indispensabile per capire a quale scala avviene la composizione della struttura globale a partire dai singoli tipi strutturali.

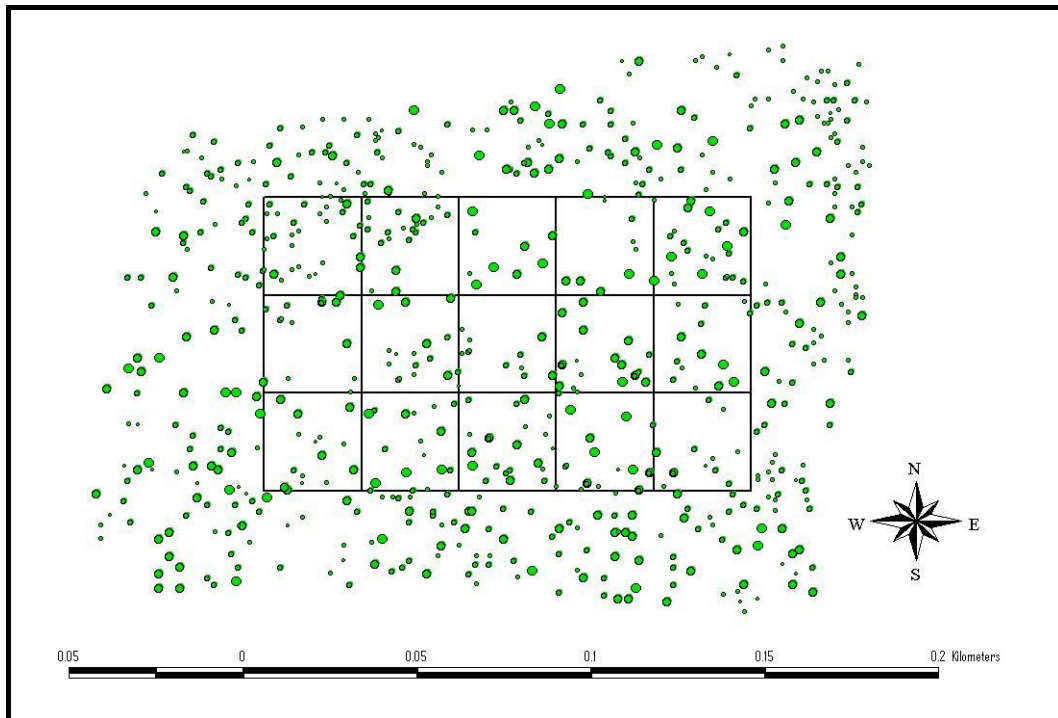


Figura 6.4 - Esempio di sottocampione rettangolare estratto a seguito della mappatura.

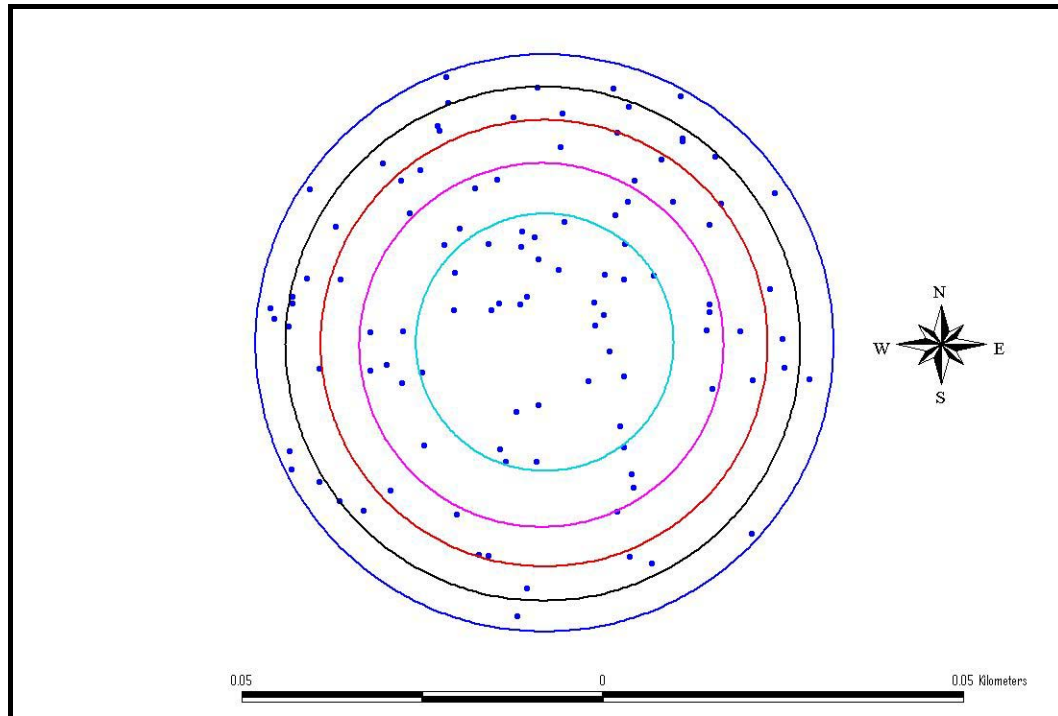


Figura 6.5 - Esempio di sottocampione costituito da 5 microaree circolari e concentriche estratto a seguito della mappatura.

6.4. Studio della rinnovazione affermata

Sulla base di una griglia a maglia quadrata con lato pari a 50 m sovrapposta a ciascuna parcella, è stato eseguito il campionamento delle caratteristiche delle specie arboree e arbustive presenti nello strato inferiore del popolamento, e non facenti parte del soprassuolo principale. Con centro su ciascun nodo della griglia è stata realizzata un'unità di campionamento circolare con diametro pari a 10 m al cui interno sono stati rilevati la specie, il diametro e l'altezza di tutti i fusti presenti, provenienti sia da rinnovazione gamica che agamica. Dallo stesso punto è stata realizzata una prova relascopica adiametrica utilizzando il relascopio di Bitterlich con la banda del 2. I 103 punti di campionamento (da 53 a 50 per complesso boscato) sono stati localizzati sul terreno con l'uso del GPS.

7. L'area di studio

Per la presente ricerca sono stati scelti due siti: la cerreta di Vetralla (VT) e il bosco misto di cerro e farnetto di Macchia Grande di Manziana (RM). Questi due boschi costituiscono due delle più estese fustaie di cerro dell'Alto Lazio e presentano interessanti aspetti storici, evolutivi e gestionali.

Già nel recente passato alcuni Autori (BLASI *et al.*, 1990; MONTELUCCI, 1976; AGRIMI *et al.*, 1991) si sono interessati allo studio di questi boschi arricchendo la bibliografia presente e contribuendo a fornire informazioni sulle loro caratteristiche dendrometriche, vegetazionali e strutturali.

7.1. La cerreta di Vetralla

7.1.1. Inquadramento geografico - amministrativo

Il Comune di Vetralla, che è situato in provincia di Viterbo, rientra nella Comunità montana dei Monti Cimini. Confina a est con i comuni di Caprarola, Ronciglione e Capranica; a sud con quelli di Barbarano e Blera; a ovest con quello di Monte Romano e infine a nordovest con il comune di Viterbo. Secondo i dati ISTAT (1985) l'intero territorio comunale ha una superficie di 11301 ettari con un coefficiente di boscosità pari a 0,25. La superficie forestale, che complessivamente consiste in 2827 ettari, è soprattutto patrimonio del comune al quale appartengono ben 2269 ettari; invece è solo in minima parte di proprietà dello Stato (294 ettari) e dei privati (264 ettari); ciò è dovuto principalmente al fatto che il bosco di Vetralla è storicamente un bene collettivo e di interesse pubblico. L'intero territorio è ben servito da strade di notevole importanza che lo collegano egregiamente ai maggiori centri abitati: Viterbo (SS2), Civitavecchia (SS1bis), Orte (superstrada Orte - Civitavecchia) e Roma (via Cassia). L'intero patrimonio forestale è composto da cinque complessi principali: Monte Fogliano, Pian della Botte, Monte Panese, Monte Calvo e Le Valli, il complesso in cui rientra la cerreta indagata. La cerreta de Le Valli è posta su un territorio con morfologia lievemente ondulata, con altitudine compresa tra i 380 e i 450 m s.l.m, alla base del Monte Fogliano, nella porzione sudoccidentale dei rilievi vulcanici Vicani.

7.1.2. Inquadramento geologico e pedologico

Il territorio in esame appartiene orograficamente all'antiappennino etrusco di cui costituisce la parte più meridionale. Esso si trova a una distanza dal mare compresa tra venti e quaranta chilometri ed è situato tra i Monti della Tolfa, che sono a sud - ovest, i Monti Sabatini ubicati a sud - est, il Lago di Vico a est, i Monti Cimini in direzione nord - est e la valle del fiume Marta a nord - ovest. Si tratta di una regione tipicamente vulcanica poiché occupa il versante esterno suboccidentale del grande vulcano Vicano, che si è estinto nel Quaternario e le cui vulcaniti hanno interessato una superficie di ben 1500 km². Durante la forte attività esplosiva del Pleistocene, i gas hanno formato nubi dense che, scendendo lungo i fianchi del vulcano, hanno portato in sospensione ceneri e lapilli. Il deposito che ne è derivato è caratterizzato da frammenti lavici, cristalli cementati tra loro da fiamme vetrose schiacciate e allungate e prende il nome di ignimbrite.

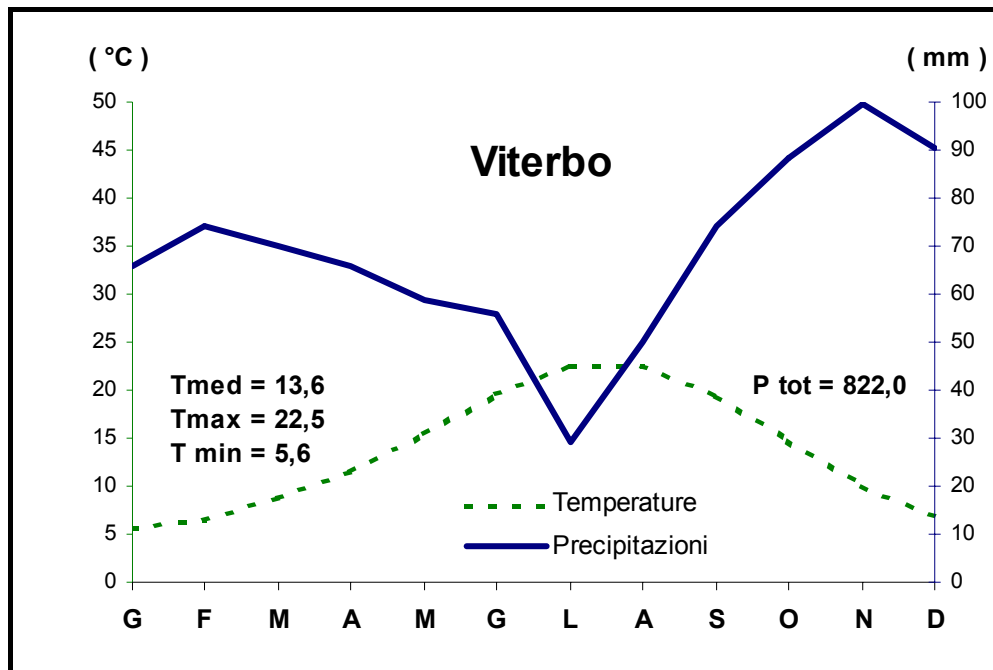


Figura 7.1 - Diagramma termo – pluviometrico di BAGNOULS – GAUSSEN. Quota 350 m s.l.m., periodo di osservazione di 11 anni.

Queste hanno matrice spugnosa e contengono vari inclusi, per lo più costituiti da cristalli di biotite, pirosseno, pomice varie, calcari e selci strappate durante l'esplosione. Il substrato geologico è quindi costituito da una formazione tufacea leucitica e da ignimbrite, caratterizzate dalla particolare ricchezza di potassio e tracce di ferro e magnesio, a composizione nefritico fonolitica con inclusione di trachite sulle quali si sono evoluti suoli del tipo terre brune, sciolti e profondi, con reazione subacida (BLASI *et al.*, 1990). Molto spesso si riscontrano gli andisuoli, ricchi di sostanza organica, con uno spesso orizzonte organico - minerale, soffici,

porosi e di colore nerastro (BERNETTI, 1959; BIDINI *et al.*, 1986). In queste terre brune e liscivate, l'humus evoluto a mull appare di fondamentale importanza per la fertilità della stazione. Le condizioni edafiche risultano quindi favorevoli, data l'evoluzione dei suoli, e permettono lo sviluppo vigoroso della cerreta.

7.1.3. Inquadramento climatico e fitoclimatico

In questo territorio il clima varia anche su brevi distanze, fatto del resto molto frequente nella penisola italiana in cui la variabilità rappresenta una regola e l'omogeneità un'eccezione. La zona in esame gode in generale di un clima mite, temperato e abbastanza umido, anche se caratterizzato da un periodo di aridità estiva che si protrae per circa 2 mesi (Figura 7.1).

Secondo i dati registrati dalla stazione termopluviometrica di Viterbo, sita a una quota di 350 m s.l.m., la temperatura media annua è di 14 °C e la precipitazione media annua è di 803,4 mm.

Secondo la classificazione fitoclimatica di PAVARI (1916) l'area rientra in una zona di transizione tra il *Lauretum freddo* e il *Castanetum caldo*. Secondo la carta fitoclimatica costruita per il Lazio (BLASI *et al.*, 1990), l'area rientra nel *Termotipo meso-mediterraneo medio o collinare inferiore, ombrotipo sub-umido superiore, regione xeroterica/mesa-xerica (sottozona meso-mediterranea/ippo-mesa-xerica)* (BLASI *et al.*, 1990).

La vegetazione della cerreta può essere inquadrata nell'associazione *Coronillo emeri-quercetum cerris* (BLASI, 1984).

7.1.4. Lineamenti vegetazionali

Secondo la definizione di MONTELUCCI (1976) le formazioni forestali di Vetralla appartengono quasi interamente al bosco mesofilo misto *Q.T.A. (Quercus Tilia Acer)* di SCHMID in cui domina la cerreta e a cui spesso si affianca il Castagno (*Castanea sativa* Mill.), molto probabilmente favorito dall'uomo. Le zone più elevate sono invece appartenenti al cingolo *F.A. (Fagus Abies)* per cui, dopo la scomparsa dell'abete (*Abies alba* Mill.) avvenuta in tempi geologici piuttosto recenti, sono oggi occupate dalla formazione a faggio (*Fagus sylvatica* L.). Ad accompagnare la vegetazione arborea dominante, vi sono le specie che vanno a costituire lo strato dominato o a popolare le radure e le chiarie, tra le quali ricordiamo: i carpini (*Carpinus betulus* L. e *Ostrya carpinifolia* Scop.), gli aceri (*Acer pseudoplatanus* L. e *Acer obtusatum* W. e K.), l'orniello (*Fraxinus ornus* L.),

il ciavardello (*Sorbus torminalis* Crantz), gli olmi (*Ulmus minor* Mill. E *Ulmus glabra* Hudson) e talvolta il tiglio (*Tilia platyphyllos* Scop.). Oltre a queste specie che, qualora venissero favorite, potrebbero anche assumere una forma più tipicamente arborea, ve ne sono altre che pur non avendo le caratteristiche biologiche per raggiungere notevoli dimensioni, assumono un ruolo ugualmente importante nell'ecosistema, poiché l'abbondante fruttificazione di queste, rappresenta una preziosa fonte alimentare per la fauna, soprattutto ornitologica. Esse sono: il frequente nocciolo (*Corylus avellana* L.), i comuni biancospini (*Crataegus oxyachanta* L. e *Crataegus monogyna* Jacq.), i cornioli (*Cornus sanguinea* L. e *Cornus mas* L.), il nespolo (*Mespilus germanica* L.), l'agrifoglio (*Ilex aquifolium* L.), il sorbo comune (*Sorbus domestica* L.), il ciliegio (*Prunus avium* L.), il ligustro (*Ligustrum vulgare* L.) e il sambuco nero (*Sambucus nigra* L.).

7.1.5. Aspetti storici e gestionali

Agli inizi del secolo scorso i boschi costituivano la principale risorsa finanziaria del Comune di Vetralla. Tuttavia le potenzialità produttive di questi, a causa del disordine amministrativo e del carattere irrazionale della gestione, non consentivano rendite stabili e costanti. Lo stato generale della foresta era inoltre in degrado a causa di danni provocati da usi civici non regolamentati. La popolazione di Vetralla infatti, rivendicando l'esistenza di un diritto di proprietà sulle selve, esercitava a propria discrezione la facoltà di tagliarvi legna e di pascolarvi il bestiame. L'amministrazione comunale di allora, per reprimere tali abusi e disciplinare le utilizzazioni in maniera più razionale, provvide all'incarico della stesura, ai sensi del R.D. n. 3267 del 1923, di un piano economico che avrebbe dovuto assicurare entrate continue, annue e costanti.

Nel 1939 GIOVE ritenne che fosse necessario un periodo di venti anni, maggiore dunque della consueta durata dei piani di assestamento, al fine di conseguire la cosiddetta normalità produttiva. Poiché allora i cedui castanili rappresentavano un capitale ad alto reddito, secondo l'Autore da questi dipendevano le principali entrate di bilancio e le possibilità di risanamento finanziario del Comune. Ma l'Autore, nel proporre l'ampliamento dell'area colturale dei castagneti, non sembrò valutare l'impatto ambientale che sarebbe derivato dalla espansione dei cedui di castagno a scapito delle fustaie di cerro e di faggio.

Le ragioni di ordine economico e sociale, e la limitata conoscenza scientifica del tempo, che giustificano le intenzioni di GIOVE, si scontrarono con i complessi

meccanismi biologici che impedirono, nonostante l'impegno e lo sforzo umano impiegati, l'affermarsi del castagno nelle zone sgomberate dall'alto fusto. Per quanto riguarda poi l'assestamento delle fustaie, mediante il conseguimento della normalità di tipo disetaneo, l'Autore tendeva ad irrigidire in uno schema teorico la complessa fitocenosi forestale: il bosco veniva ridotto ad una tabella di numeri a cui bisognava ricondurre i popolamenti al fine di conseguire una produzione massima e illimitata nel tempo. Questo tipo di gestione, invece, rischiò di compromettere gravemente la stabilità stessa del bosco, incontrando notevoli difficoltà nell'assicurare la rinnovazione naturale e provocando inoltre un sensibile intaccamento della provvigione (PATRONE, 1958), dovuto oltre tutto all'applicazione nel calcolo della ripresa di un saggio di utilizzazione reale troppo elevato rispetto al tasso di accrescimento naturale.

GIOVE, con il suo approccio teorico che aspirava alla regolarizzazione del bosco ai fini della massima efficienza produttiva, non assicurò il mantenimento della funzionalità biologica dell'ecosistema forestale. Egli, infatti ignorava l'importanza delle dinamiche evolutive e dell'eventuale impatto dell'assestamento da lui proposto che si rivelò inadeguato. Considerato il contesto storico caratterizzato dalle pressanti richieste di materie prime, le scelte assestamentali risultavano giustificate. Non bisogna, poi, trascurare un importante fattore rappresentato dagli effettivi limiti della conoscenza tecnica. Allo scadere del piano di GIOVE, nel 1957, lo stesso PATRONE constatò infatti che la gestione compiuta nel ventennio prefissato aveva conseguito risultati modesti in quanto non si era realizzato l'obiettivo della cosiddetta normalità produttiva. L'Autore, pur adottando un metodo più prudentiale per il calcolo della ripresa si pose anch'egli l'obiettivo del raggiungimento della normalità produttiva proponendo pertanto un'impostazione altrettanto rigida, anche se di tipo differente.

Per la graduale regolarizzazione della provvigione e della produzione dei boschi propose: *“il modello teorico del bosco normale coetaneo per le fustaie di cerro, la creazione di un bosco misto di abete bianco, faggio e cerro per la fustaia estetica, la conversione per l'ampliamento dei castagneti”* motivandola con il *“profilarsi di una crisi di mercato dei prodotti legnosi di questo tipo di coltura”*. Non escluse tuttavia una futura attuazione del vecchio progetto di GIOVE qualora si fossero presentate a renderla conveniente nuove eventuali condizioni di mercato più favorevoli. In merito alle fustaie coetanee, oggetto della presente ricerca, occorre dire che l'obiettivo di normalizzazione strutturale che avrebbe dovuto generare produzioni massime, annue e costanti non venne raggiunto neppure nel trentennio che seguì come hanno constatato i recenti rilievi effettuati nei boschi che rivelano

un'attuale struttura di tipo composito (ZANI, 1992; MASSELLA, 1993). Inoltre l'Autore sembra non valutare affatto l'impatto provocato dalla coetaneizzazione, che avrebbe distrutto un certo grado di complessità strutturale consolidatosi nel lungo arco di tempo in cui era stato applicato il trattamento a dirado.

Nel 1970 PATRONE ebbe la grande opportunità di potersi adeguare alle esperienze maturate proseguendo il lavoro da lui stesso intrapreso. Riscontrando invece che non era stato raggiunto l'obiettivo della normalità colturale e, ricercando ad ogni costo la massima efficienza economica, spinto dalle circostanze, propose di rivoluzionare l'intero assetto forestale attraverso la trasformazione di gran parte delle fustaie in soprassuoli artificiali ad alto reddito, non tralasciando l'eventualità di includere in un secondo tempo persino i castagneti nell'opera di cambiamento. Analogamente al suo predecessore PATRONE propose di plasmare la foresta ai fini della percezione del massimo profitto, e di vincolarla, dunque, attraverso schemi troppo rigidi che tendevano a semplificare la complessità della biocenosi forestale. Tale approccio, che non appare adeguato alla luce delle moderne conoscenze scientifiche e delle attuali richieste di sistemi naturali complessi, è tuttavia giustificato dal contesto storico in cui venne formulato.

Tutte le informazioni sopra riportate mettono in evidenza il voler favorire la coltivazione delle specie arboree che sembravano più remunerative nel contesto in cui venivano proposte mettendo in secondo piano l'importantissimo aspetto della funzionalità biologica che, invece, dovrebbe essere uno dei principali, se non il primo obiettivo della selvicoltura e dell'assestamento.

7.2. Il bosco misto di cerro e farnetto di Macchia Grande di Manziana

7.2.1. Inquadramento geografico-amministrativo

I querceti di Macchia Grande rientrano nel Comune di Manziana, in provincia di Roma e sono di proprietà dell'Università Agraria del medesimo comune. Si estendono a ovest del lago di Bracciano, 50 km a nord di Roma. Confinano a nord con il torrente Mignone e il Monte Calvario, a est con le prime alture dei Monti Sabatini, a ovest con le alture del Sasso e della Tolfa, a sud con la pianura compresa tra la via Aurelia e la via Braccianese - Claudia; dunque il bosco è ben collegato con i comuni circostanti. La superficie forestale complessivamente consiste in 545,10 ettari. Il bosco di Macchia Grande è posto su un territorio con morfologia lievemente ondulata, con altitudine compresa tra i 336 e i 357 m s.l.m.

7.2.2. Inquadramento geologico e pedologico

Il territorio in esame si estende su un ampio pianoro irregolare prodotto dall'accumulo di materiale generato dall'attività esplosiva dell'apparato vulcanico sabatino in età pleistocenica. Tale attività ha determinato la formazione di rocce effusive del tipo ignimbriti a composizione tefritico-fonolitica o trachitiche. Esse contengono inclusi di varia natura, quali cristalli di biotite, pirosseno, pomici, frammenti di lave, calcari, selce e resti vegetali. Su queste formazioni sono derivati suoli del tipo terre brune, fertili, di buone capacità strutturali per la prevalente componente sabbiosa e poco soggette a erosione per la limitata pendenza. In alcune zone, fortunatamente limitate, è presente uno strato roccioso litoide che non permette all'apparato radicale delle piante di approfondirsi a sufficienza, con conseguente squilibrio tra parte epigea e ipogea. In coincidenza di giornate fortemente ventose, si può verificare la caduta di piante e la formazione nel soprassuolo di chiarie di forma e ampiezza variabile. L'intreccio dell'apparato radicale, cui è connesso il pane di terra, delle piante sradicate da luogo alla caratteristica formazione di cumuli (AGRIMI *et al.*, 1991). Data l'evoluzione dei suoli, le condizioni edafiche risultano favorevoli a un vigoroso sviluppo del bosco.

7.2.3. Inquadramento climatico e fitoclimatico

Il clima del territorio considerato è di tipo temperato-caldo o mediterraneo. I dati utilizzati per definire il clima sono stati rilevati presso la stazione termopluviometrica di Vigna di Valle, distante in linea d'aria circa 5-6 km. La temperatura media annua è di 14,3 °C e la precipitazione media annua è pari a 982 mm. Secondo il diagramma di WALTHER - LIETH esiste un periodo arido tra luglio e agosto di circa un mese (Figura 7.2). L'area rientra nella fascia del *Castanetum*, sottozona calda (2° tipo con siccità estiva) di PAVARI (1916).

7.2.4. Lineamenti vegetazionali

La vegetazione di Macchia Grande di Manziana è rigogliosa e quanto mai varia per qualità e quantità di specie. Il cerro è la specie che domina incontrastata. Ad esso si associa il farnetto. Gli strati arborei inferiori sono formati da: carpino bianco, acero, agrifoglio e, in minor misura, orniello, ciavardello, sorbo degli uccellatori (*Sorbus aucuparia* L.) e olmo. Si riscontrano, inoltre, altre specie che, pur non raggiungendo notevoli dimensioni, assumono un importante ruolo ecologico all'interno del complesso ecosistema: il corniolo, la berretta del prete (*Evonimus*

eropaesus L.), la ginestra dei carbonai (*Cytisus scoparius* Link), il melo selvatico (*Malus silvestris* Mill.), il nocciolo, il nespolo selvatico e i biancospini, la Rosa canina (*Rosa canina* L.), la *Rosa arvensis* Hudson, la *Daphne laureola* L. e alcune euforbiaceae. Il rovo (*Ruscus ulmifolius* Schott.) e il pungitopo (*Ruscus aculeatus* L.) a tratti costituiscono una fitta copertura che ostacola l'affermazione della rinnovazione delle querce (MONTELUCCI, 1976; AGRIMI *et al.*, 1991).

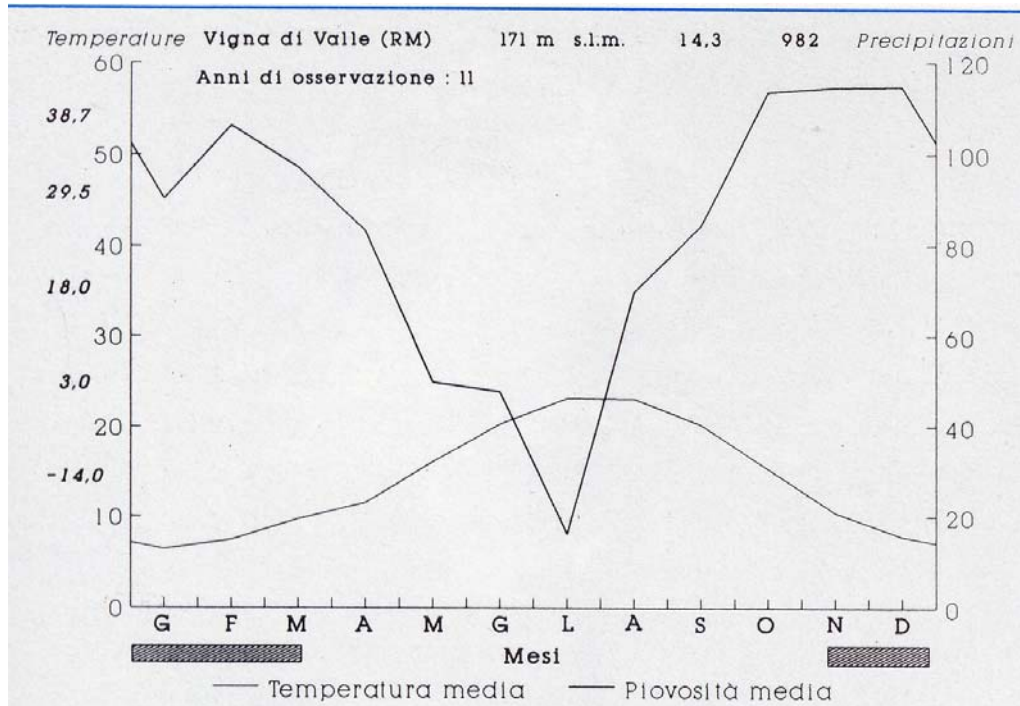


Figura 7.2 - Diagramma termo – pluviometrico di WALTER – LIETH (da AGRIMI *et al.*, 1991).

7.2.5. Aspetti storici e gestionali

Il bosco di Macchia Grande rappresenta il residuo di una foresta planiziaria di cerro, farnetto e altre latifoglie. E' stato testimone nei trascorsi secoli di avvenimenti e vicissitudini. Le prime informazioni storiche risalgono al IX secolo a. C., periodo in cui l'area in questione era la dimora dei popoli etruschi. Gli stessi giudicarono la scelta del posto come fortunata per la presenza di un ricco bacino minerario dal quale estrarre numerosi minerali e ottenere, così, dalla loro fusione, spesso effettuata in loco, metalli quali il ferro, il rame, l'argento ed altri. Tale attività provocò la distruzione dei boschi: la *Sylvae Mantianae* si ridusse sia dal punto di vista quantitativo, per drastica diminuzione degli ettari boscati, sia qualitativo, per trasformazione del bosco in boscaglia.

In questo periodo la Macchia Grande diventò anche luogo di sepoltura nei pressi della località Solfataricchie. Più tardi, durante l'impero romano, la città di Cere attinse alle risorse forestali della *Sylvae Mantianae* per allestire la flotta per la spedizione contro Cartagine. La formazione della comunità di Manziana ebbe origine in età moderna. I primi coloni furono boscaioli di origine toscana, all'epoca denominati capannari; il loro insediamento fu favorito dai Commendatori dell'Ospedale di S. Spirito in Sassia al fine di disboscare e bonificare le terre limitrofe al castello di S. Pupa, appartenente al S. Spirito dal XIII secolo.

Intorno al 1560 emerse il problema di definire l'ordinamento fondiario del territorio e sancire gli usi civici, gli obblighi e i diritti dell'ospedale e della comunità. I terreni posti al centro del territorio di Manziana, dividevano il centro abitato dal settore dei Quarti lavorativi. In queste macchie i coloni non godevano dell'uso civico di pascolo; inoltre non potevano tagliare alberi ma solo raccogliere la legna caduta per uso domestico e non per fini commerciali; per altri usi (costruzione di abitazioni, attrezzi, pali per vigneti) l'ospedale consentiva il taglio delle piante solo in luoghi particolari indicati dai propri agenti. I proventi del taglio degli alberi nelle suddette macchie, soggette a dirado novennale, era una prerogativa baronale.

Il legname ricavato venne in parte venduto, in parte trasformato in carbone ad uso di una ferriera che rimase in funzione fino alla fine del XVII secolo. Nel 1596, nacque ufficialmente l'Università dei Capannari, con il compito di tagliare legname da costruzione e gestire una certa dotazione di fabbricati. Ebbe così inizio la costruzione dell'antico abitato di Manziana, il cui nome è citato per la prima volta nel 1630: per molti anni infatti il borgo fu chiamato S. Pupa, dall'antico nome del castello (PROLA, 1986). Nel corso dei secoli il pio istituto, proprietario, e l'Università dei Capannari, enfiteuta, rivendicarono la gestione del bosco.

Si giunse così al 1790 anno in cui fu emanata una concessione di terre per pascolo e legnatico alla comunità di Manziana, la cui storia risulterà per oltre 100 anni intrecciata con quella del Pio Istituto di Santo Spirito e che di volta in volta le contenderà il potere sul bosco. Nel 1900 la difficile controversia venne risolta mediante l'applicazione di un canone d'affitto di 9.000 lire annue. Ben presto la popolazione di Manziana si costituì in Università Agraria, l'attuale Ente proprietario del bosco. La dotazione dell'Ente fu presto aumentata tramite affitti e enfiteusi. Dopo il primo conflitto mondiale, con le rivendicazioni dei reduci, si pensò a una ripartizione delle terre, consistente nell'assegnazione di una piccola quota nei pressi dell'abitato (2000 m²) e di un grande quota nei Quarti lavorativi (10000 m²).

Successivamente furono confermate le assegnazioni delle piccole quote mentre furono revocate le altre. Analogamente, nel secondo dopoguerra si procedette alla seconda assegnazione, sorteggiando tra i capifamiglia diversi lotti da destinare a migliore coltura. Da allora, l'Ente gestisce i fondi dello Stato per sostenere le produzioni zootecniche e la restante dotazione di pascoli e boschi; questi ultimi costituiscono la principale entrata dell'Ente.

Nel 1967, per soddisfare l'esigenza di ottimizzare la gestione, fu redatto il primo Piano di assestamento. Il piano prescriveva il trattamento a tagli successivi uniformi in quanto, secondo l'Autore, i tagli a scelta, eseguiti di consueto, non hanno alterato sensibilmente la coetaneità del soprassuolo. Lo stesso piano giustificava, inoltre, l'applicazione di tale trattamento come mezzo per conseguire una pronta ed efficace rinnovazione naturale. Questa proposta di trattamento è di fatto rimasta tale, in quanto non è mai stata applicata e il bosco è stato trattato fino al 1973-74, anno dell'ultima utilizzazione, con il consueto taglio a scelta. Dopo l'entrata in vigore della Legge Regionale n. 43 del settembre del 1974 è stata interrotta ogni forma di trattamento.

Il nuovo piano è stato redatto da SAMPERI nel 1985. In esso si ribadisce la scelta del metodo dei tagli successivi, ma anziché uniformi, realizzati a gruppi per meglio rispondere ai fini di restauro ambientale. *“La scelta di questo metodo è dettata, oltre che dall'analisi della situazione delle varie particelle, dalla scarsa garanzia che offrono i tagli successivi uniformi ai fini della rinnovazione e dall'inevitabile impatto che essi comportano dal punto di vista estetico. Di contro, invece, quelli a gruppi, conferiscono una struttura mossa molto vicina all'idea di bosco disetaneo a cui questo metodo tende ad arrivare seppure lentamente”* (SAMPERI, 1985).

Pur essendo stato redatto il piano, ancora oggi, il bosco di Macchia Grande non ha subito nessun tipo di intervento culturale scatenando all'interno di esso dinamiche interessanti il cui risultato, oggi, è una profonda alterazione dello stato e della struttura. Le notizie storiche sopra riportate sono tratte da studi condotti da vari Autori in precedenza (POZZOLI, 1989; AGRIMI *et al.*, 1991).

8. Risultati

8.1. La cerreta di Vetralla

In Figura 8.1 sono riportate le 4 parcelle sperimentali esaminate all'interno della cerreta di Vetralla e indicate con numerazione 1, 2, 3 e 4.

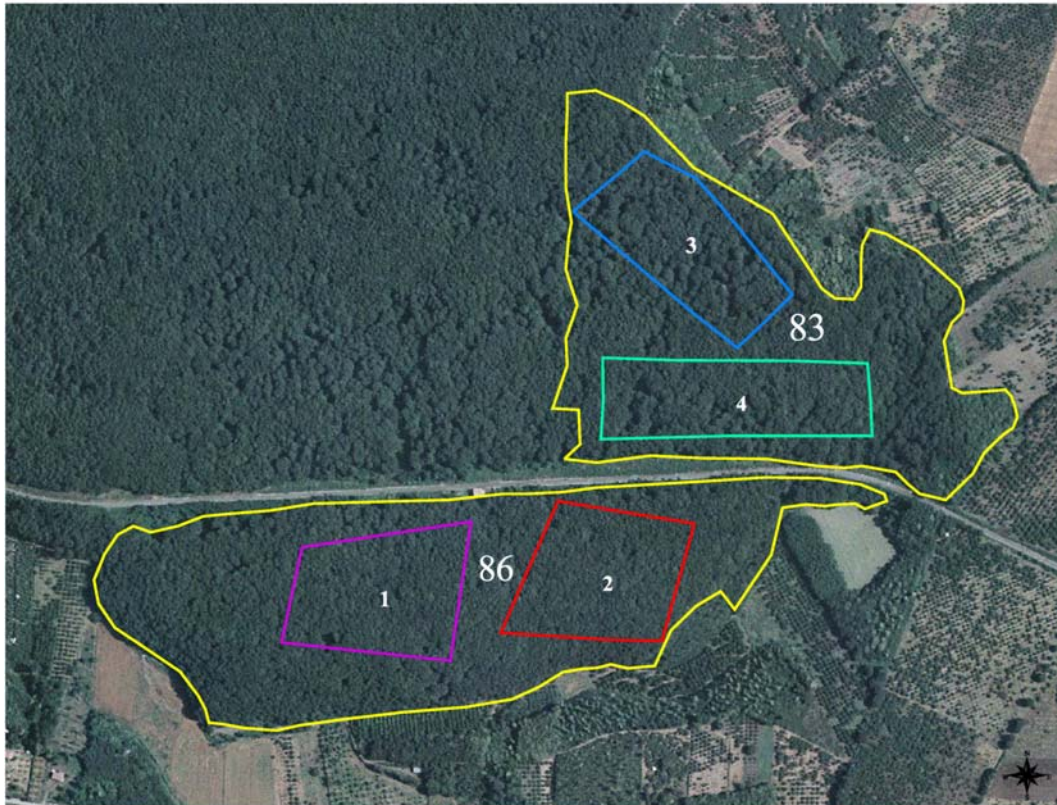


Figura 8.2 - Ubicazione delle particelle forestali 83 e 86 appartenenti alla cerreta di Vetralla e delle 4 parcelle sperimentali individuate ed esaminate.

8.1.1. Struttura somatica e cronologica complessiva

8.1.1.1. Aspetti dendrometrici del popolamento principale

La specie arborea maggiormente rappresentata nel soprassuolo principale è il cerro (98%). La presenza di altre latifoglie nelle quattro parcelle sperimentali è pari al massimo al 2% del numero degli alberi. Si tratta di individui sparsi di acero campestre (*Acer campestre* L.), acero opalo (*Acer obtusatum* Willd.), castagno (*Castanea sativa* Mill.), carpino nero (*Ostrya carpinifolia* Scop.), ciavardello (*Sorbus torminalis* L.), ciliegio (*Prunus avium* L.), faggio (*Fagus sylvatica* L.), ornio (*Fraxinus ornus* L.) e robinia (*Robinia pseudoacacia* L.) con diametro compreso in gran parte nelle classi di 10 e 15 cm. Solo all'interno della parcella 3 sono state cavallettate due robinie, due castagni e un carpino nero con diametro compreso nelle classi tra 20 e 30 cm. I parametri dendrometrici elaborati a seguito

del cavallettamento degli alberi con diametro a 1,30 m superiore a 7,5 cm, sono illustrati in Tabella 8.1. Le cerrete all'interno delle quattro parcelle sperimentali presentano caratteri dendrometrici abbastanza simili tra loro.

	s	N	G	D _g	H _m	H ₁₀₀	S	V
Parcelle	ha	NP ha ⁻¹	m ² ha ⁻¹	cm	m	m	m	m ³ ha ⁻¹
1	3.15.60	216	33,34	44,3	28,68	29,91	32,32	529,7
2	3.03.60	189	31,47	46,1	29,03	29,92	32,26	501,7
3	3.10.30	214	26,99	40,1	27,94	29,37	32,65	431,7
4	3.23.10	230	31,51	41,8	28,53	29,57	30,94	490,9

Tabella 8.1 - Principali parametri dendrometrici del soprassuolo principale relativi alle quattro parcelle sperimentali ricadenti nella cerreta di Vetralla. s = superficie; D_g = diametro medio; H_m = altezza media; H₁₀₀ = altezza dominante; S = statura; N = numero di alberi per ettaro.

Confrontando i parametri dendrometrici calcolati con i valori riportati nella tavola alsometrica per i Monti Cimini (PAGANUCCI, 1975) in corrispondenza dell'età media di ciascuna parcella (vd. § 8.1.1.5), si può affermare che il soprassuolo è formato da un numero di alberi non molto alto.

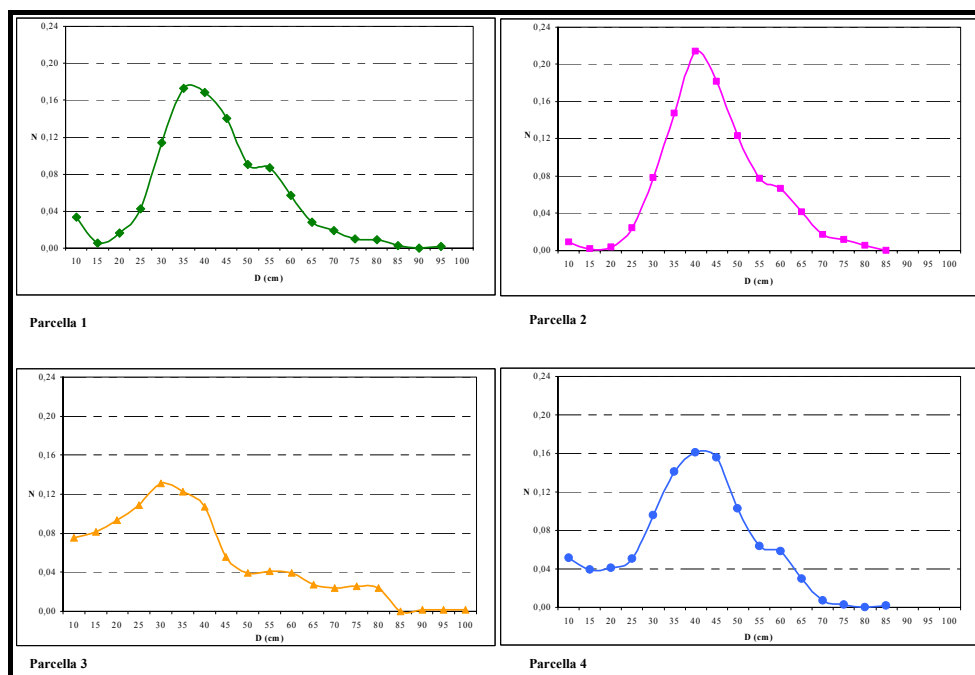


Figura 8.3 - Distribuzione per classi di diametro delle frequenze relative (N) del numero di alberi all'interno delle quattro parcelle sperimentali ricadenti nella cerreta di Vetralla.

Le dimensioni degli alberi, sia in termini di diametro che di altezza, superano i rispettivi valori riportati sulla tavola e di conseguenza anche il volume a ettaro, il cui valore tabulare risulta di 398 m³ ha⁻¹, è più elevato. I dati confermano la buona fertilità della stazione e l'elevato livello di volume legnoso accumulato. Nella parcella 3 gli alberi presentano dimensioni medie inferiori rispetto alle altre

parcelle. Ciò si riflette su una minore area basimetrica e sulla curva di distribuzione delle frequenze diametriche. E' stato individuato un range diametrico compreso tra i valori di classe 10 cm e 95 cm all'interno della parcella 1, tra 10 cm e 80 cm all'interno della parcella 2, tra 10 cm e 100 cm all'interno della parcella 3 e tra 10 cm e 85 cm all'interno della parcella 4. In tutti i casi considerati, è estremamente ridotta la presenza di alberi con diametro superiore alla classe di 75 cm. Nelle parcelle 1, 2 e 4 la distribuzione del numero di alberi per classi di diametro evidenzia una distribuzione di tipo unimodale con forma a campana ma che si presenta asimmetrica verso destra, con la moda in corrispondenza della classe diametrica di 35 cm (parcelle 1 e 4) e di 40 cm (parcella 2). Nella terza parcella, caratterizzata da un intervallo diametrico più ampio, la distribuzione risulta tendenzialmente bimodale con un valore massimo di frequenza nella classe diametrica di 30 cm e un picco secondario in corrispondenza della classe di diametro di 55 cm (Figura 8.2). L'andamento della curva di distribuzione dell'area basimetrica a ettaro per classi di diametro, presenta un valore modale relativamente alle parcelle 1, 2 e 4, in corrispondenza della classe di diametro di 45 cm. La parcella 3 presenta una distribuzione bimodale con due picchi in corrispondenza delle classi di diametro di 40 cm e di 80 cm (Figure 8.3).

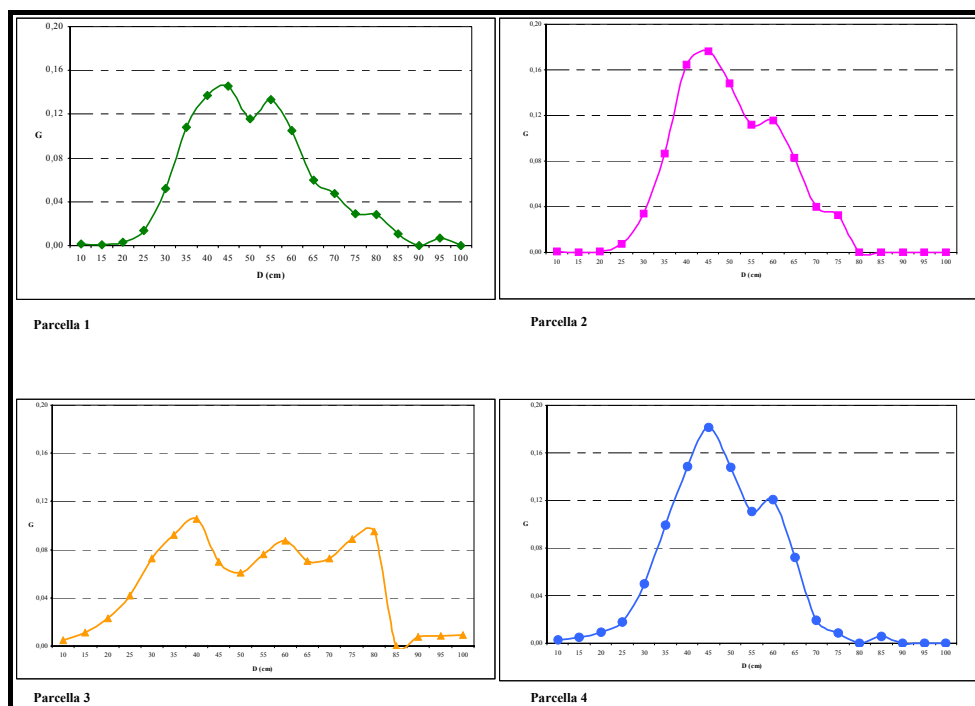


Figura 8.3 - Distribuzione per classi di diametro delle frequenze relative (G) dell'area basimetrica degli alberi all'interno delle quattro parcelle sperimentali ricadenti nella cerreta di Vetralla.

Sulla base di 126 alberi modello delle altezze, in media 31 alberi per ciascuna parcella, sono state calcolate le equazioni delle curve ipsometriche (Tabella 8.2).

Parcella	H	r ²
1	7,1223Ln (d) + 1,4162	0,448
2	5,5069Ln (d) + 9,264	0,146
3	11,759Ln (d) - 15,956	0,786
4	9,9889Ln (d) - 8,8802	0,592

Tabella 8.2 - Equazioni delle curve ipsometriche e relativi valori r² calcolati per ciascuna parcella sperimentale all'interno della cerreta di Vetralla. H = altezza espressa in m, d = diametro a petto d'uomo e espresso in cm.

E' stato individuato un range di altezze compreso tra 19,4 m e 33,7 m all'interno delle parcelle 1 e 2 e la distribuzione delle frequenze relative del numero di alberi per classi di altezza indica come gli alberi campione occupano per lo più le classi di 25 m e 30 m, rappresentante quest'ultima il punto modale della distribuzione (Figura 8.4). Nel complesso il soprassuolo principale all'interno delle parcelle 1 e 2 è caratterizzato da una struttura prevalentemente monostratificata.

All'interno delle parcelle 3 e 4 è stato individuato un range di altezze compreso tra 7,5 m e 37,2 m. La distribuzione delle frequenze relative del numero di alberi per classi di altezza indica una maggiore stratificazione degli alberi che occupano anche le classi di 10 m e 15 m (Figura 8.5). La relazione tra i diametri e le altezze relative agli alberi modello all'interno delle quattro parcelle ha determinato due curve ipsometriche più appiattite, relative alle parcelle 1 e 2, con valori di r² inferiori rispetto alle altre due parcelle a causa della concentrazione dei valori all'interno di un range di altezze più limitato. All'opposto, le curve relative alle parcelle 3 e 4 tendono a crescere più rapidamente nella fase iniziale e corrispondente ai valori di diametro compresi tra 8 cm e 40 cm. Oltrepastato tale valore, l'andamento rimane crescente ma in modo meno ripido. Nel complesso le parcelle 3 e 4 presentano un soprassuolo principale a struttura prevalentemente bistratificata (Figura 8.6).

L'analisi dell'area di insidenza evidenzia una relazione di tipo esponenziale tra di essa (AI) e il diametro (d) per tutte le parcelle e di cui si riportano le equazioni e i valori dei rispettivi r² nella Tabella 8.3. L'equazione relativa alla parcella 2 è caratterizzata dal più basso valore di r² che mette in evidenza una minore correlazione tra le variabili facendo supporre una curva che si differenzia rispetto alle altre. Infatti, nella Figura 8.7 le curve relative alle parcelle 1, 3 e 4 sono caratterizzate dalla maggiore inclinazione soprattutto in corrispondenza dei diametri maggiori, segno di una notevole espansione delle chiome degli alberi più

grossi. Le parcelle 3 e 4 presentano gli alberi con chioma maggiormente espansa. La parcella 2 è caratterizzata dagli alberi con la chioma meno sviluppata.

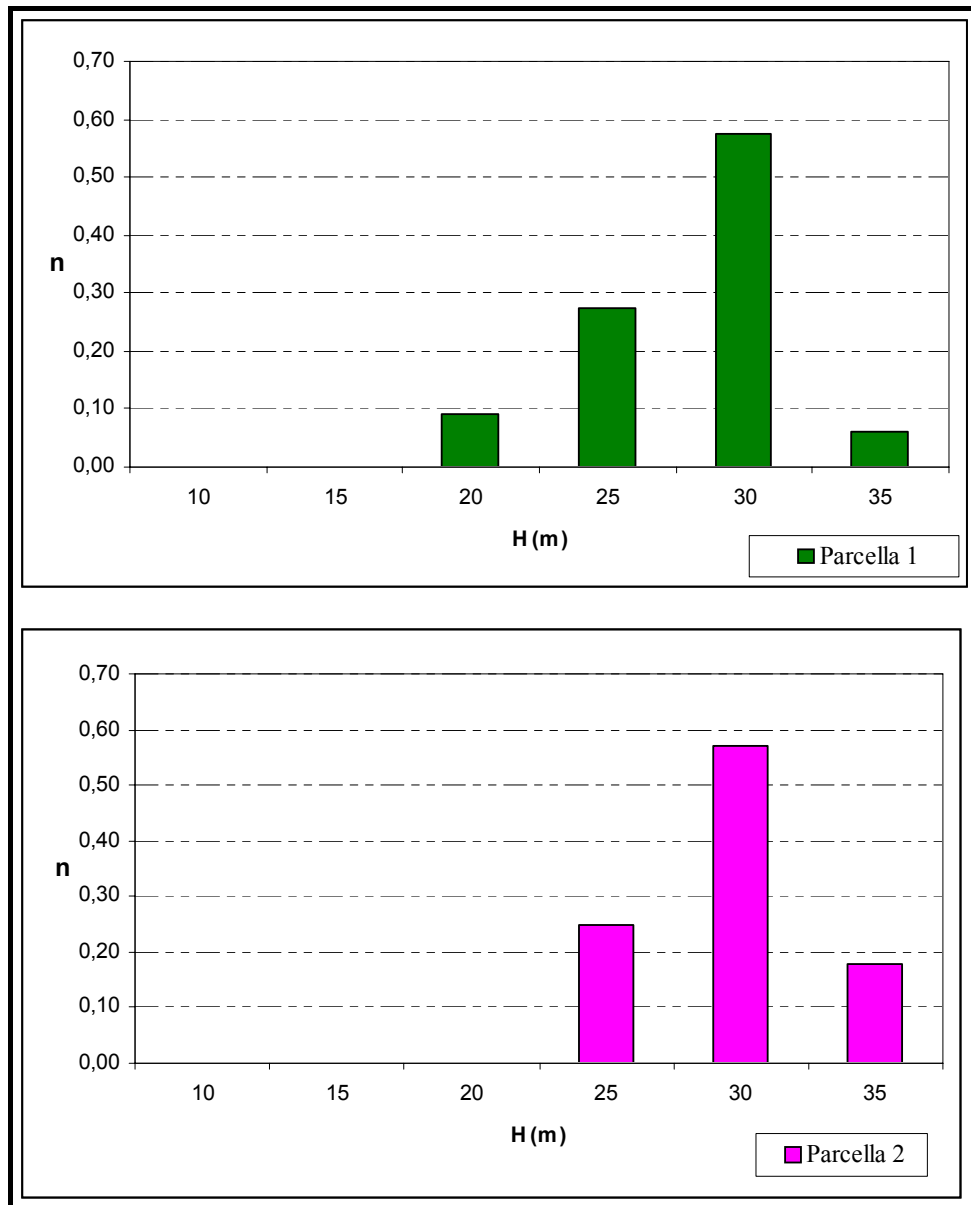


Figura 8.4 - Distribuzione per classi di altezza delle frequenze relative (n) degli alberi all'interno delle parcelle 1 e 2 della cerreta di Vetralla.

La Figura 8.8 mostra invece la relazione inversa tra il rapporto del diametro della chioma con il diametro a petto d'uomo (Dch/d) e il diametro a petto d'uomo (d). Sono stati determinati i coefficienti a e b con il metodo dei minimi quadrati ordinari e successivamente sono stati stimati gli intervalli fiduciarî per un livello di sicurezza statistica pari al 95% (vd. CORONA, 2000). Gli intervalli stimati per le parcelle 1 e 2 si sovrappongono così come gli intervalli stimati all'interno delle parcelle 3 e 4.

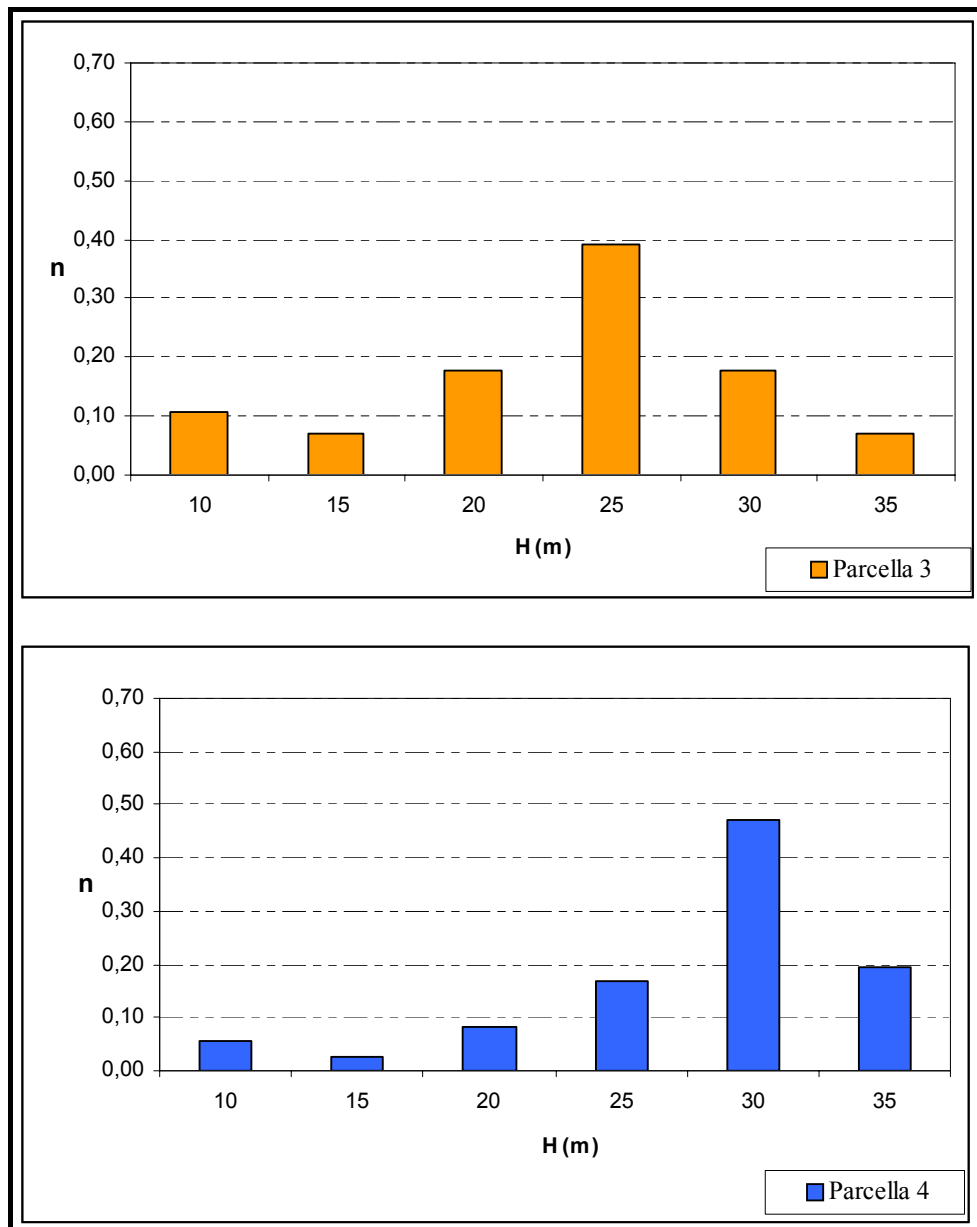


Figura 8.5 - Distribuzione per classi di altezza delle frequenze relative (n) degli alberi all'interno delle parcelle 3 e 4 della cerreta di Vetralla.

L'analisi sugli alberi modello delle altezze e delle chiome ha fornito indicazioni sull'architettura degli alberi in base all'analisi della disposizione, del numero e della dimensione dei rami costituenti le chiome. I dati statistici ottenuti sono riportati in Tabella 8.4. I dati evidenziano la maggior predisposizione degli alberi verso chiome non molto ampie. Le chiome degli alberi infatti sono per lo più costituite da rami decorrenti, rivolti cioè parallelamente all'asse del fusto, determinanti aree di insidenza minori rispetto alle chiome costituite dai rami excorrenti, rami il cui asse tende a decorrere perpendicolarmente al fusto.

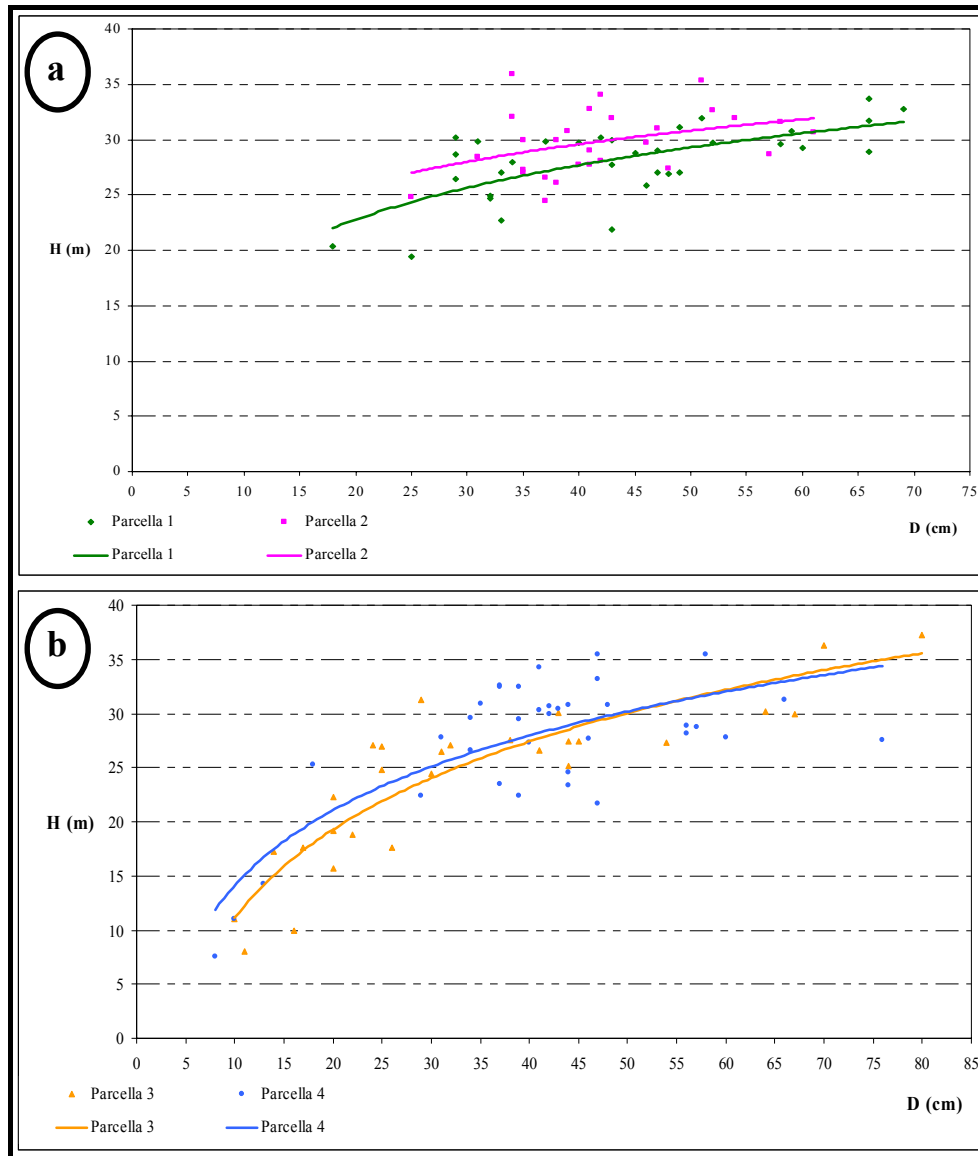


Figura 8.6 - Dati ipsodiametrici relativi alle quattro parcelle sperimentali all'interno delle particelle forestali 83 (b) e 86 (a) della cerreta di Vetralla e relative curve di tendenza.

Parcella	AI	r^2
1	$2,9362e^{0,05d}$	0,778
2	$11,794e^{0,0291d}$	0,248
3	$10,413e^{0,0406d}$	0,738
4	$5,8269e^{0,0446d}$	0,663

Tabella 8.3 - Equazioni relative alla relazione tra area di insidenza (AI) e diametro a petto d'uomo (d) espresso in cm e relativi valori r^2 calcolati per ciascuna parcella sperimentale all'interno della cerreta di Vetralla.

L'area basimetrica massima (vd. Cap.6) assume il valore più alto e maggiore rispetto al dato misurato in corrispondenza della parcella 1. Nelle altre parcelle il valore massimale calcolato risulta sempre inferiore al dato misurato e il valore più basso si registra in corrispondenza della parcella 3 (Tabella 8.5).

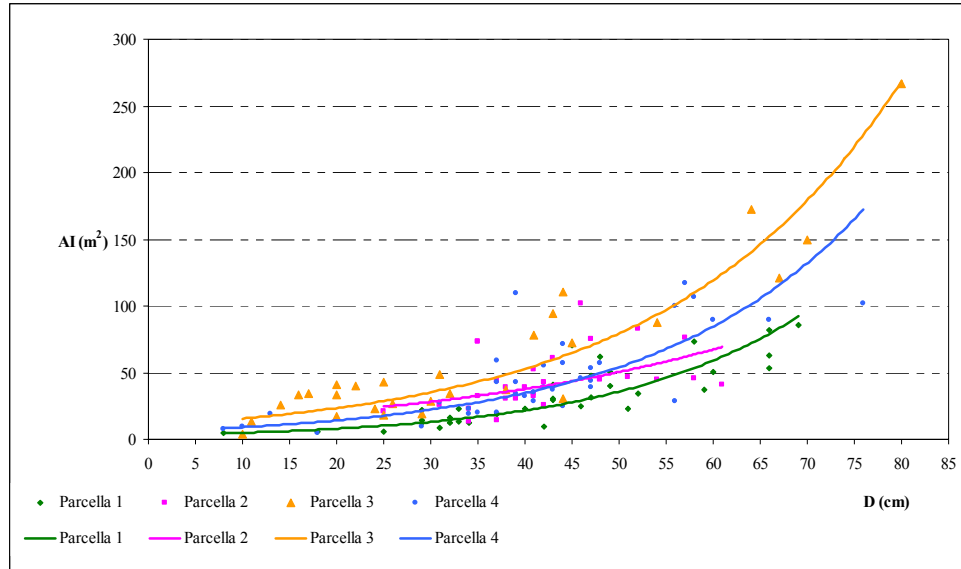


Figura 8.7 - Relazione tra diametro e area di insidenza relative alle quattro parcelle sperimentali della cerreta di Vetralla.

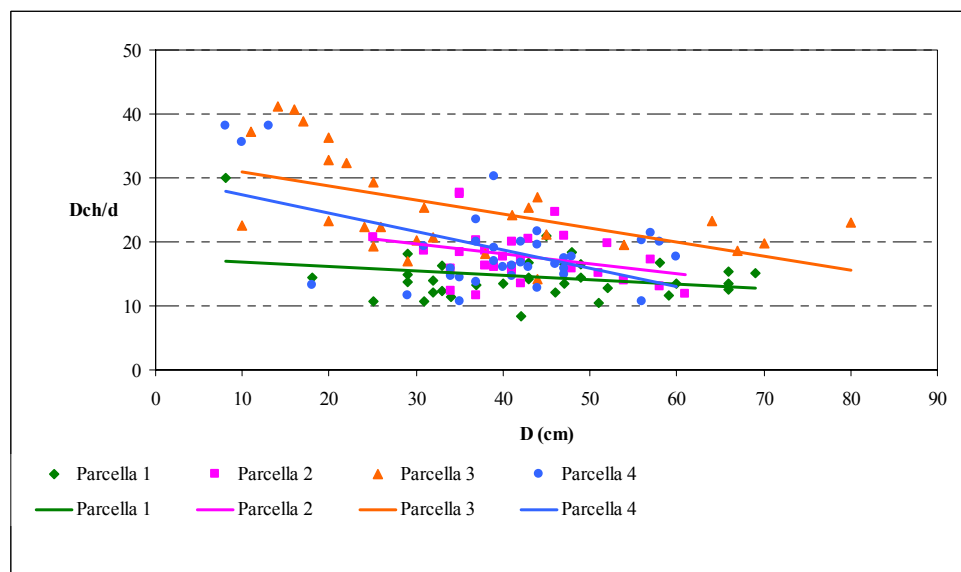


Figura 8.8 - Relazione lineare tra il rapporto del diametro della chioma con il diametro a petto d'uomo (Dch/d) e il diametro a petto d'uomo (D). Valori del coefficiente a: 0,068 (parcella 1), 0,158 (parcella 2), 0,220 (parcella 3), 0,293 (parcella 4). Valori del coefficiente b: 17,411 (parcella 1), 24,433 (parcella 2), 33,114 (parcella 3), 30,716 (parcella 4).

Dalla relazione tra l'area di insidenza e il diametro si è potuto procedere ad assegnare a ciascun albero un valore di area di insidenza e, considerata la chioma circolare, costruire per ciascuna parcella un transect di struttura del popolamento principale di superficie 2500 m² (100 m x 25 m).

Numero di rami	Parcella 1		Parcella 2		Parcella 3		Parcella 4	
	D	E	D	E	D	E	D	E
0	14,7	35,3	10,7	42,9	28,6	17,9	25	22,2
1-5	67,6	35,3	50	28,6	42,9	32,1	36,1	38,9
6-10	8,8	29,4	32,1	28,6	28,6	35,7	27,8	27,8
>10	8,8	0	7,1	0	0	14,3	11,1	11,1

Tabella 8.4a - Valori percentuali degli alberi caratterizzati dalla presenza di rami decorrenti (D) e rami excorrenti (E) all'interno delle parcelle 1, 2, 3, 4 della cerreta di Vetralla. I rami sono stati raggruppati per categorie di numerosità (Numero di rami).

Dimensione rami	Parcella 1		Parcella 2		Parcella 3		Parcella 4	
	D	E	D	E	D	E	D	E
<10 cm	48,3	72,7	54,2	87,5	65,0	68,2	50,0	75,0
10-20 cm	41,4	27,3	45,8	12,5	30,0	27,3	38,5	25,0
>20 cm	10,3	0,0	0,0	0,0	5,0	4,5	11,5	0,0

Tabella 8.4b - Valori percentuali degli alberi caratterizzati dalla presenza di rami decorrenti (D) e rami excorrenti (E) all'interno delle parcelle 1, 2, 3, 4 della cerreta di Vetralla. I rami sono stati raggruppati per categorie dimensionali (Dimensione dei rami).

I transect sono rappresentati nelle Figure 8.9, 8.10, 8.11 e 8.12. I transect evidenziano, in riferimento al soprassuolo principale a dominanza di cerro, un profilo monostratificato all'interno delle parcelle 1 e 2, e un profilo bistratificato per le parcelle 3 e 4. La proiezione delle chiome sul piano orizzontale mostra la maggiore copertura all'interno delle parcelle 3 e 4, dovuta alla maggiore area di incidenza totale. Il rapporto percentuale tra l'area di isidenza totale e la superficie del transect assume per queste parcelle un valore rispettivamente superiore e quasi uguale al 100%. Ciò conferma la presenza di una bistratificazione delle chiome. I valori dell'area di incidenza totale sono stati calcolati considerando le porzioni di chioma ricadenti internamente ai transect e appartenenti agli alberi esterni posizionati ai margini, così come sono state escluse le porzioni di chioma esterne ai transect ma relative ad alberi posizionati all'interno di essi. I valori percentuali sono pari a 64%, 84%, 105% e 97% rispettivamente per le parcelle 1, 2, 3 e 4.

Parcella	Equazione (Dc/d)	r^2	Dc/d medio	G max
1	$-3,9357 \cdot \ln(d) + 10,901$	0,198	14,11	39,45
2	$-6,4584 \cdot \ln(d) + 12,045$	0,100	17,05	27,02
3	$-8,5431 \cdot \ln(d) + 15,213$	0,388	23,02	14,81
4	$-9,3354 \cdot \ln(d) + 9,8666$	0,452	18,01	24,20

Tabella 8.5 - Equazioni relative alla relazione tra il rapporto del diametro della chioma (Dc) con il diametro a petto d'uomo (d) e il diametro a petto d'uomo (d) e relativi valori r^2 calcolati per ciascuna parcella sperimentale all'interno della cerreta di Vetralla.

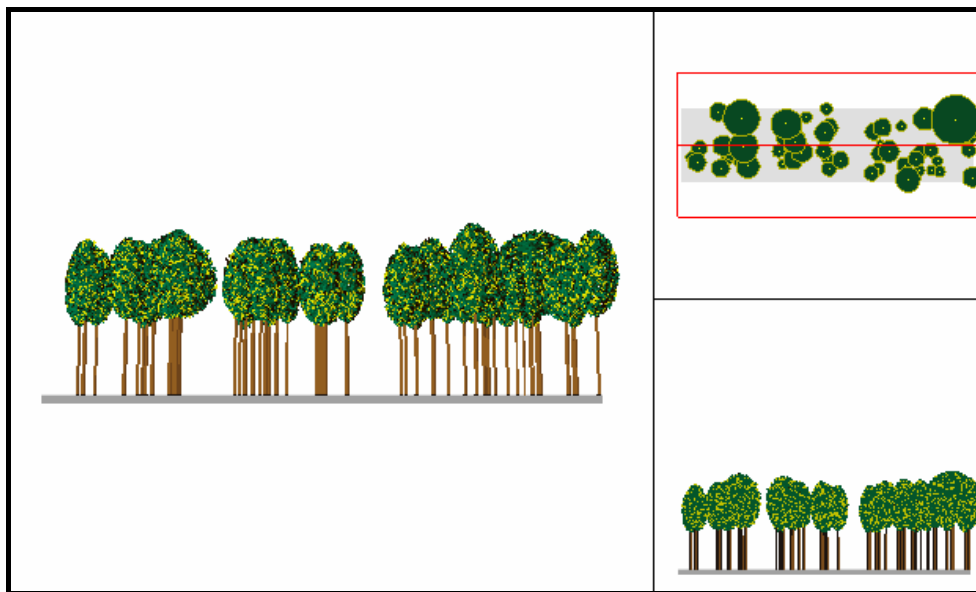


Figura 8.9 - Transect di struttura all'interno della parcella 1 della cerreta di Vetralla.

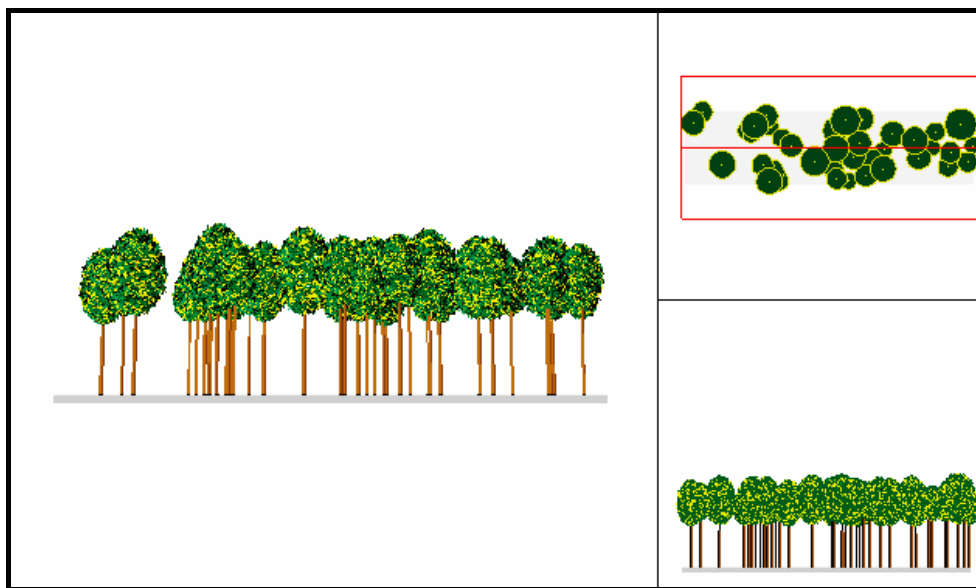


Figura 8.10 - Transect di struttura all'interno della parcella 2 della cerreta di Vetralla.

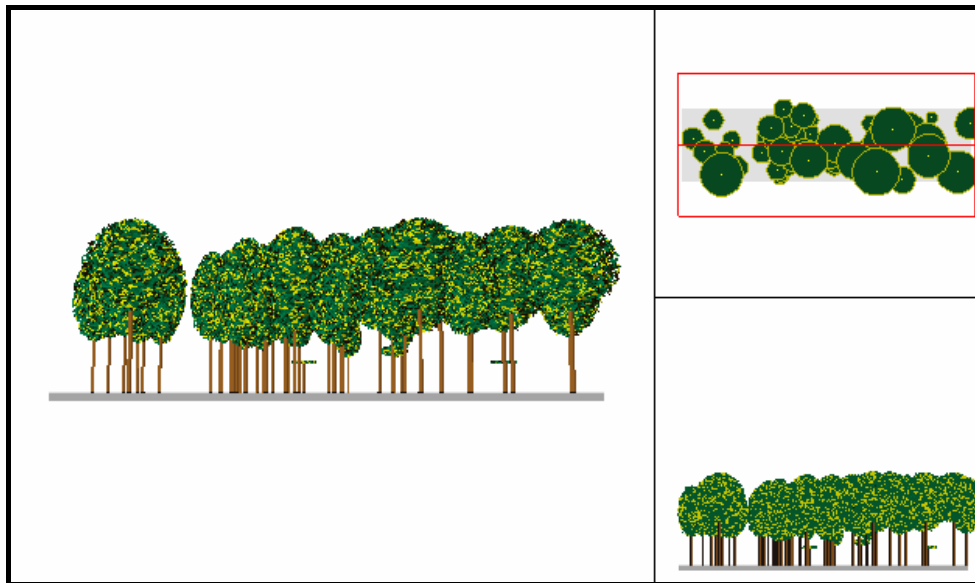


Figura 8.11 - Transect di struttura all'interno della parcella 3 della cerreta di Vetralla.

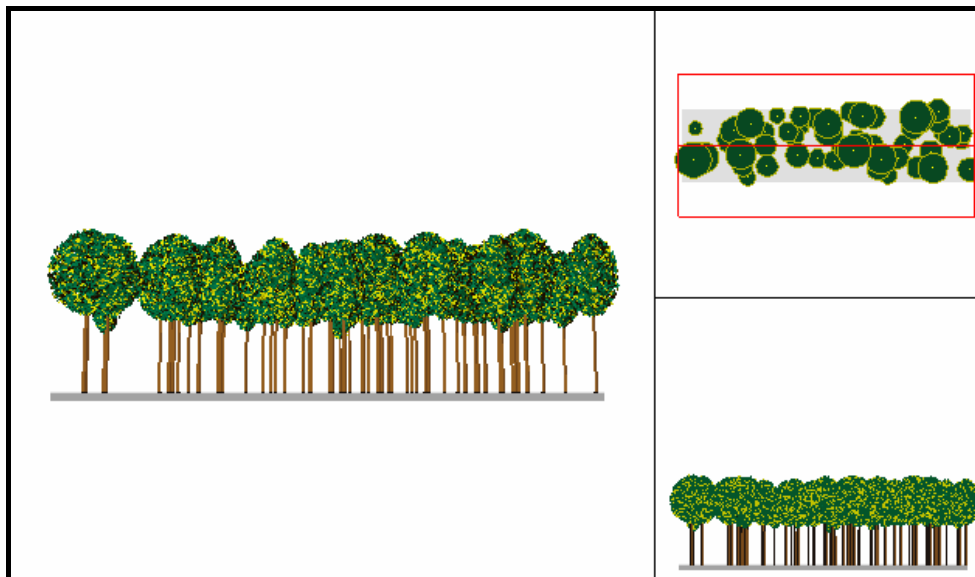


Figura 8.12 - Transect di struttura all'interno della parcella 4 della cerreta di Vetralla.

8.1.1.2. Distribuzione spaziale degli alberi

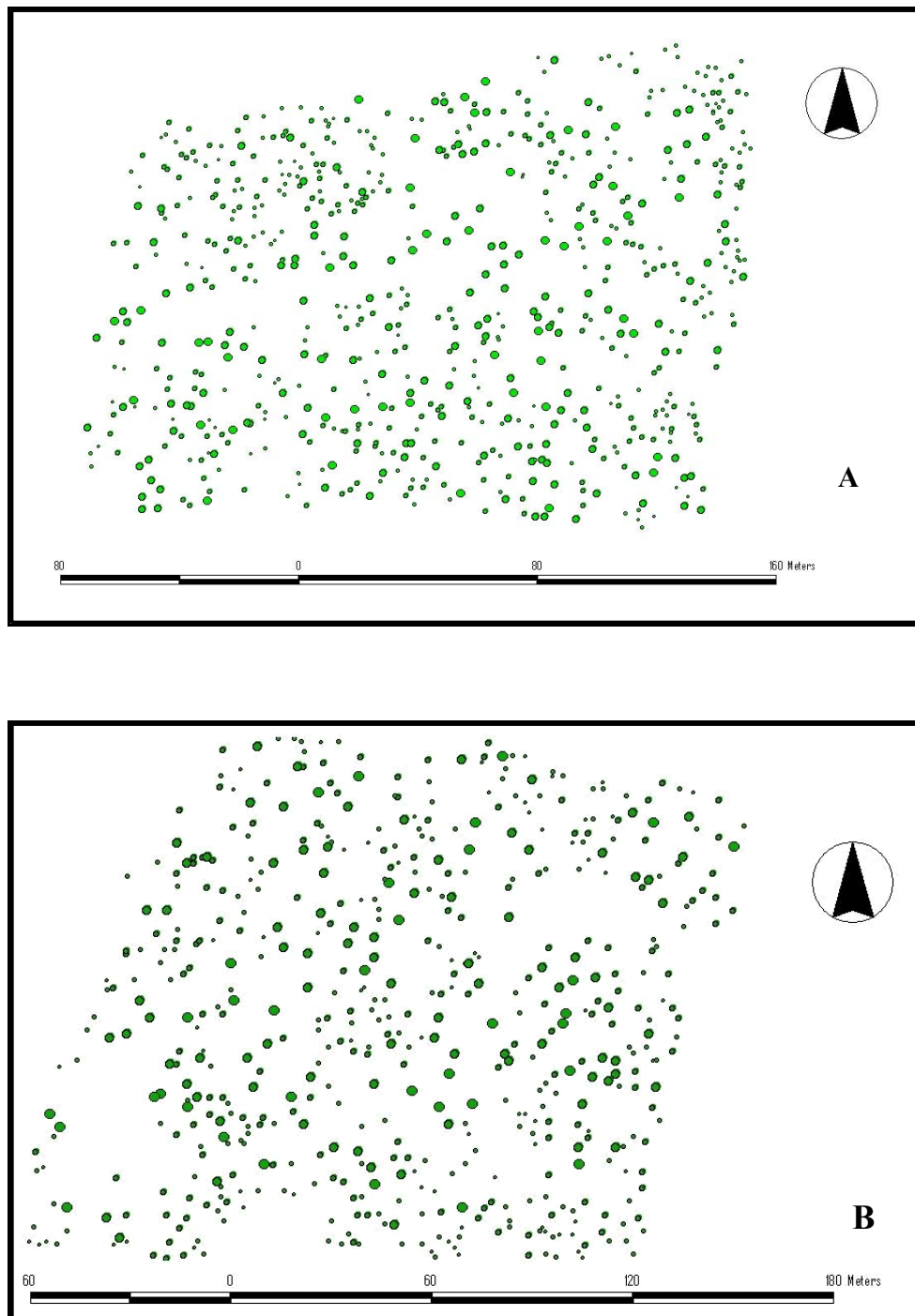


Figura 8.13 – Distribuzione spaziale dei fusti inventariati all'interno delle parcella 1 (A) e 2 (B) della cerreta di Vetralla. La scala di riferimento è diversa tra le parcella così come la dimensione dei cerchi che però è proporzionale alla classe diametrica.

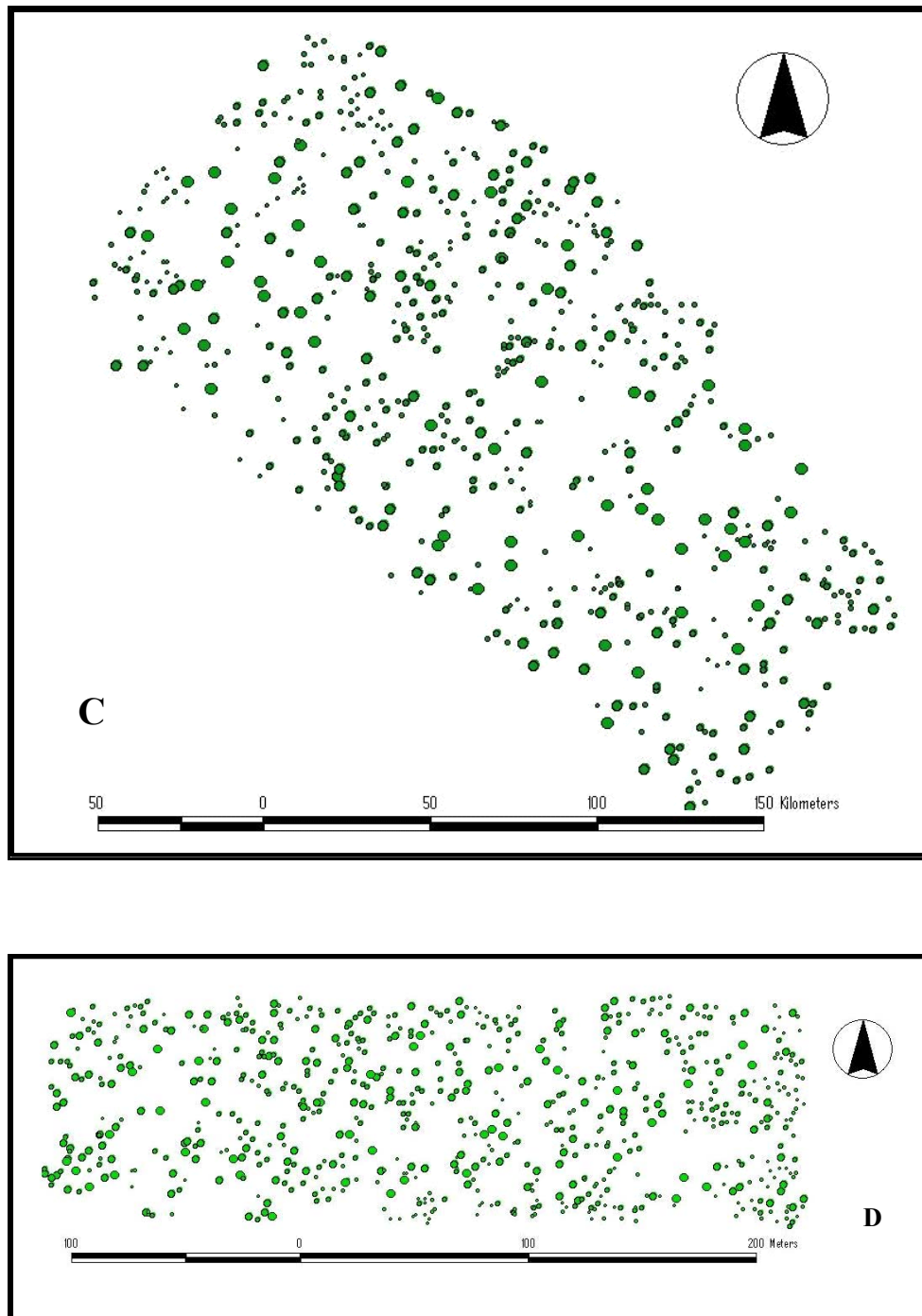


Figura 8.14 – Distribuzione spaziale dei fusti inventariati all'interno delle parcella 3 (C) e 4 (D) della cerreta di Vetralla. La scala di riferimento è diversa tra le parcella così come la dimensione dei cerchi che però è proporzionale alla classe diametrica.

Le Figure 8.13 e 8.14 mostrano come gli alberi si distribuiscono all'interno delle quattro parcella. L'insieme di indici strutturali basati sulle relazioni tra alberi vicini (*neighbourhood based structural indices*) è stato calcolato sia nella modalità *reference tree*, sia nella modalità *reference point* (vd. § 6.3.1), con intensità del campionamento sistematico pari a 10 m, 20 m, 40 m. Nella Tabella 8.6 sono illustrati i risultati calcolati per i quattro indici.

Reference tree		UAI		SM		DBHD		DBHDM		DIST	
Parcella	n	Medio	Dev std	Medio	Dev std	Medio	Dev std	Medio	Dev std	Medio	Dev std
1	668	0,50	0,11	0,00	0,00	0,43	0,42	0,48	0,44	3,73	1,67
2	548	0,48	0,13	0,00	0,00	0,35	0,33	0,46	0,35	4,01	1,70
3	640	0,55	0,14	0,00	0,00	0,40	0,43	0,48	0,46	3,53	2,02
4	698	0,56	0,24	0,06	0,13	0,50	0,46	0,50	0,46	3,42	1,59
Reference point		UAI		SM		DBHD		DBHDM		DIST	
Parcella 1	n	Medio	Dev std	Medio	Dev std	Medio	Dev std	Medio	Dev std	Medio	Dev std
10 x 10m	320	0,51	0,19	0,02	0,12	0,51	0,37	0,37	0,36	3,62	2,18
20 x 20m	81	0,47	0,20	0,02	0,09	0,47	0,37	0,40	0,38	3,31	2,04
40 x 40m	17	0,43	0,17	0,04	0,16	0,51	0,39	0,35	0,40	3,24	1,72
Parcella 2	n	Medio	Dev std	Medio	Dev std	Medio	Dev std	Medio	Dev std	Medio	Dev std
10 x 10m	305	0,53	0,22	0,01	0,06	0,47	0,38	0,41	0,38	4,05	2,90
20 x 20m	75	0,54	0,21	0,09	0,12	0,49	0,37	0,38	0,37	3,94	2,72
40 x 40m	17	0,56	0,21	0,06	0,24	0,53	0,37	0,33	0,37	3,64	2,10
Parcella 3	n	Medio	Dev std	Medio	Dev std	Medio	Dev std	Medio	Dev std	Medio	Dev std
10 x 10m	404	0,61	0,25	0,01	0,10	0,52	0,37	0,39	0,38	7,16	7,71
20 x 20m	102	0,58	0,26	0,01	0,06	0,51	0,37	0,39	0,36	7,35	7,94
40 x 40m	25	0,64	0,24	0,00	0,00	0,50	0,36	0,41	0,36	7,53	8,85
Parcella 4	n	Medio	Dev std	Medio	Dev std	Medio	Dev std	Medio	Dev std	Medio	Dev std
10 x 10m	320	0,53	0,20	0,02	0,13	0,48	0,39	0,43	0,38	3,42	1,92
20 x 20m	79	0,52	0,19	0,01	0,11	0,54	0,39	0,38	0,37	4,02	2,10
40 x 40m	16	0,50	0,16	0,06	0,25	0,73	0,33	0,23	0,32	4,64	2,62

Tabella 8.6 - Valori degli indici strutturali misurati sull'intero soprassuolo indagato, modalità *reference tree* e modalità *reference point*, con numero di osservazioni pari a n.

Nel complesso il sistema di indici strutturali evidenzia una distribuzione degli alberi nello spazio orizzontale di tipo prevalentemente casuale, conferma la quasi nulla diversità dendrologica e la prevalenza di alberi con diametri appartenenti alle classi diametriche centrali.

La distribuzione delle frequenze dei valori degli indici calcolati per la modalità *reference tree* è presentata in Figura 8.15, mentre nelle Figure 8.16, 8.17 e 8.18 sono rappresentate le distribuzioni delle frequenze degli indici calcolati per la modalità *reference point*, con intensità di campionamento pari a 10, 20 e 40 m. La modalità *reference tree*, fornendo per ciascun albero le informazioni per ciascun indice, ha consentito di incrociare le due metodologie fornendo per ciascun quadrato delle griglie adottate nella modalità *reference point* non soltanto un valore puntuale in corrispondenza del punto di sondaggio, ma anche un valore medio per ciascun indice relativo all'intera superficie del quadrato considerato. Ciò ha permesso di eseguire una spazializzazione grafica degli indici strutturali calcolati nelle parcelle e che è riportata nelle Figure 8.19, 8.20, 8.21 e 8.22, 8.23, 8.24, 8.25, 8.26, e 8.27. Il numero di quadrati rappresentato nelle figure è inferiore al numero *n* riportato in Tabella 8.6. Si è, infatti, ritenuto opportuno, per ottenere un confronto verosimile tra le parcelle, adoperare il numero massimo di quadrati inscrivibili all'interno di tutte e quattro le parcelle in considerazione delle differenti forme e

dimensioni di queste. All'aumentare dell'intensità del colore aumenta il valore assunto dall'indice considerato. E' evidente come, adottando quadrati di maggiore dimensione, la variabilità di ciascun indice risulta graficamente meno percepibile. Nel complesso, adottando intensità di campionamento pari a 10 m e 20 m, la distribuzione dei quattro indici considerati risulta abbastanza variabile tranne che per la distribuzione dell'indice SM che invece presenta all'interno di ciascuna parcella una notevole omogeneità.

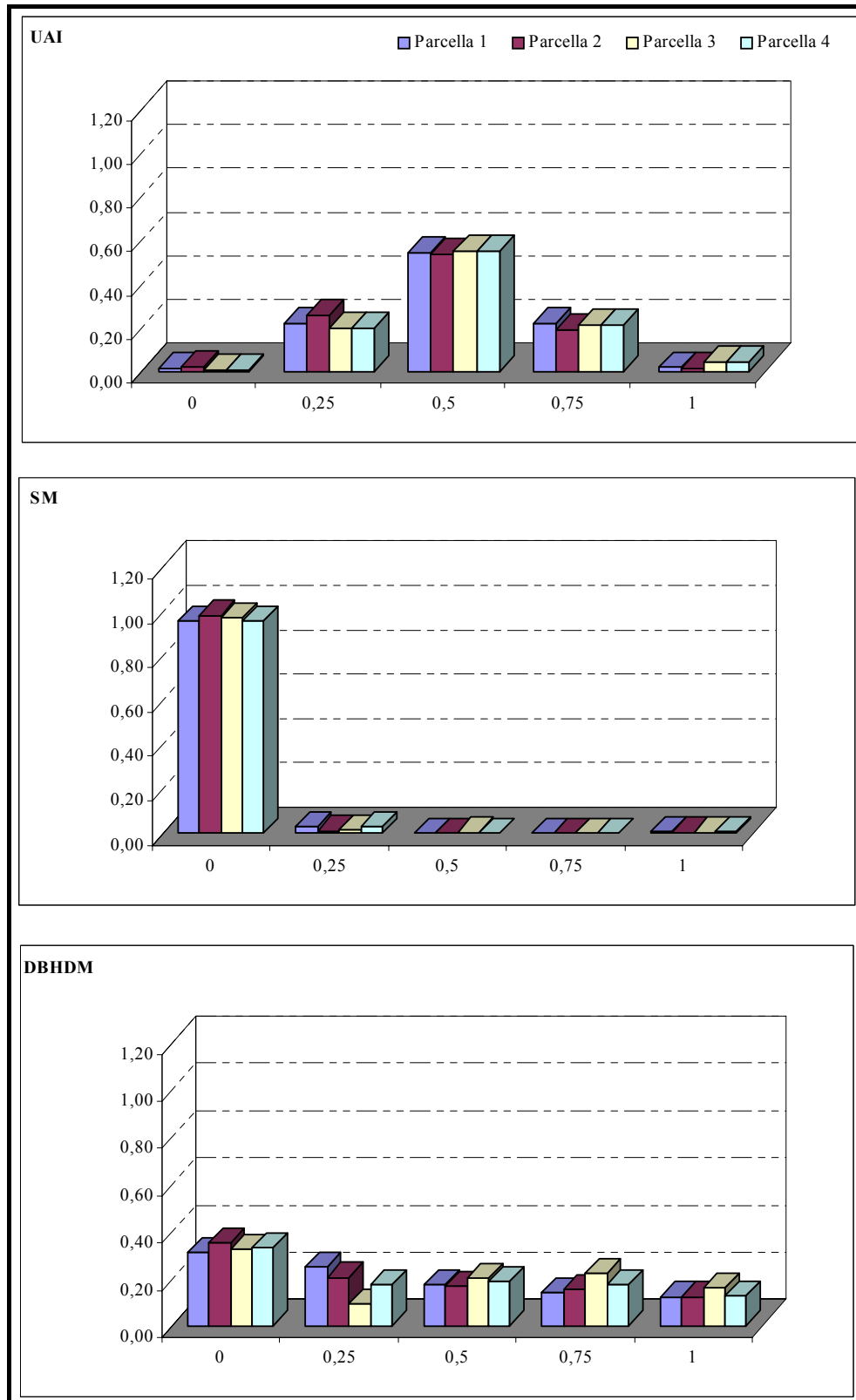


Figura 8.15 – Distribuzione delle frequenze dei valori degli indici strutturali all'interno delle 4 parcelle, modalità *reference tree*.

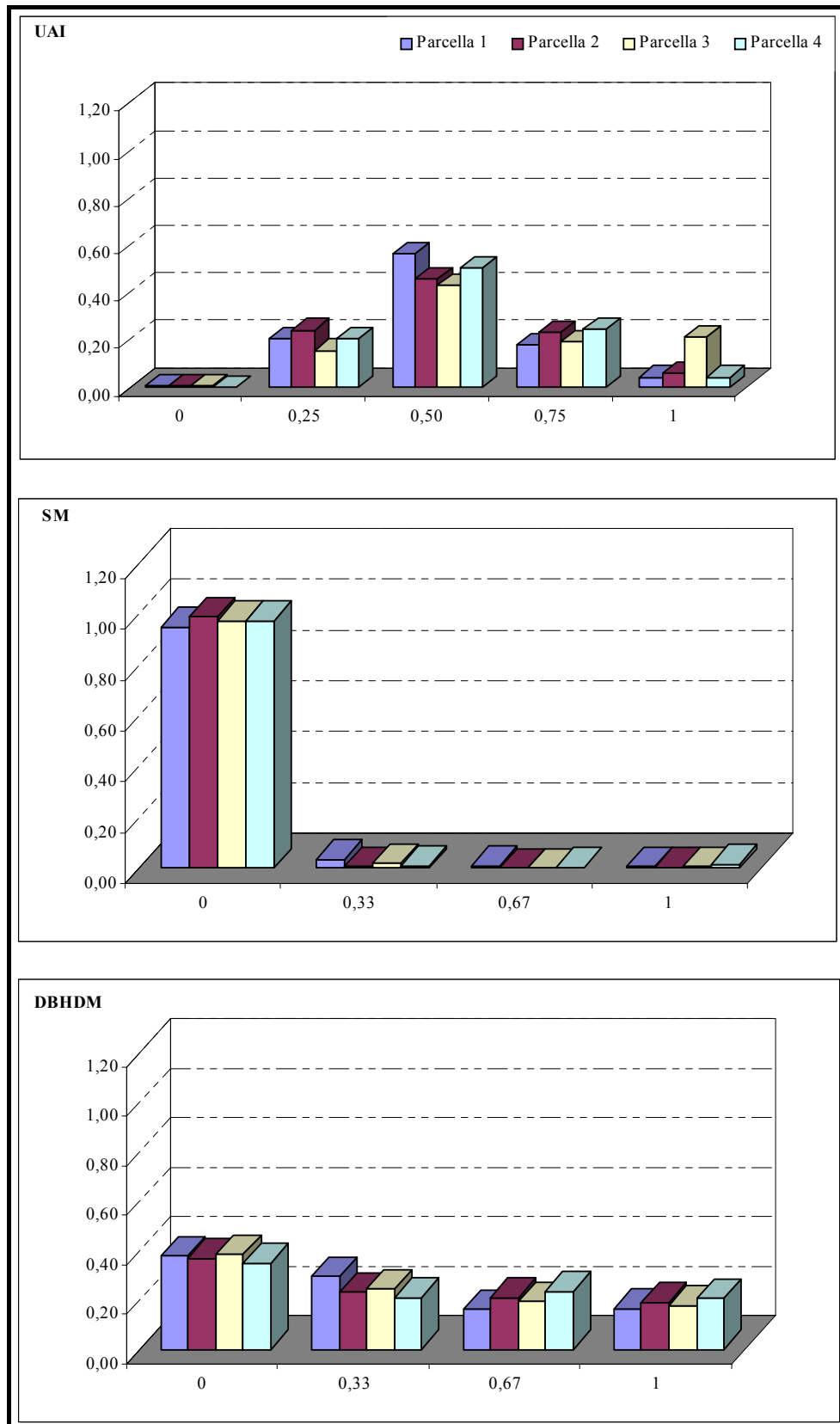


Figura 8.16 - Distribuzione delle frequenze dei valori degli indici strutturali all'interno delle 4 parcelle, modalità *reference point*, con intensità di campionamento pari a 10 m.

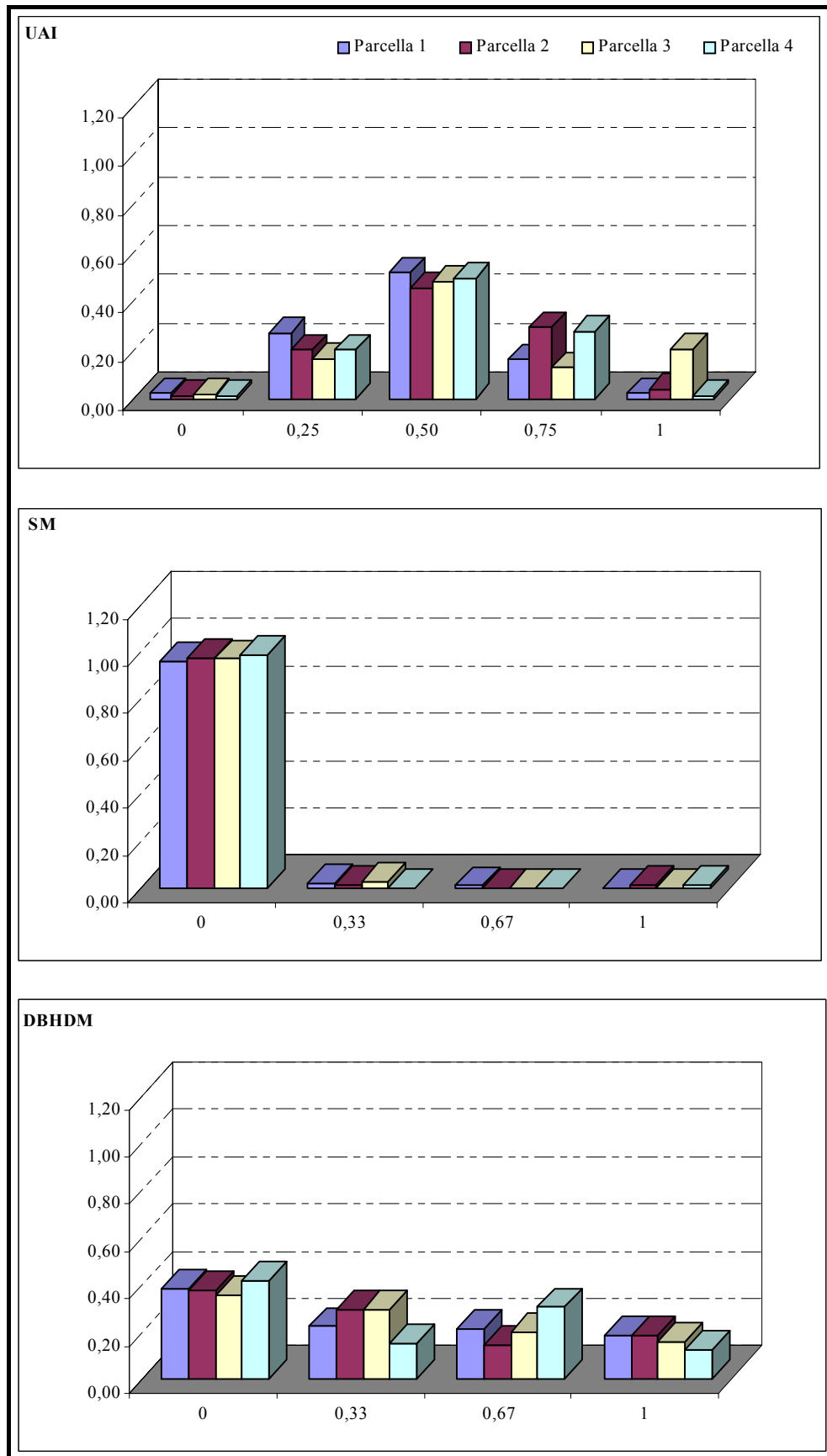


Figura 8.17 - Distribuzione delle frequenze dei valori degli indici strutturali all'interno delle 4 parcelle, modalità *reference point*, con intensità di campionamento pari a 20 m.

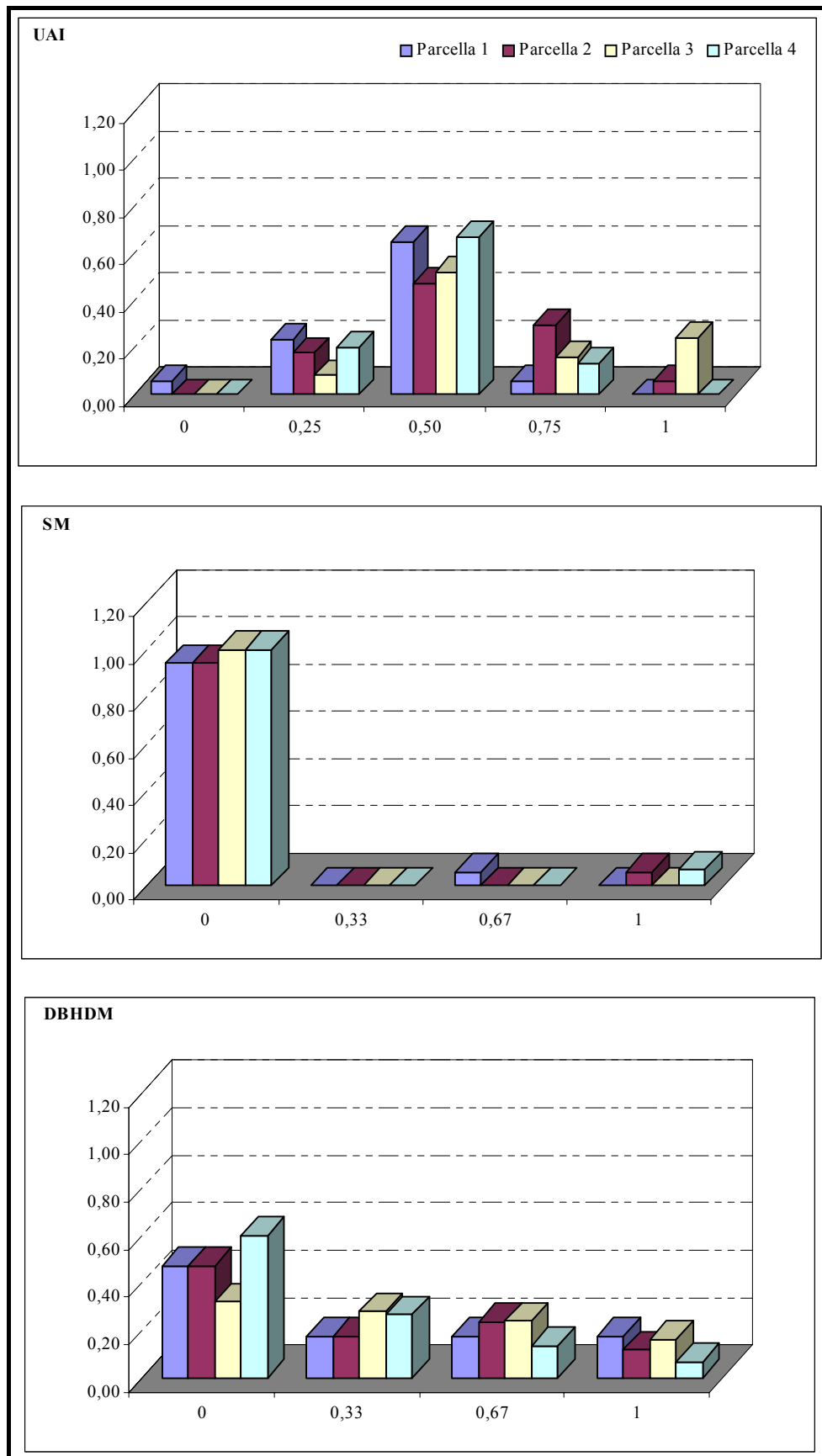


Figura 8.18 - Distribuzione delle frequenze dei valori degli indici strutturali all'interno delle 4 parcelle, modalità *reference point*, con intensità di campionamento pari a 40 m.

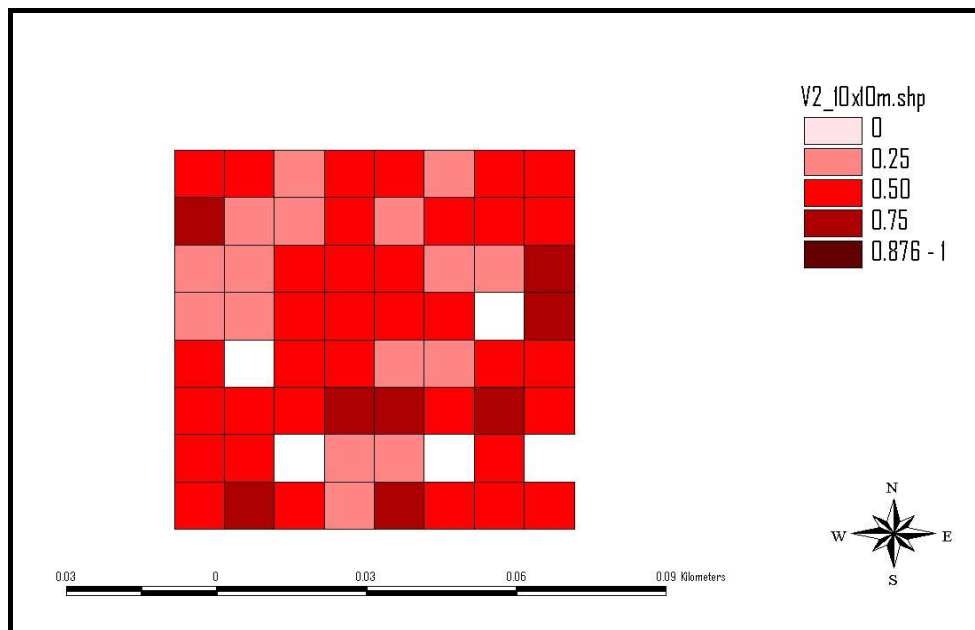
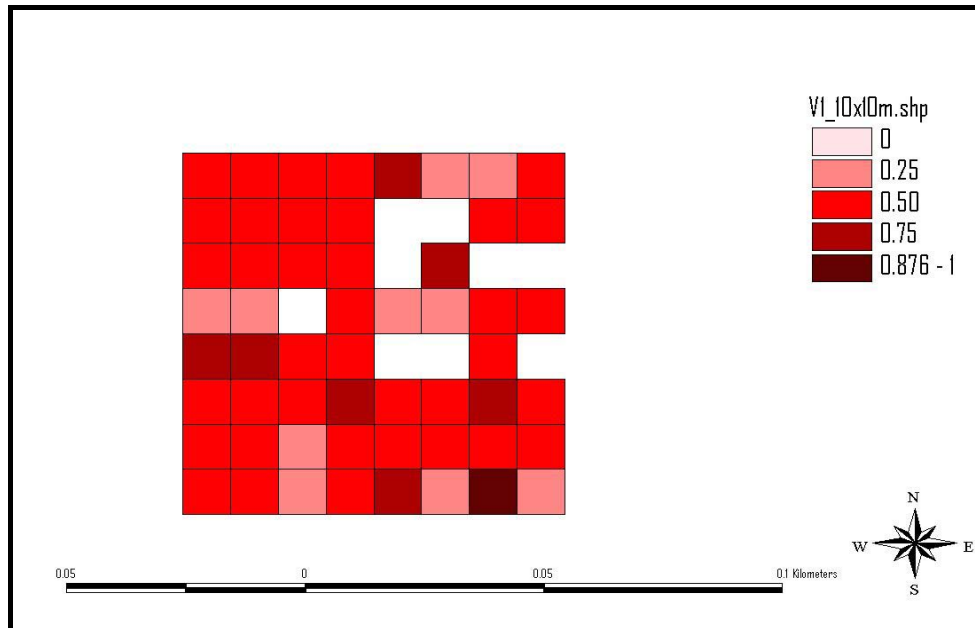


Figura 8.19a – Distribuzione spaziale dell'indice UAI all'interno delle parcelle 1 e 2 della cerreta di Vetralla nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 10 m.

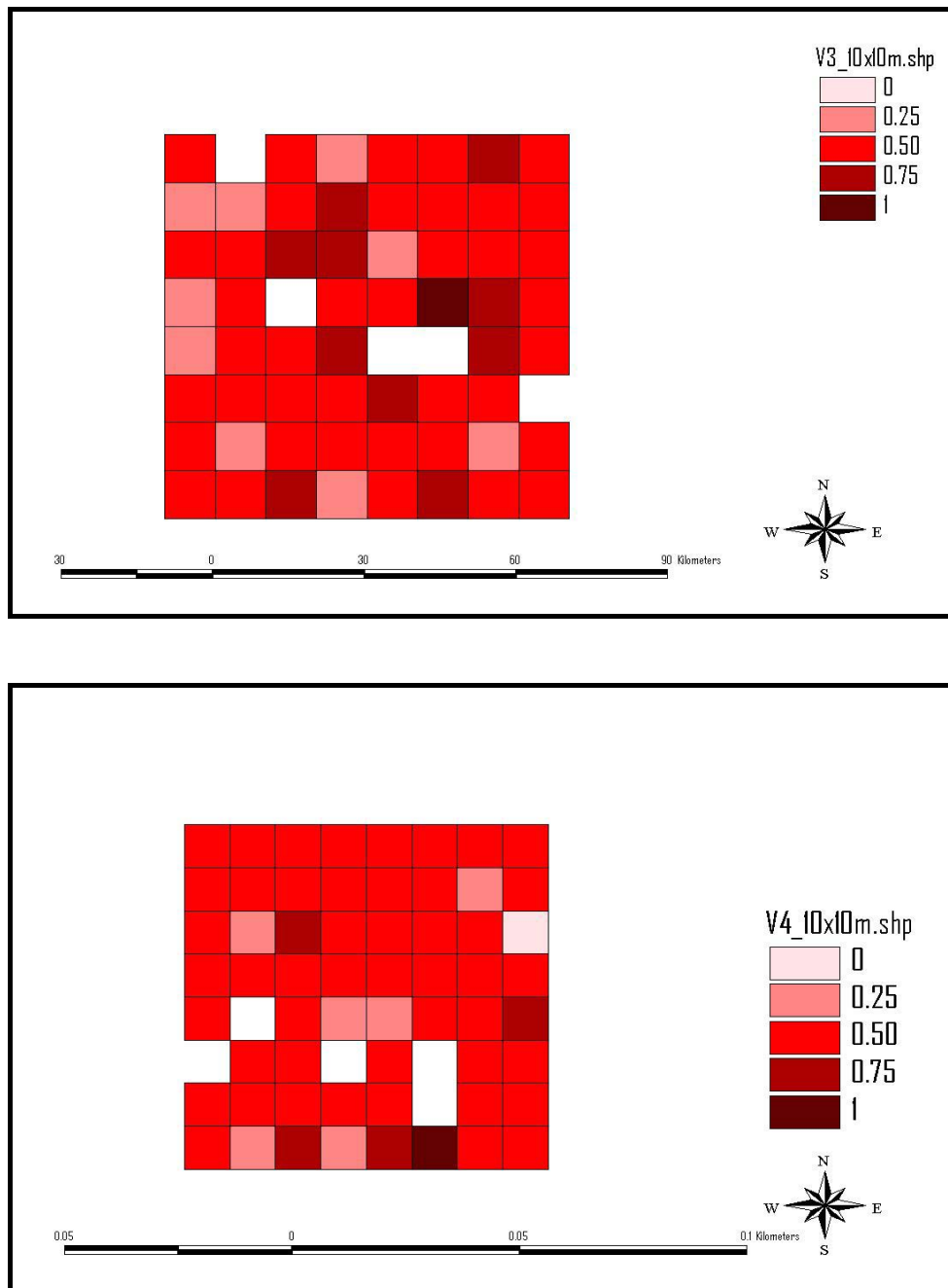


Figura 8.19b – Distribuzione spaziale dell'indice UAI all'interno delle parcelle 3 e 4 della cerreta di Vetralla nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 10 m.

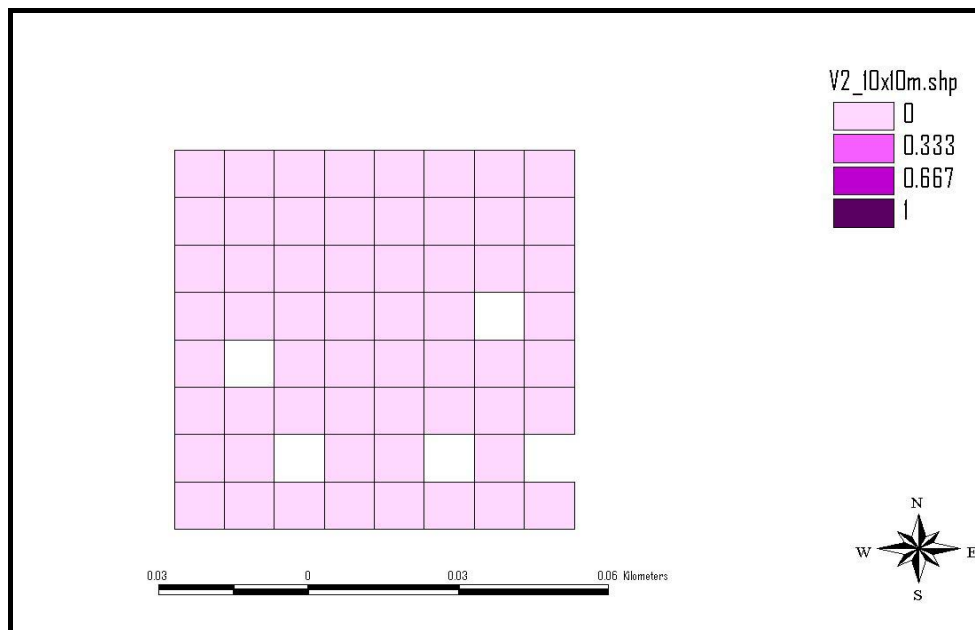
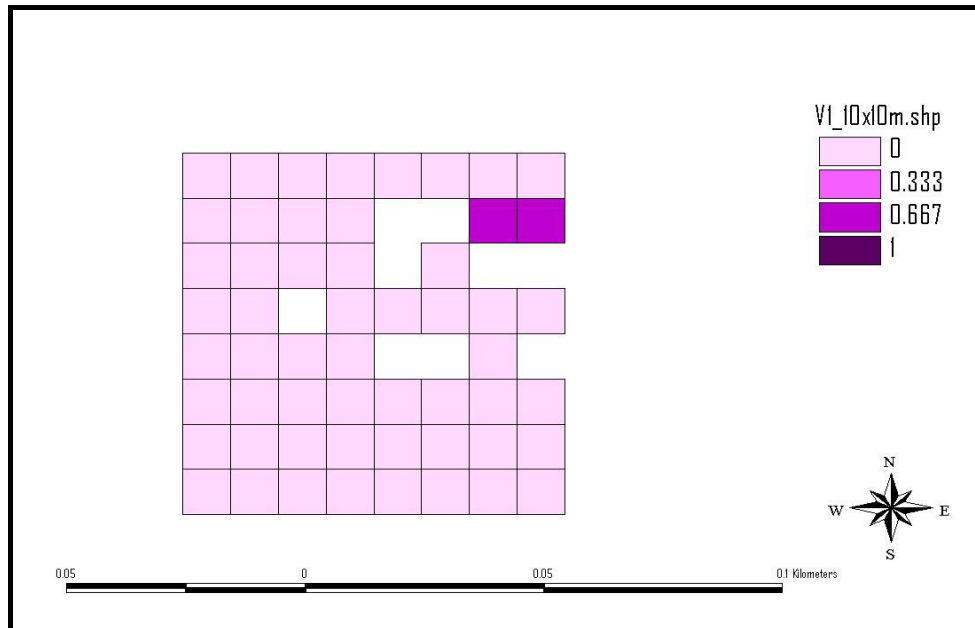


Figura 8.20a – Distribuzione spaziale dell'indice SM all'interno delle parcelle 1 e 2 della cerreta di Vetralla nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 10 m.

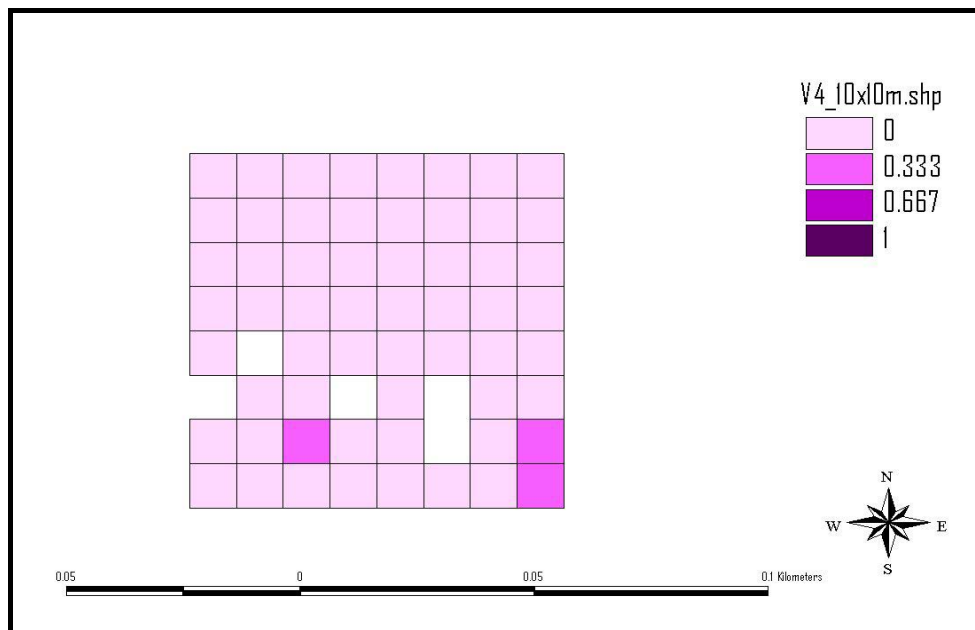
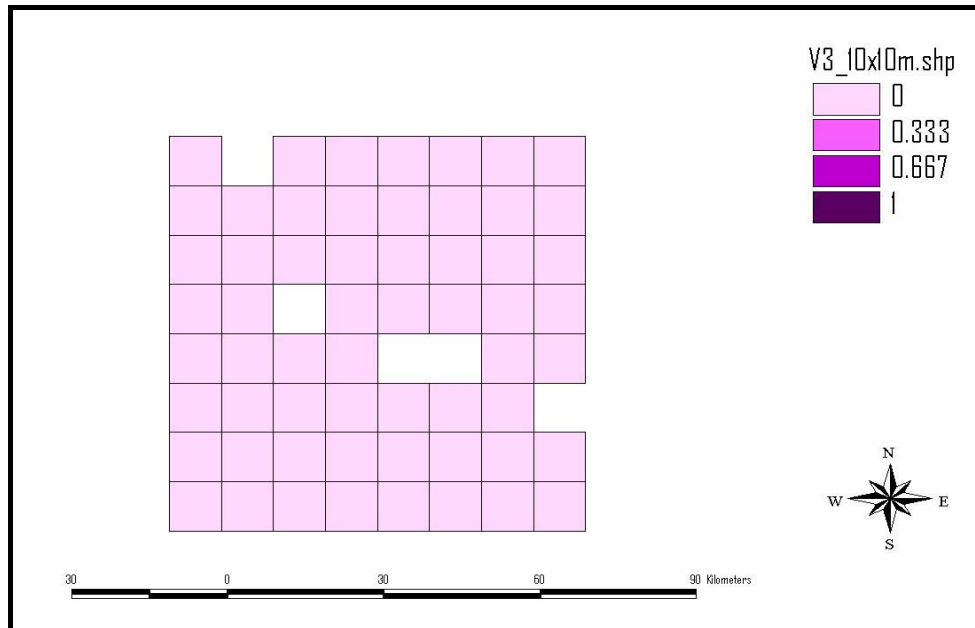


Figura 8.20b – Distribuzione spaziale dell'indice SM all'interno delle parcelle 3 e 4 della cerreta di Vetralla nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 10 m.

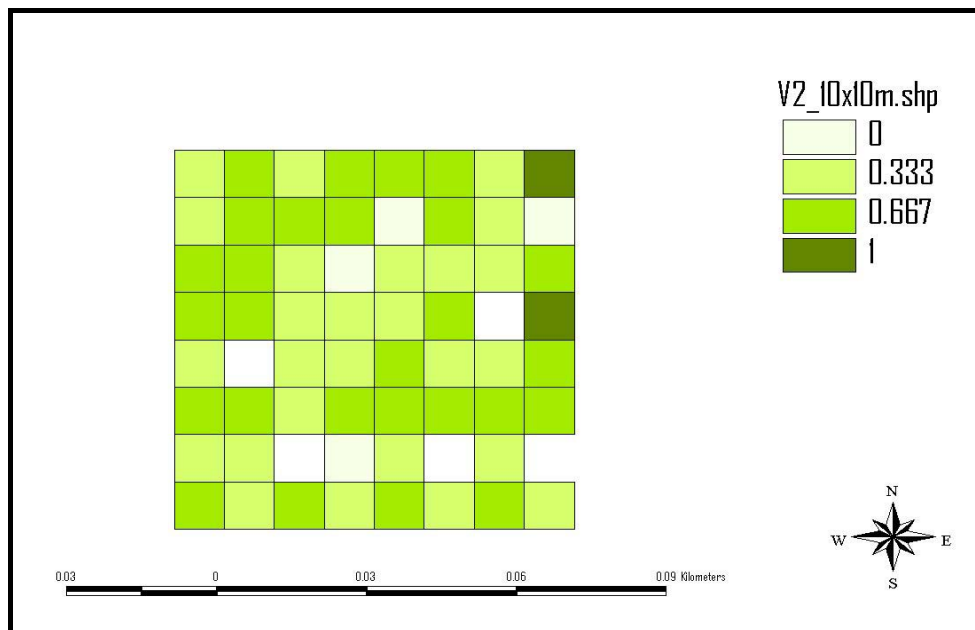
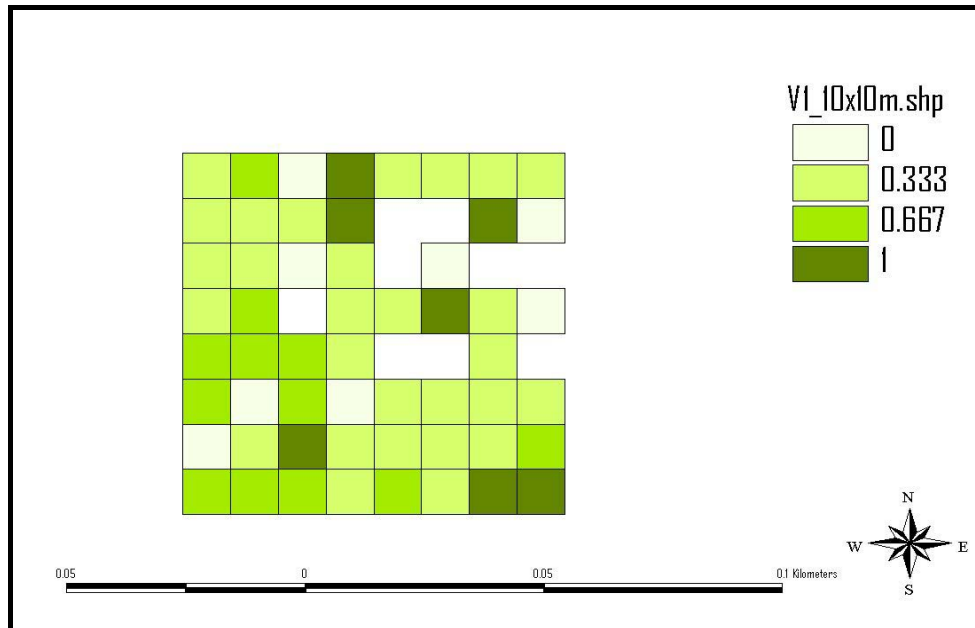


Figura 8.21a – Distribuzione spaziale dell'indice DBHDM all'interno delle parcelle 1 e 2 della cerreta di Vetralla nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 10 m.

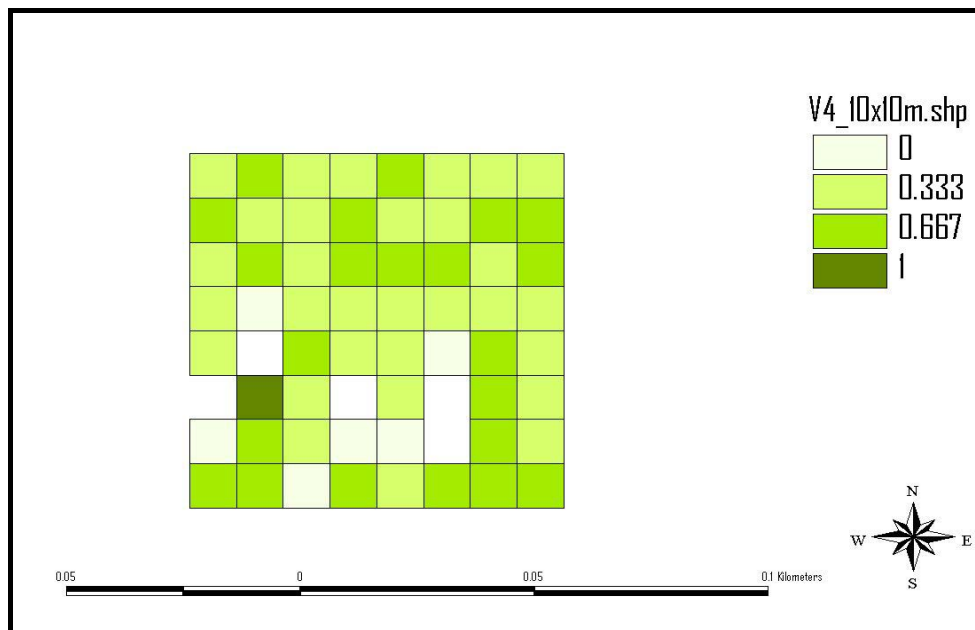
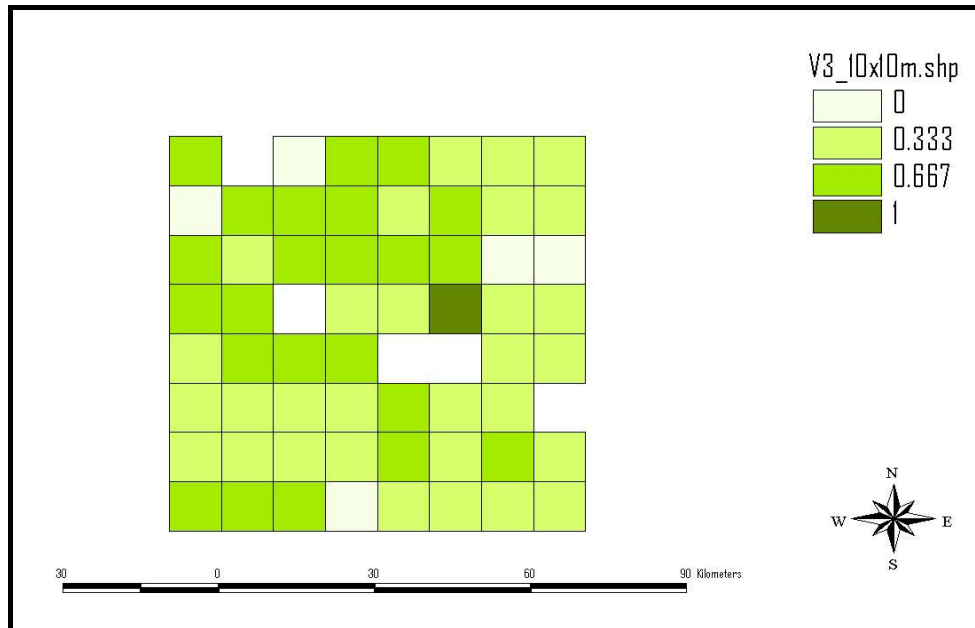


Figura 8.21b – Distribuzione spaziale dell'indice DBHDM all'interno delle parcelle 3 e 4 della cerreta di Vetralla nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 10 m.

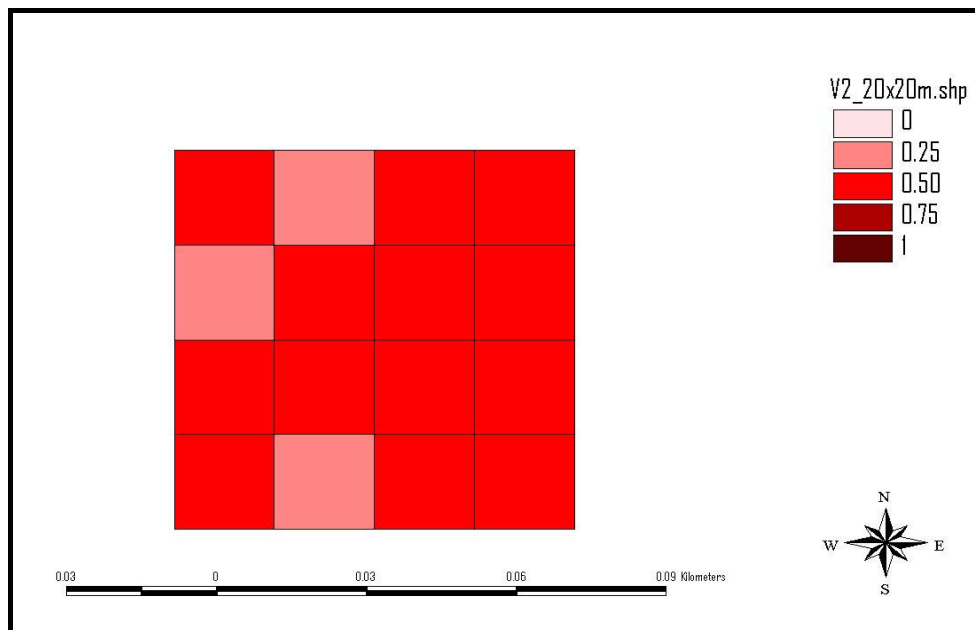
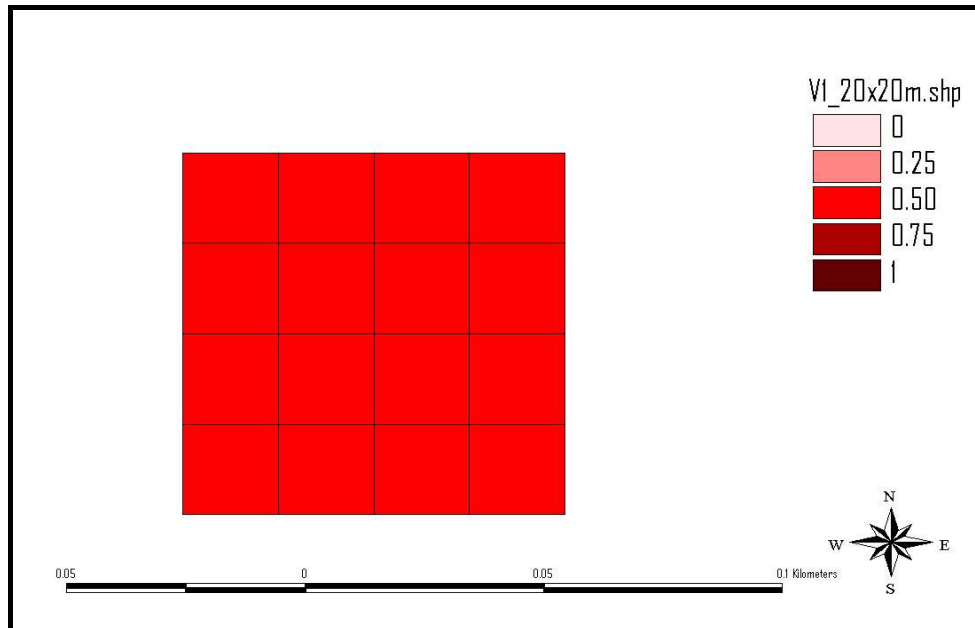


Figura 8.22a – Distribuzione spaziale dell'indice UAI all'interno delle parcelle 1 e 2 della cerreta di Vetralla nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 20 m.

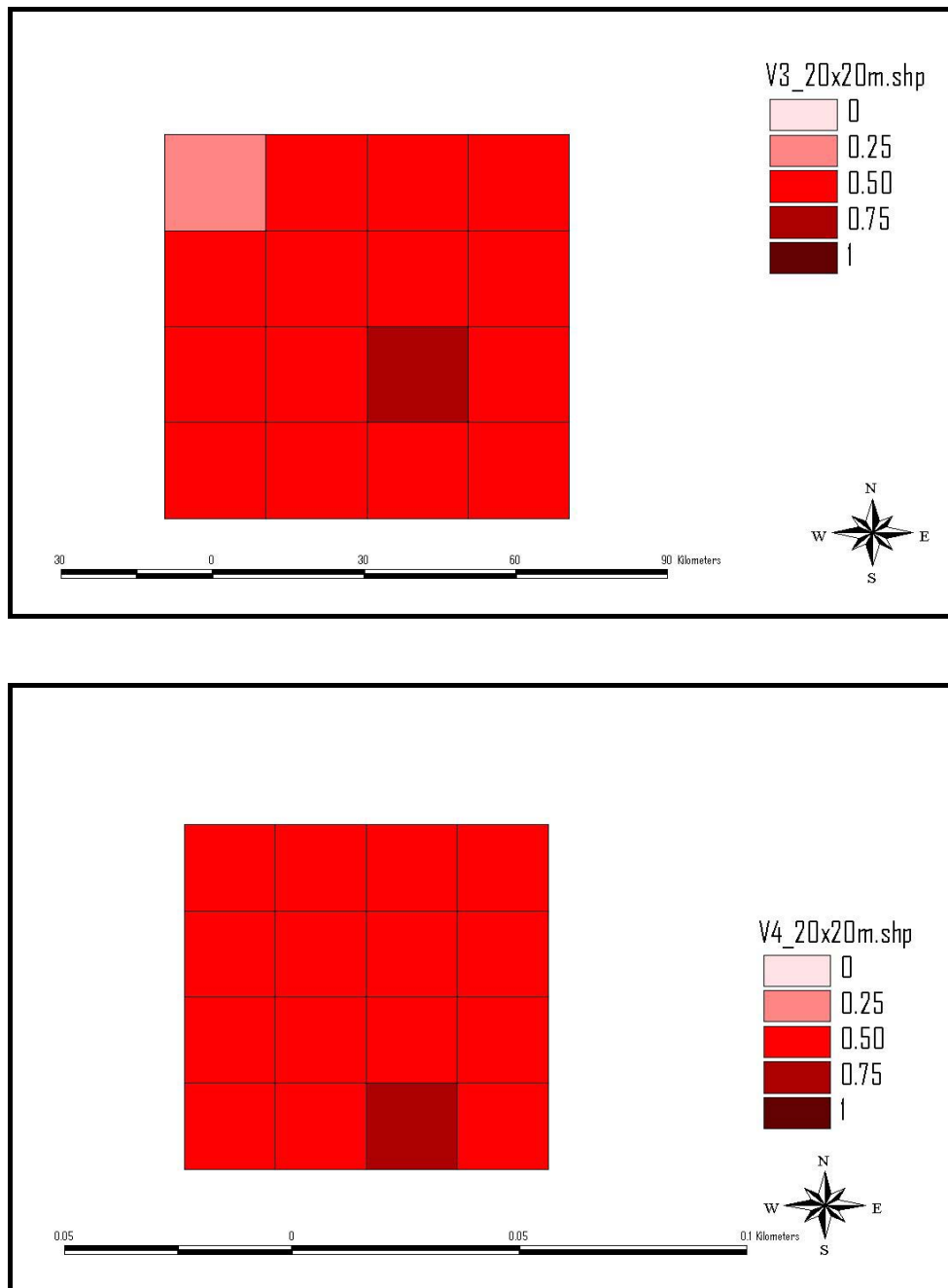


Figura 8.22b – Distribuzione spaziale dell'indice UAI all'interno delle parcelle 3 e 4 della cerreta di Vetralla nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 20 m.

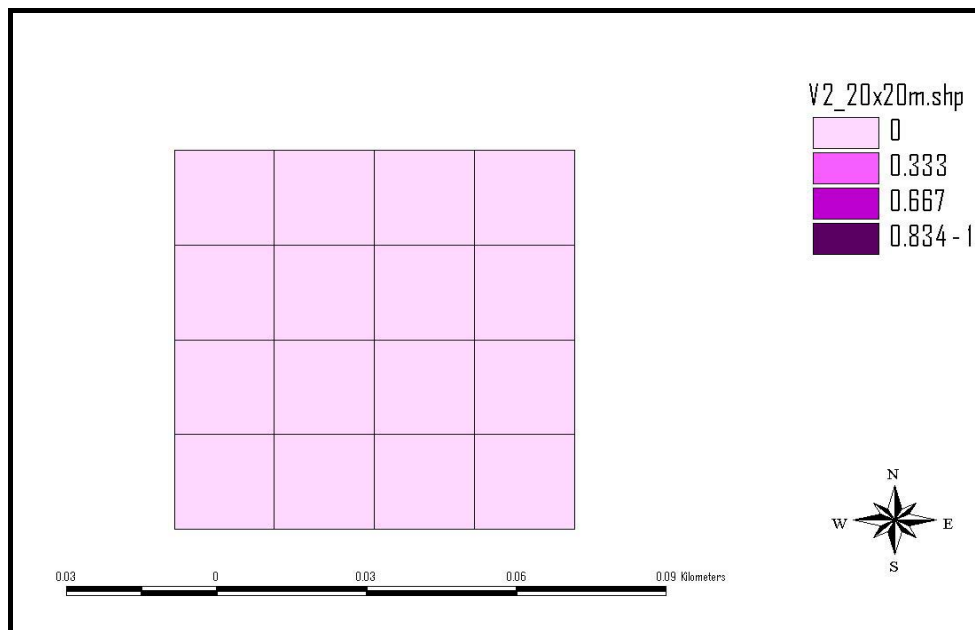
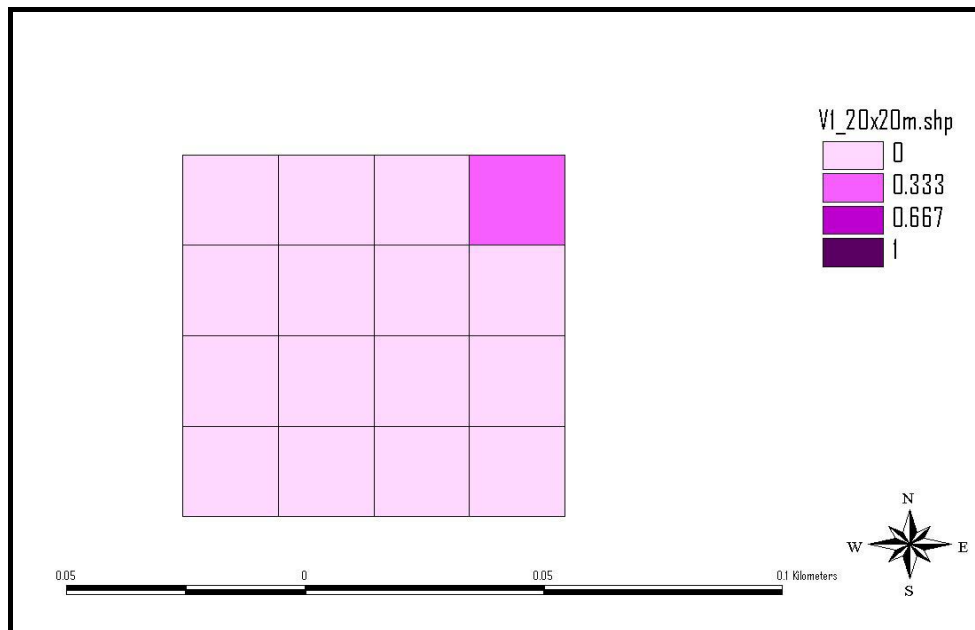


Figura 8.23a – Distribuzione spaziale dell'indice SM all'interno delle parcelle 1 e 2 della cerreta di Vetralla nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 20 m.

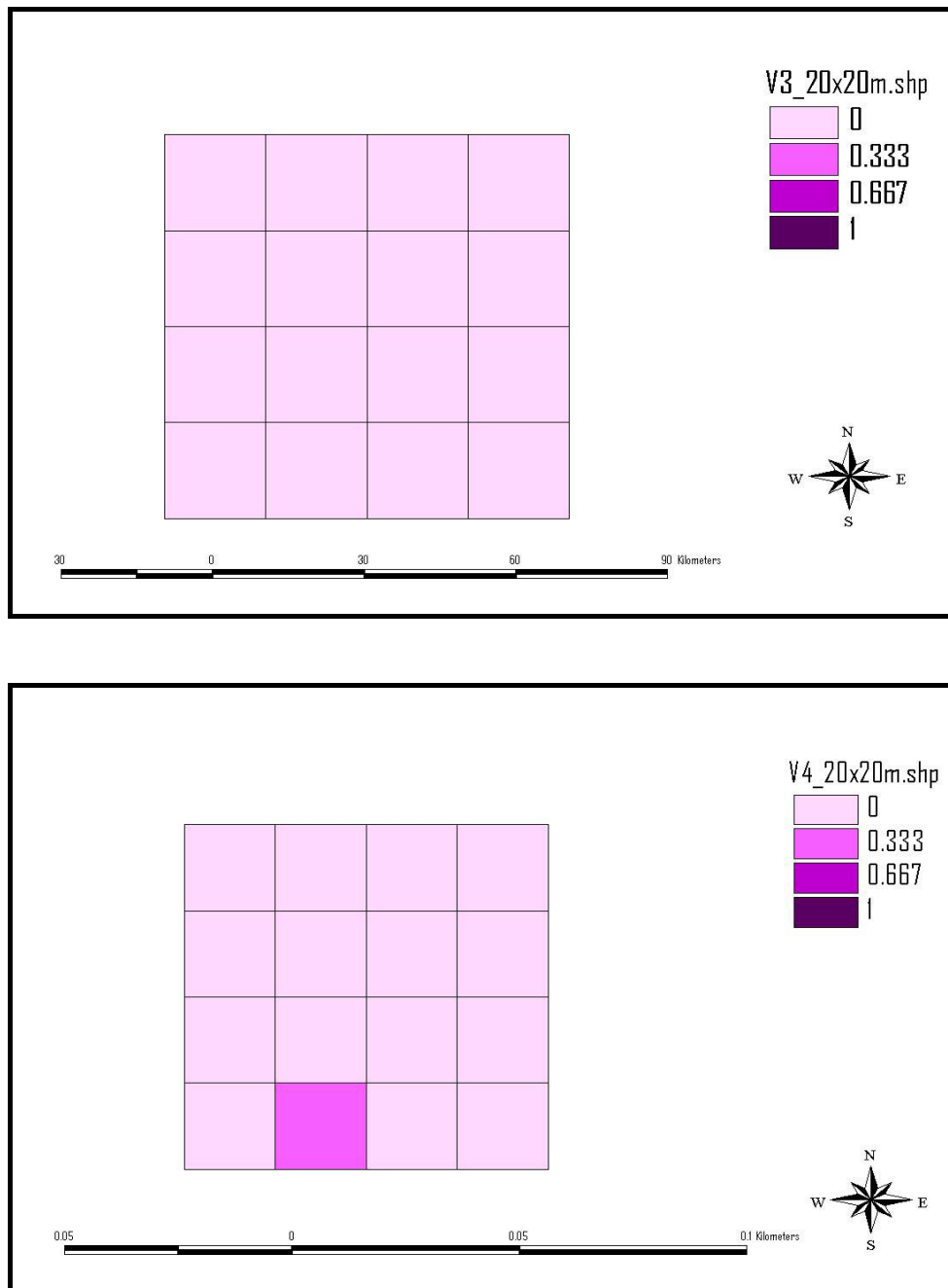


Figura 8.23b – Distribuzione spaziale dell'indice SM all'interno delle parcelle 3 e 4 della cerreta di Vetralla nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 20 m.

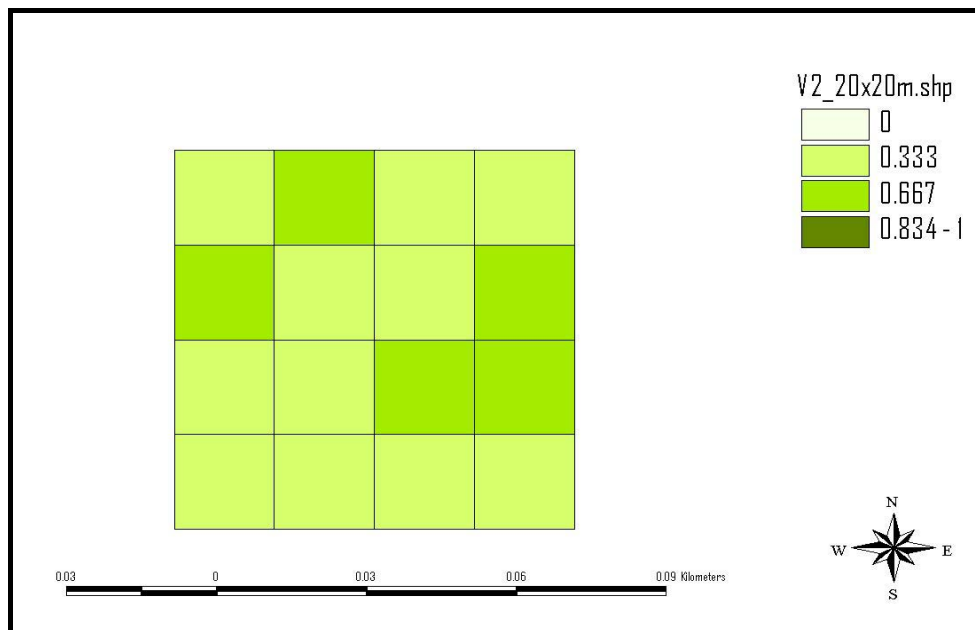
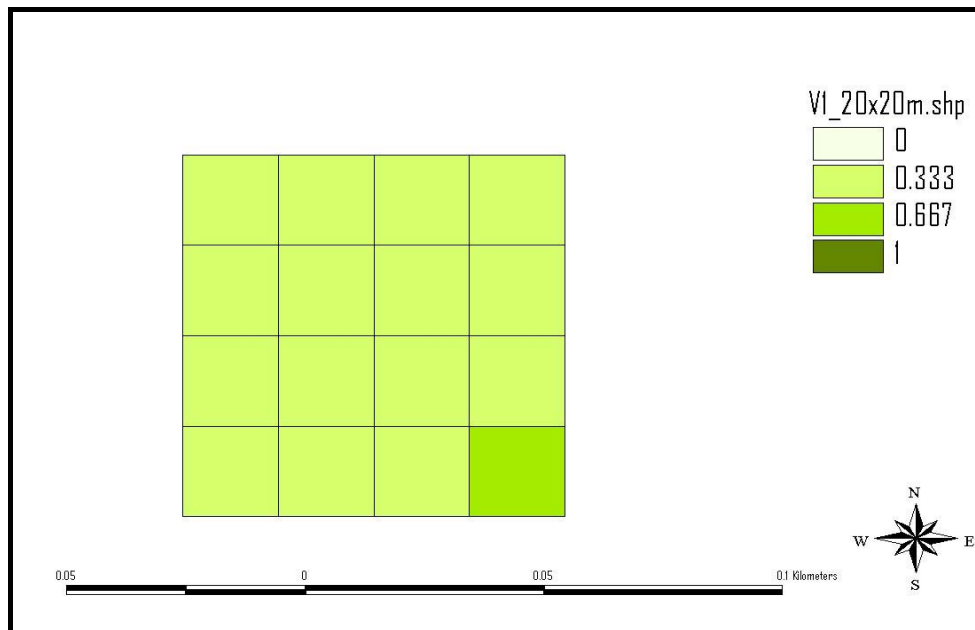


Figura 8.24a – Distribuzione spaziale dell'indice DBHDM all'interno delle parcelle 1 e 2 della cerreta di Vetralla nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 20 m.

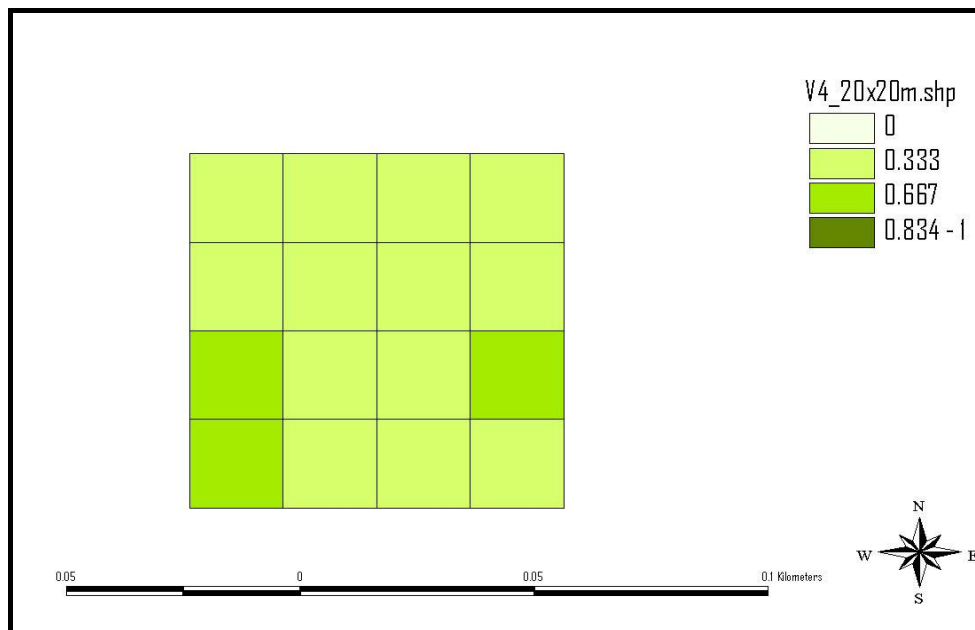
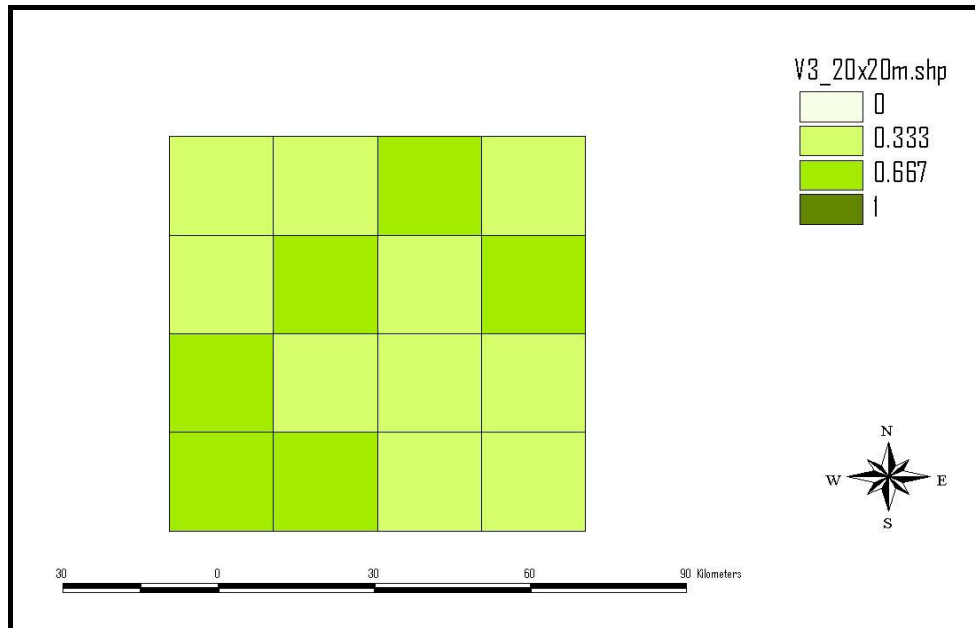


Figura 8.24b – Distribuzione spaziale dell'indice DBHDM all'interno delle parcelle 3 e 4 della cerreta di Vetralla nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 20 m.

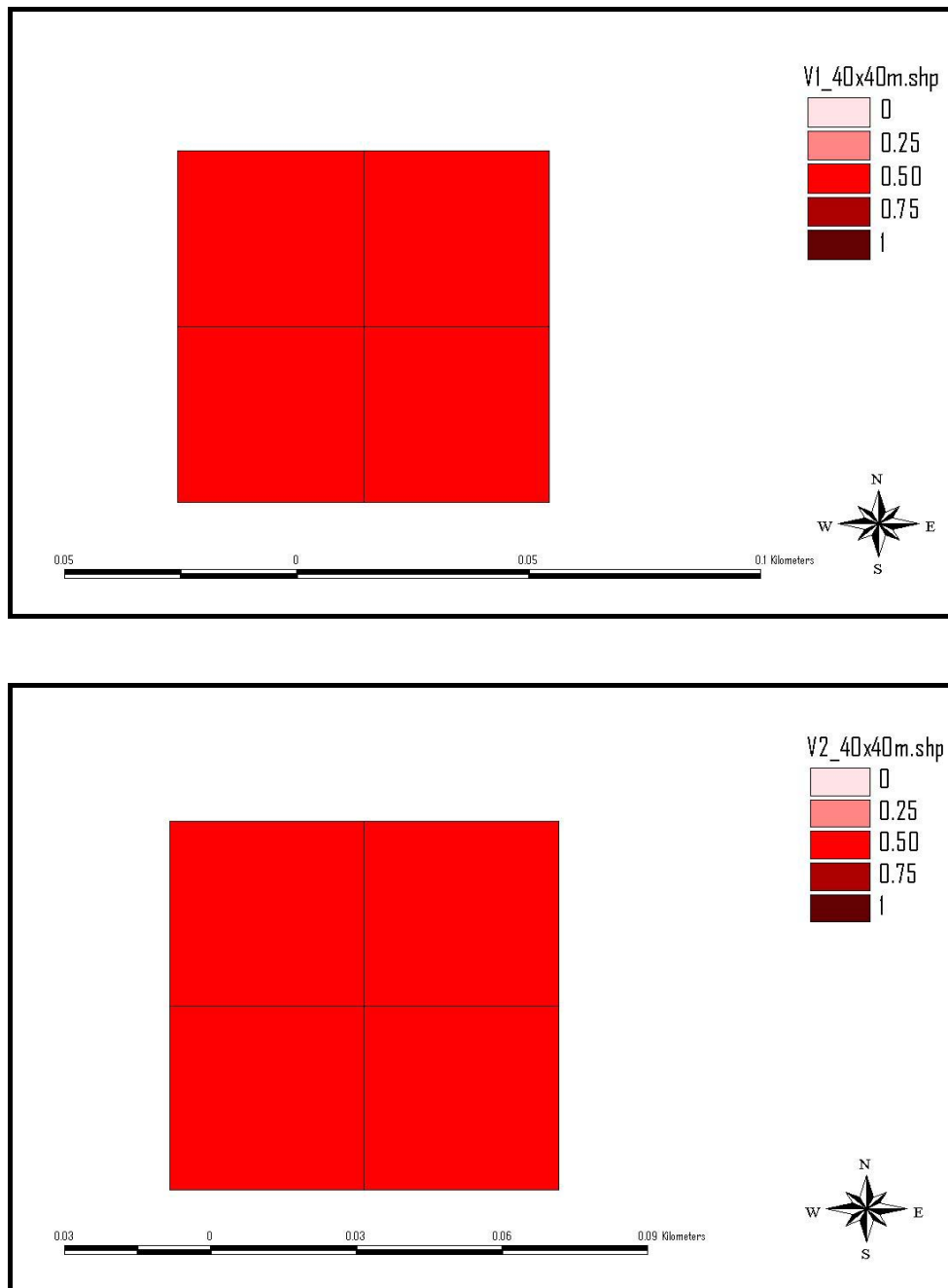


Figura 8.25a – Distribuzione spaziale dell'indice UAI all'interno delle parcelle 1 e 2 della cerreta di Vetralla nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 40 m.

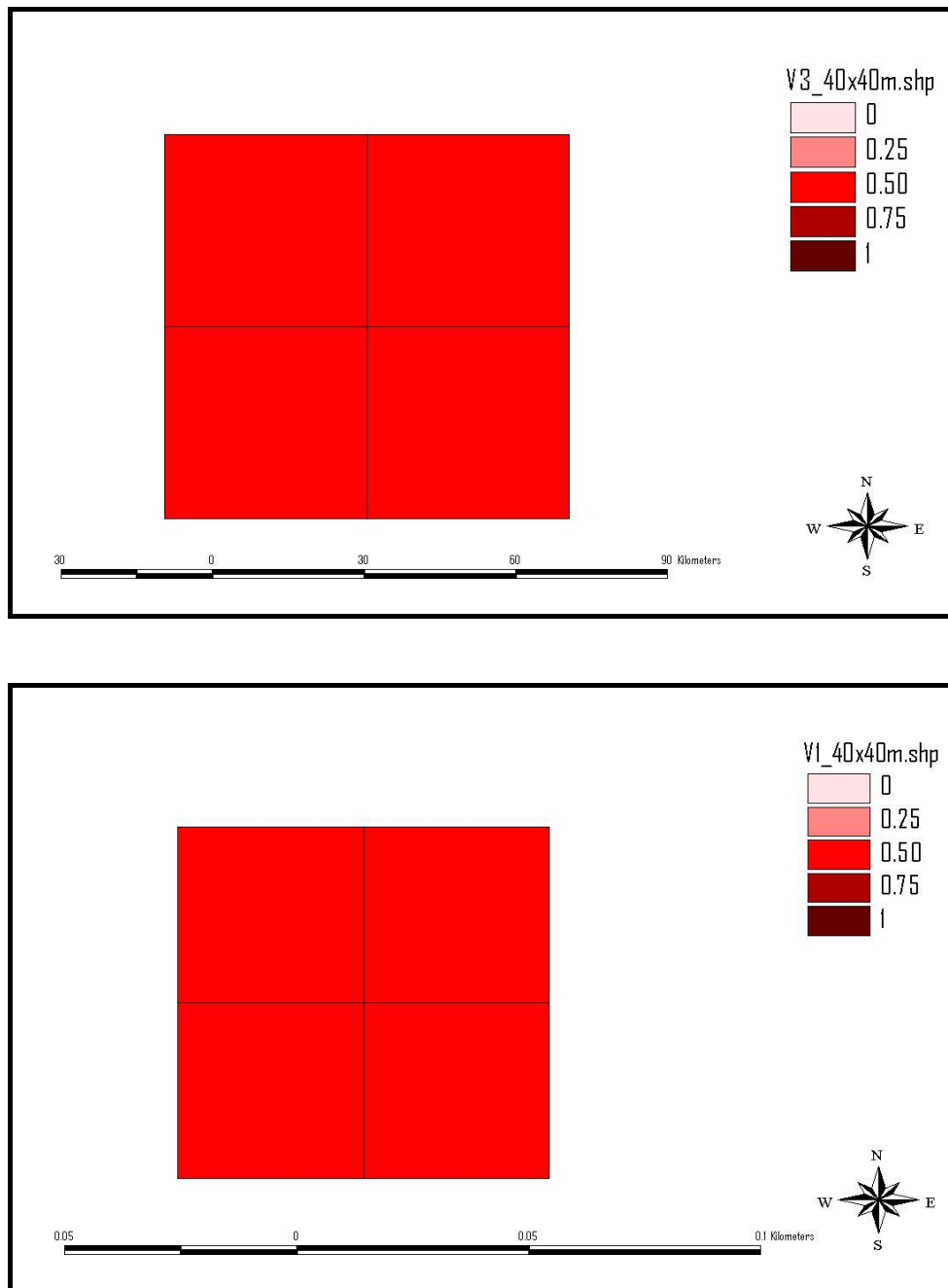


Figura 8.25b – Distribuzione spaziale dell'indice UAI all'interno delle parcelle 3 e 4 della cerreta di Vetralla nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 40 m.

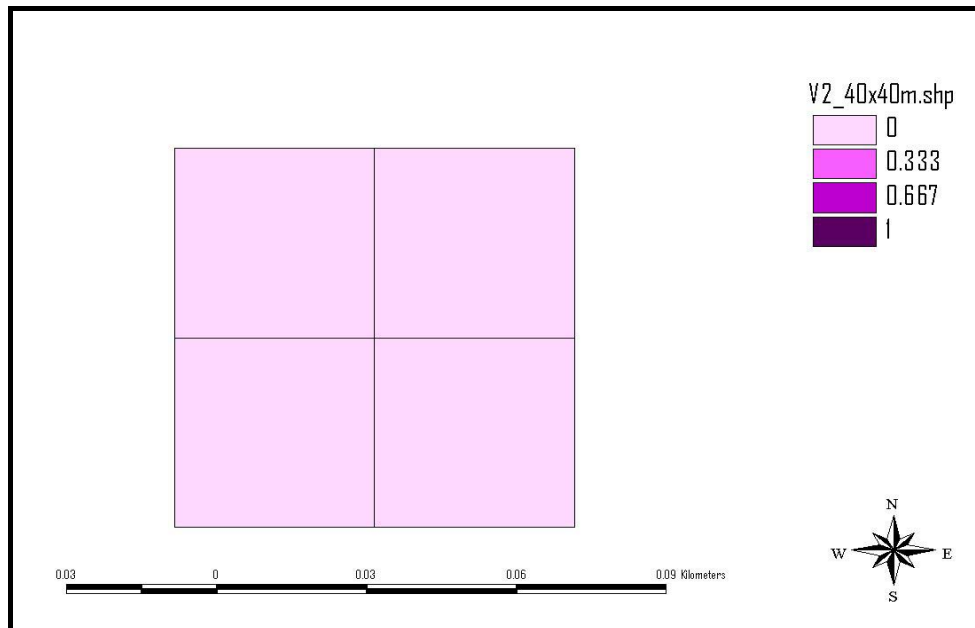
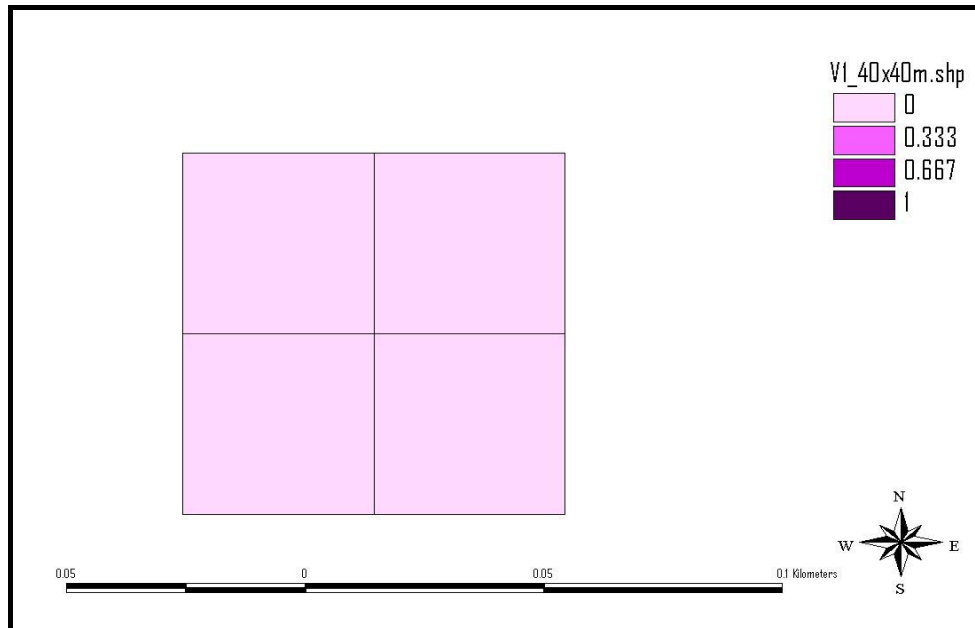


Figura 8.26a – Distribuzione spaziale dell'indice SM all'interno delle parcelle 1 e 2 della cerreta di Vetralla nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 40 m.

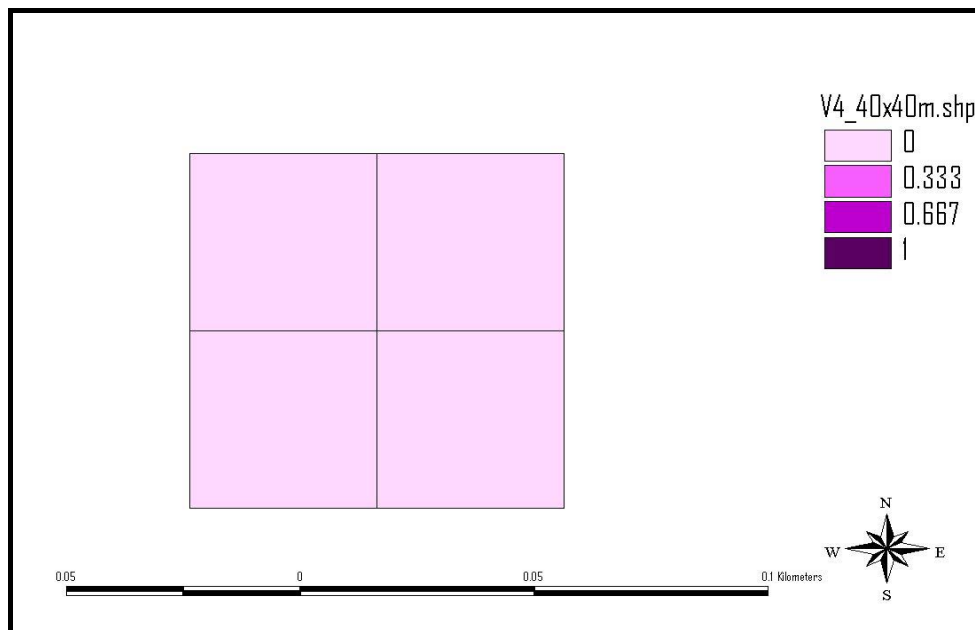
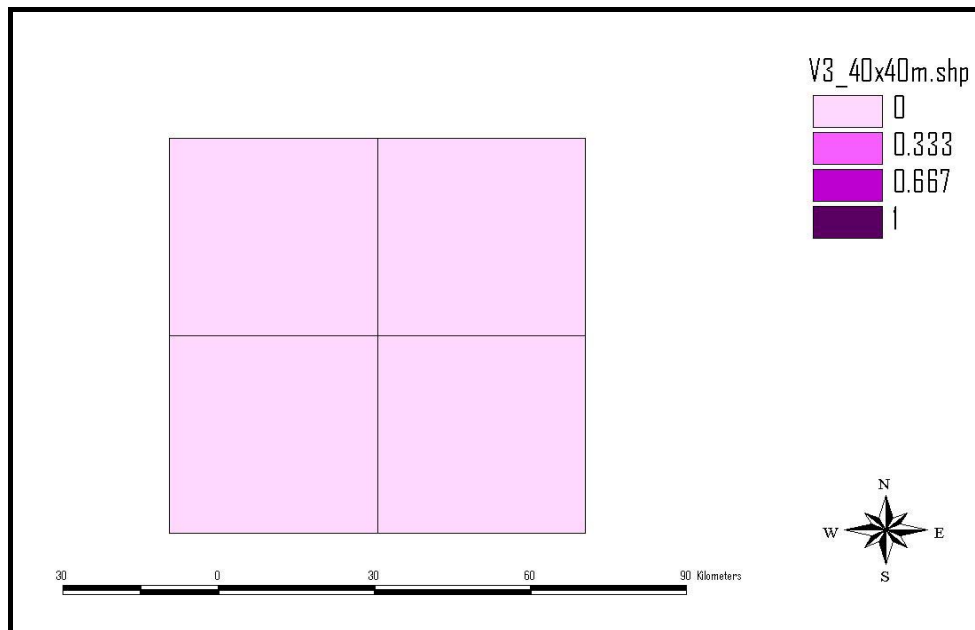


Figura 8.26b – Distribuzione spaziale dell'indice SM all'interno delle parcelle 3 e 4 della cerreta di Vetralla nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 40 m.

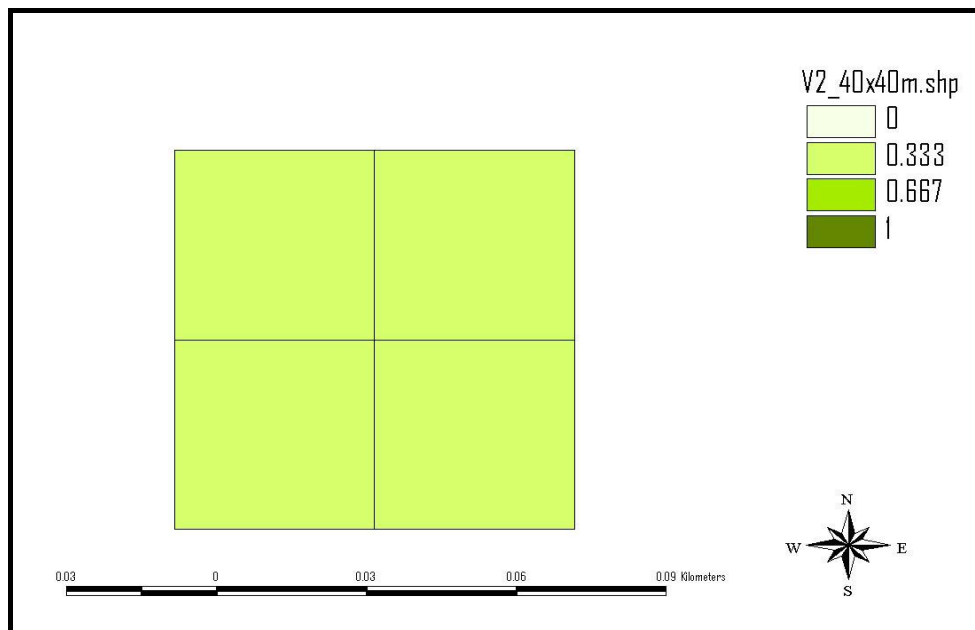
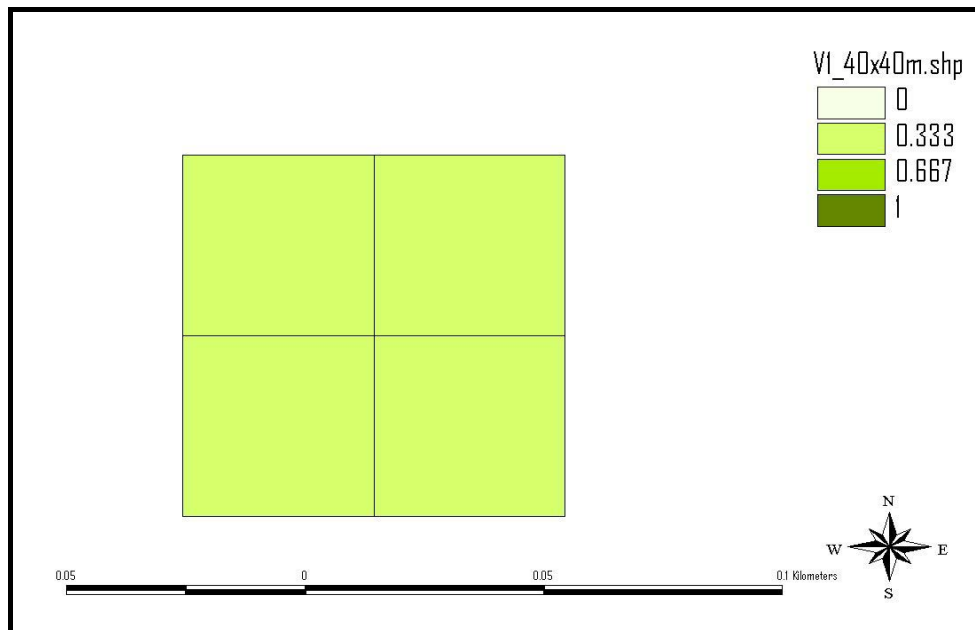


Figura 8.27a – Distribuzione spaziale dell'indice DBHDM all'interno delle parcelle 1 e 2 della cerreta di Vetralla nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 40 m.

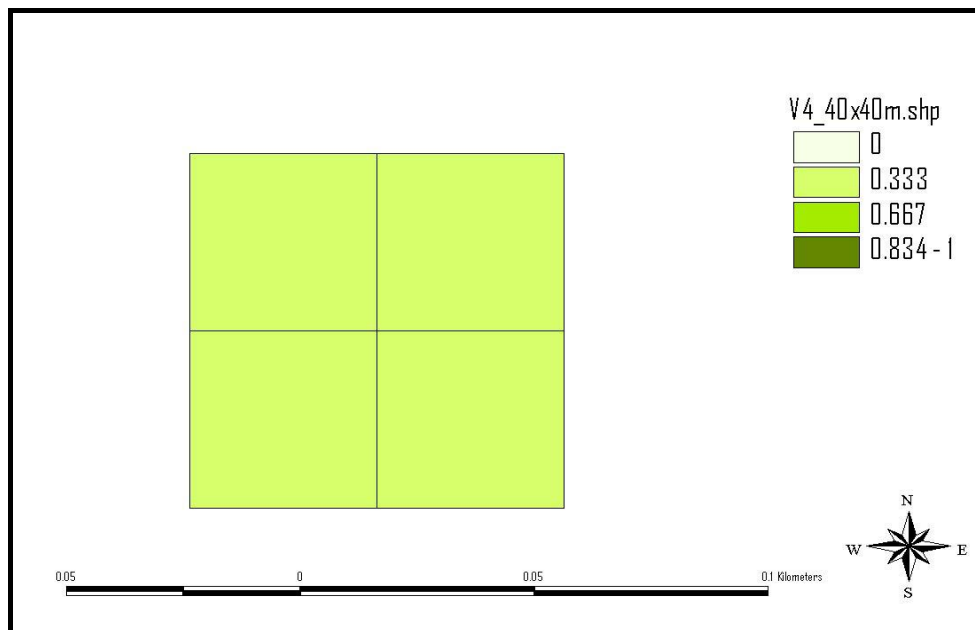
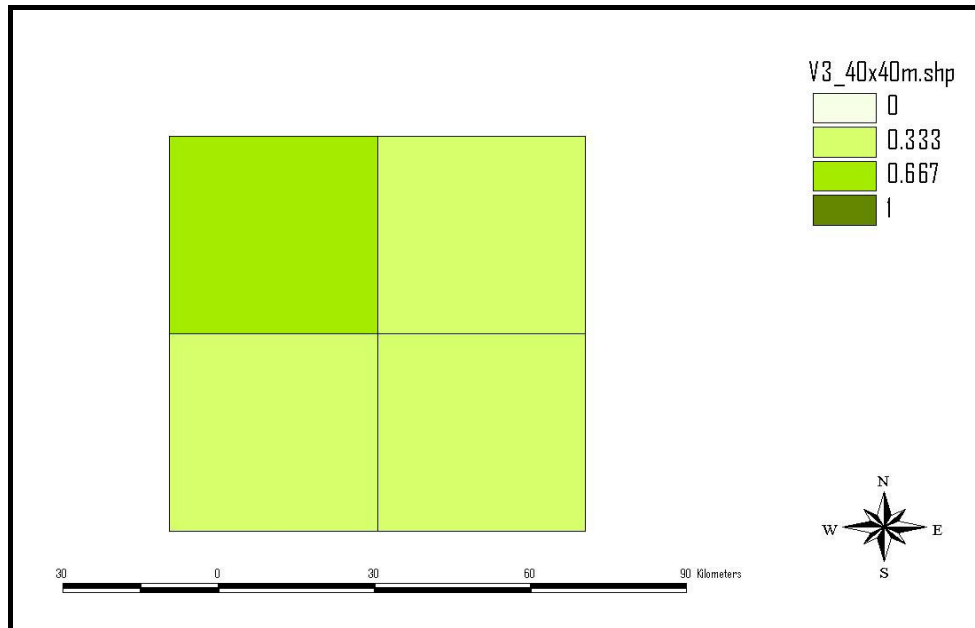


Figura 8.27b – Distribuzione spaziale dell'indice DBHDM all'interno delle parcelle 3 e 4 della cerreta di Vetralla nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 40 m.

8.1.1.3. Indice di Morisita

L'indice di Morisita calcolato per tutti gli alberi all'interno di ogni parcella mostra una distribuzione di tipo prevalentemente casuale indipendentemente dall'ampiezza dei quadrati considerati. L'indice I_{δ} assume i valori più alti in corrispondenza della parcella 3, dove i valori dell'indice, indipendentemente dall'ampiezza dei quadrati considerati, sono maggiori di 1 in maniera significativa (Figura 8.28).

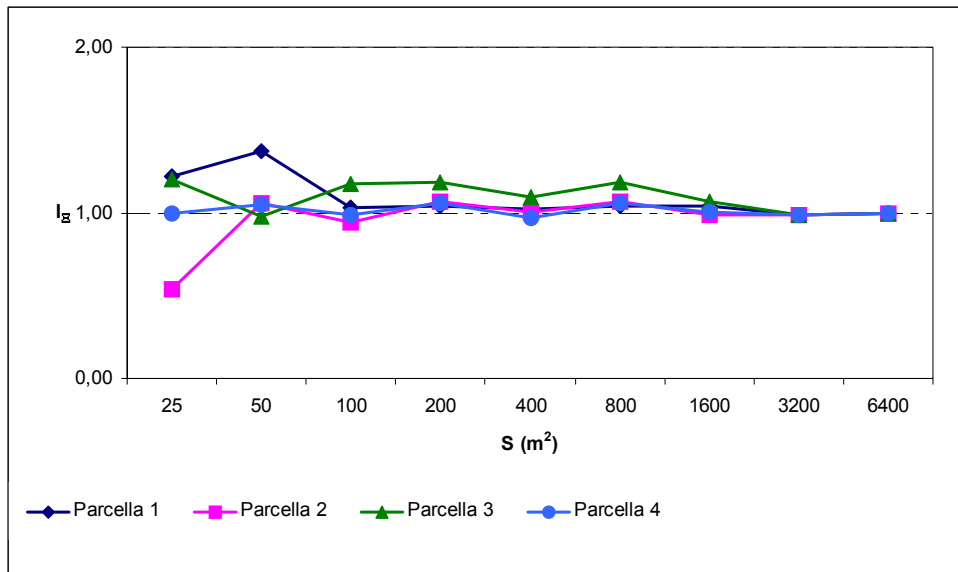


Figura 8.28 - Distribuzione dell'indice di Morisita (I_{δ}) per quadrati di superficie (S) crescente per ciascuna delle parcelle appartenenti alla cerreta di Vetralla.

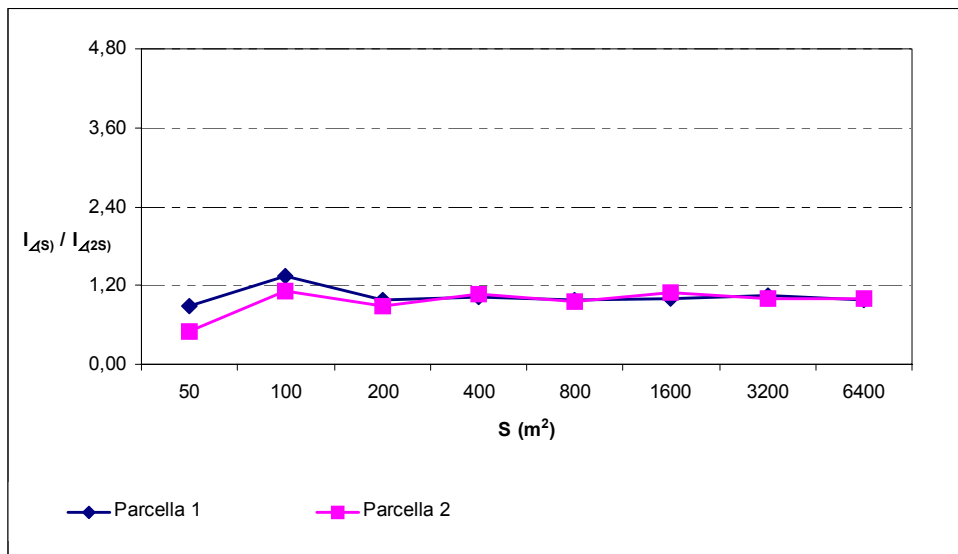


Figura 8.29a - Distribuzione del rapporto $I_{\delta(S)} / I_{\delta(2S)}$ per valori di superficie S (m^2) crescenti all'interno delle parcelle 1 e 2. Le frecce indicano i picchi di valore del suddetto rapporto.

All'interno delle parcelle 1, 2 e 4 il valore I_{δ} non risulta maggiore o minore di 1 in maniera significativa, tranne che per quadrati di $25 m^2$ e $50 m^2$.

Il rapporto $I_{\delta(S)} / I_{\delta(2S)}$, calcolato per le quattro parcelle non supera il valore 1,20, valore limite oltrepassato il quale gli alberi si considerano distribuiti in aggregati in base agli studi condotti per fustaie coetanee da PARKER e PARKER (1994). L'analisi di tale rapporto dunque, conferma la tendenza degli alberi a distribuirsi casualmente (Figura 8.29a e 8.29b).

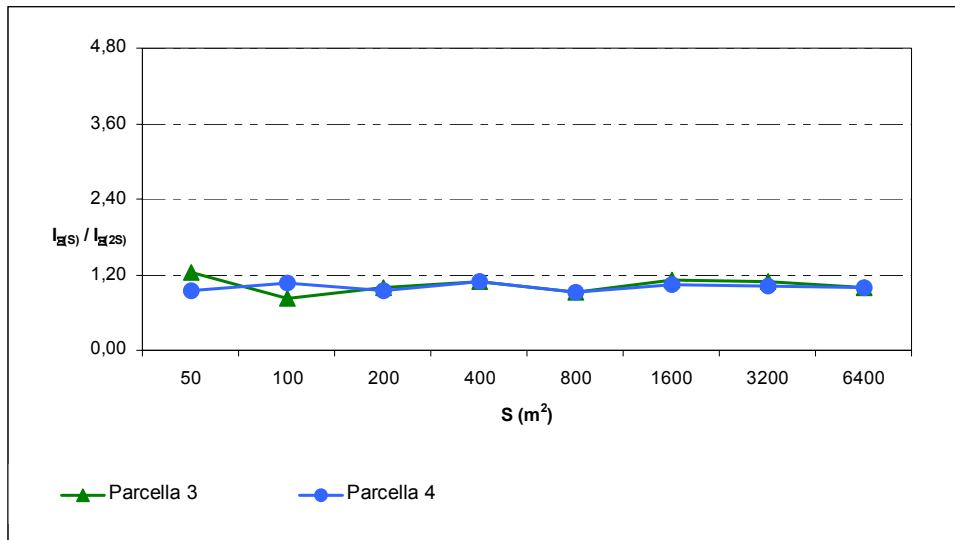


Figura 8.29b - Distribuzione del rapporto $I_{\delta}(S) / I_{\delta}(2S)$ per valori di superficie $S (m^2)$ crescenti all'interno delle parcelle 3 e 4. Le frecce indicano i picchi di valore del suddetto rapporto.

L'indice di Morisita è stato calcolato per gruppi dimensionali di alberi all'interno di ciascuna delle parcelle. Tali categorie comprendono alberi con diametro compreso nelle classi da 10 a 25 cm (pp), da 30 a 50 cm (pm), da 55 a 75 cm (pg), da 80 a 100 cm (pmg) (Tabella 8.7).

S m ²	I _δ	
	pm	pg
25	1,971	0,595
50	2,622	0,394
100	1,795	0,738
200	2,138	0,749
400	1,283	1,041
800	1,297	0,912
1600	1,137	0,941
3200	0,671	0,359
6400	1,000	1,000

Tabella 8.7a - Indice di Morisita calcolato per alberi di medie dimensioni (pm) e alberi di grosse dimensioni (pg) all'interno della parcella 1.

Sia la categoria alberi molto piccoli (pp), sia la categoria alberi molto grandi (pmg) non è riportata in tabella poiché non è stato possibile ottenere valori dell'indice attendibili. Infatti, il numero di alberi campione è risultato inferiore al limite individuato da PARKER e PARKER (1994) e corrispondente a 40.

S	I_{δ}	
	pm	pg
m ²		
25	0,854	0,160
50	1,184	0,305
100	1,187	0,829
200	1,154	0,762
400	1,137	0,937
800	1,051	1,086
1600	0,995	0,961
3200	1,016	0,971
6400	1,000	1,000

Tabella 8.7b - Indice di Morisita calcolato per alberi di medie dimensioni (pm) e alberi di grosse dimensioni (pg) all'interno della parcella 2.

S	I_{δ}	
	pm	pg
m ²		
25	1,227	0,729
50	0,948	
100	1,161	0,928
200	1,347	2,286
400	1,138	1,108
800	1,147	1,571
1600	1,146	1,143
3200	1,057	1,143
6400	1,000	1,000

Tabella 8.7c - Indice di Morisita calcolato per alberi di medie dimensioni (pm) e alberi di grosse dimensioni (pg) all'interno della parcella 3.

S	I_{δ}	
	pm	pg
m ²		
25	1,175	0,729
50	0,981	0,970
100	1,245	0,253
200	1,008	0,727
400	1,073	1,012
800	1,006	1,778
1600	1,014	1,123
3200	1,000	0,929
6400	1,000	1,000

Tabella 8.7d - Indice di Morisita calcolato per alberi di medie dimensioni (pm) e alberi di grosse dimensioni (pg) all'interno della parcella 4.

Gli alberi appartenenti alle categorie sopra riportate, risultano distribuiti in aggregati all'interno della parcella 1. I valori riferiti alla parcella 2 non sono mai maggiori di 1 in maniera significativa e, considerando il rapporto $I_{\delta(S)} / I_{\delta(2S)}$, le dimensioni medie degli aggregati sono rappresentate dai picchi al di sopra del valore soglia mostrati nelle Figure 8.30 (a, b). Gli alberi di medie dimensioni si aggregano in piccoli gruppi di 100 m² di superficie, in gruppi di dimensioni medie su 400 m² di superficie e in grossi gruppi di 3200 m² di superficie. Gli alberi di grosse dimensioni si aggregano in piccoli gruppi di 50 m² di superficie e in gruppi di dimensioni medie – grosse su 3200 m² di superficie.

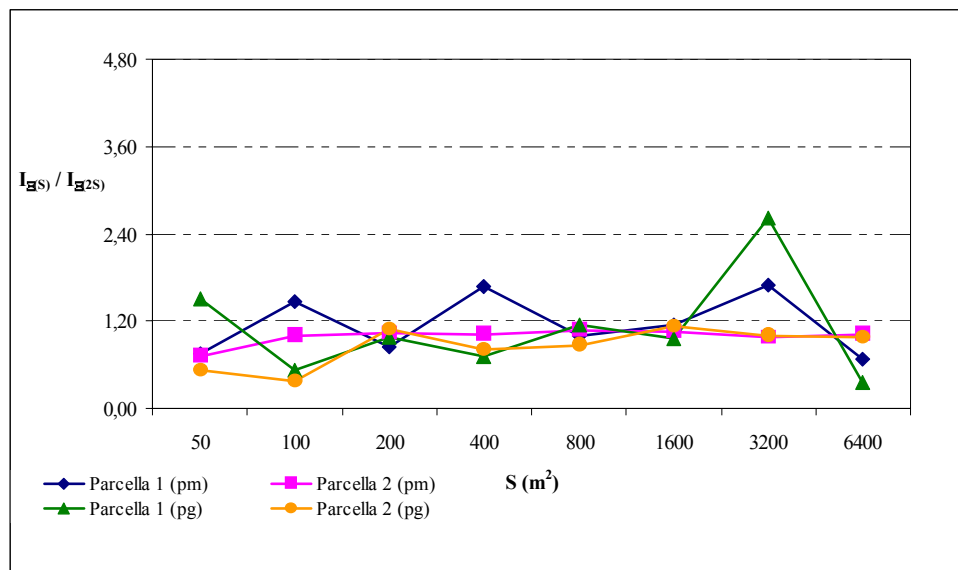


Figura 8.30a - Distribuzione del rapporto $I_{\delta(S)}/I_{\delta(2S)}$ per alberi di medie (pm) e grosse (pg) dimensioni all'interno delle parcelle 1 e 2.

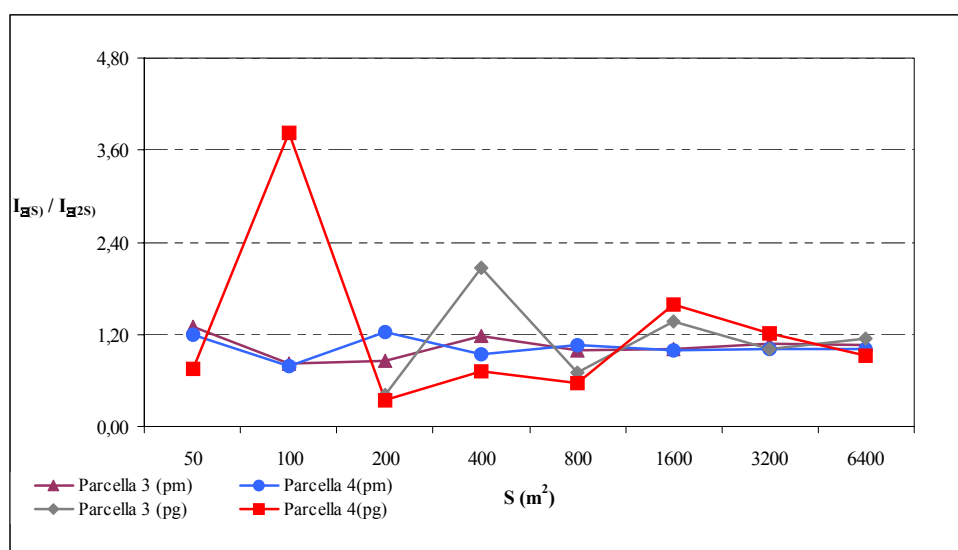


Figura 8.30b - Distribuzione del rapporto $I_{\delta(S)}/I_{\delta(2S)}$ per alberi di medie (pm) e grosse (pg) dimensioni all'interno della parcella 3 e 4.

All'interno della parcella 3, gli alberi di medie dimensioni non formano aggregati a differenza degli alberi di grosse dimensioni che si aggregano in gruppi di dimensioni medie di 400 m² di superficie e in grossi gruppi di 1600 m² di superficie. Anche all'interno della parcella 4, gli alberi di medie dimensioni non formano aggregati a differenza degli alberi di grosse dimensioni che si aggregano in gruppi di dimensioni medie su 100 m² di superficie e in grossi gruppi di 1600 m² di superficie.

8.1.1.4. Indice di Cox

Considerando tutti gli alberi indipendentemente dalle dimensioni, l'andamento dei valori medi del QI mostra una similitudine con i valori medi di I_{δ} . La distribuzione relativa alla parcella 3 è posizionata più in alto rispetto a tutte le altre e i valori all'interno di questa parcella sono maggiori di 1 in maniera significativa (Figura 8.31). La distribuzione degli alberi risulta dunque prevalentemente di tipo casuale all'interno delle parcelle 1, 2 e 4. All'interno della parcella 3 risulta una distribuzione di tipo aggregata. Considerando gli alberi suddivisi in classi di 10 e 25 cm (pp), 30 e 50 cm (pm), 55 e 75 cm (pg), 80 e 100 cm (pmg), non è stato possibile calcolare l'indice per le categorie di alberi piccoli e molto grossi poiché il numero di individui campione è risultato insufficiente. Gli aggregati sono costituiti per lo più da alberi di medie dimensioni che, rispetto agli alberi di grosse dimensioni, assumono valori dell'indice molto alti (6,30 all'interno della parcella 1) (Figura 8.32).

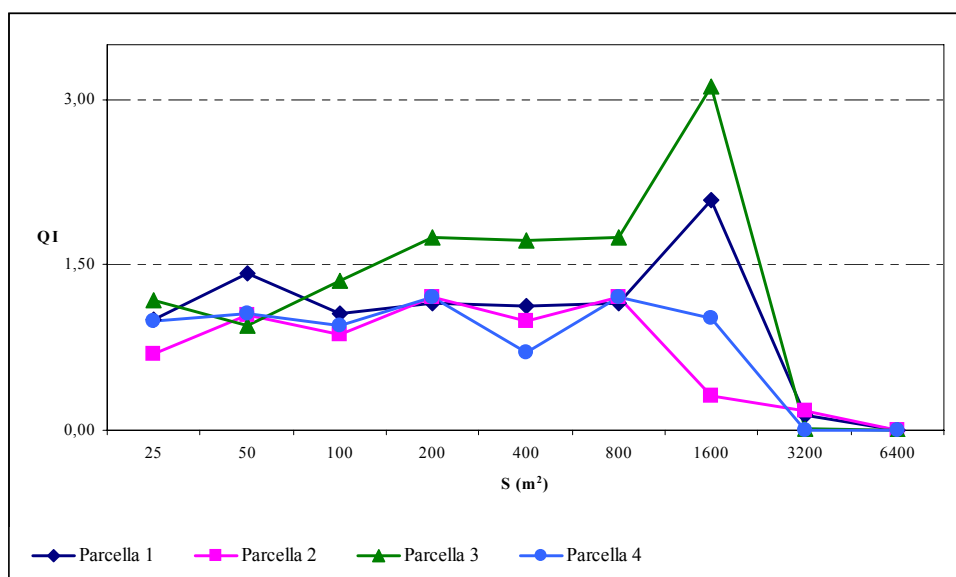


Figura 8.31 - Distribuzione del Quadrat Index (QI) per quadrati di superficie (S) crescente all'interno delle 4 parcelle della cerreta di Vetralla.

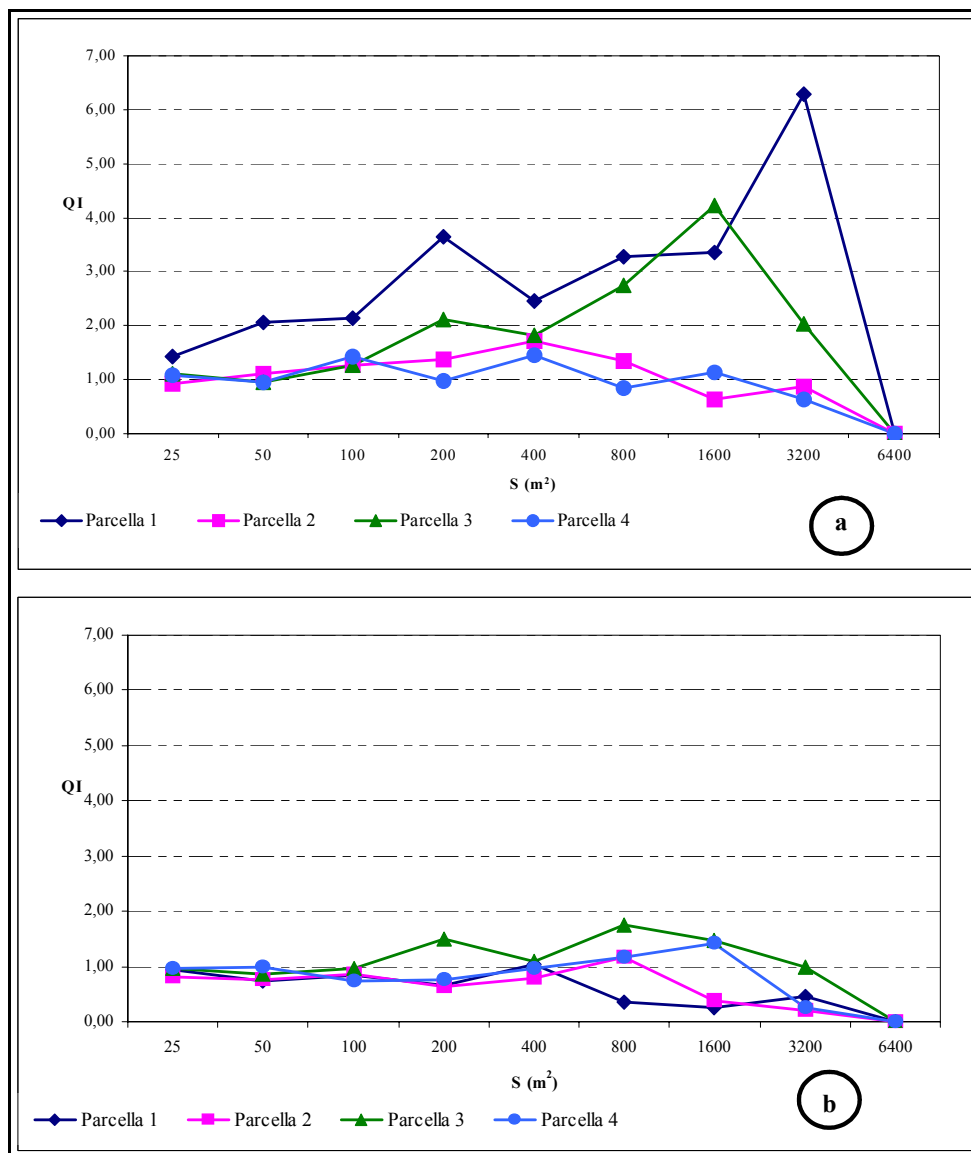


Figura 8.32 - Distribuzione del Quadrat Index (QI) relativo ad alberi di medie dimensioni (a) e alberi di grosse dimensioni (b) per quadrati di superficie (S) crescente all'interno delle 4 parcelle della cerreta di Vetralla.

8.1.1.5. Età e incrementi

L'età media degli alberi nelle quattro parcelle indagate varia da 52 a 93 anni. Le parcelle 1 e 2 risultano maggiori in termini di età media rispetto alle parcelle 3 e 4. I valori statistici riferiti all'età sono riportati in Tabella 8.8. Si nota una certa omogeneità in corrispondenza delle parcelle 1, 2 e 4 in cui si registra un intervallo temporale di $38 \div 51$ anni. I valori medi e le relative deviazioni standard consentono di affermare che si tratta di parcelle costituite da alberi tendenzialmente coetanei. La parcella 3 si differenzia in modo notevole poiché, pur presentando un'età media simile alle altre parcelle, l'intervallo temporale registrato varia tra un

minimo di 21 anni e un massimo di 136 anni ed è pari a 115 anni. La deviazione standard mostra la dispersione notevole degli anni misurati rispetto al valore medio. Si può concludere che la parcella è costituita da alberi disetanei.

Parcella	età media	dev std	età min	età max
1	93	19,39	67	118
2	85	14,94	71	109
3	52	33,09	21	136
4	49	21,02	23	73

Tabella 8.8 - Parametri relativi all'età degli alberi all'interno delle parcelle 1, 2, 3 e 4 della cerreta di Vetralla.

Mettendo in relazione i valori relativi all'età con i valori misurati di diametro si evince la relazione diretta tra le due variabili. Le età crescono insieme al diametro. Le caratteristiche sono modo molto simili tra le parcelle 1 e 2 in cui è prevalente una classe cronologica. Le rette relative alle parcelle 3 e 4 evidenziano l'affermazione di due classi cronologiche. (Figura 8.33). Si ha infatti una prima classe che comprende gli alberi con diametro compreso tra 10 e 55 cm. Gli alberi con diametro superiore a 55 cm sono caratterizzati da un intervallo di età più ampio che comprende valori maggiori di 85 anni (all'interno della parcella 3 fino a 136 anni). Oltre questa classe diametrica sulla curva di distribuzione c'è, quindi, la sovrapposizione delle frequenze della classe cronologica oggi numericamente preponderante con gli esemplari residui del precedente ciclo culturale.

Attraverso la lettura eseguita con il dendrocronografo è stato misurato l'incremento diametrico necessario alla stima dell'incremento percentuale e successivamente dell'incremento corrente di volume. Nel complesso, l'incremento percentuale varia tra 53,0 % e 1,0 % e presenta un andamento decrescente di tipo esponenziale all'aumentare dell'età. A livello di particella forestale, il valore medio è pari a 0,55% e a 0,49% rispettivamente per le particelle 86 e 83. L'incremento corrente calcolato per ciascuna classe di diametro, nel complesso, assume valori compresi tra $0,04 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ e $1,90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$. La curva ottenuta relazionando l'incremento corrente di classe diametrica con l'età evidenzia un andamento a parabola con un punto di massimo in corrispondenza di 67 anni. Il valori relativi alle due particelle forestali sono stimati pari a $2,69 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ (particella forestale 86) e $2,39 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ (particella 83).

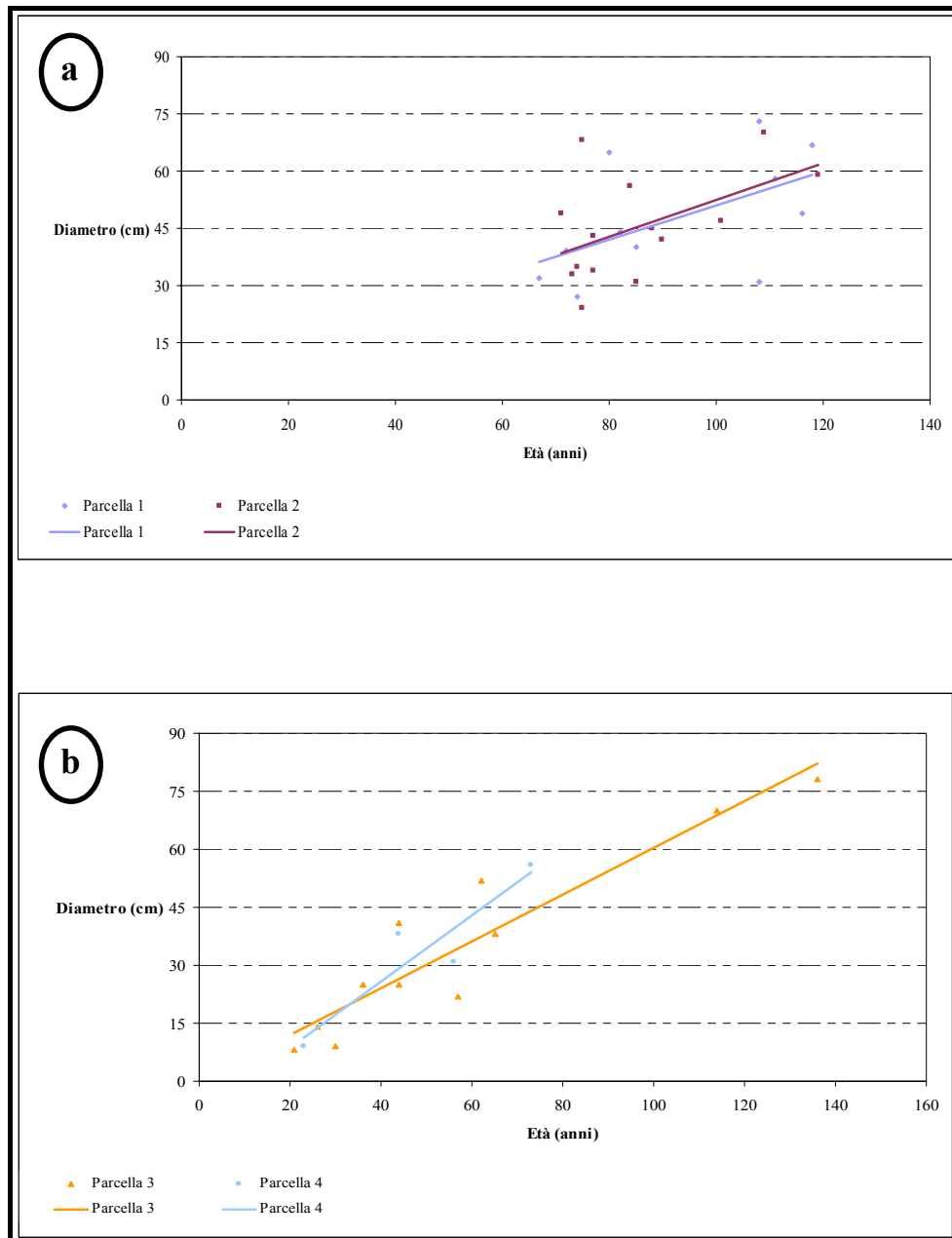


Figura 8.33 - Relazione tra il diametro a petto d'uomo e l'età degli alberi espressa in numero di anni nelle quattro parcelle sperimentali. I valori dell' r^2 relativi alle rette sono uguali a: 0.301 (parcella 1), 0.263 (parcella 2), 0.873 (parcella 3) 0.861 (parcella 4). a = particella forestale 86; b = particella forestale 83.

8.1.1.6. Lo strato di rinnovazione affermata

Il campionamento sistematico effettuato sugli alberi con diametro inferiore a 7,5 cm e sugli arbusti, ha fornito i risultati riportati in Tabella 8.9. Sono state censite 20 specie, di cui 12 arboree e 8 arbustive e in ogni punto di sondaggio sono state contate mediamente 6 specie, 4 arboree e 2 arbustive, con un minimo di 3 e un massimo di 10 specie e una deviazione standard pari a 1,57. Il numero delle specie arboree è quasi sempre superiore a quello delle arbustive. Il maggior numero di specie si è verificato all'interno delle parcelle 1 e 2, rispetto alle parcelle 3 e 4 dove

mancano l'acero opalo, l'orniello, il ciliegio e il castagno. Il carpino nero è la specie arborea distribuita in modo più uniforme, presente nel 79% delle unità di campionamento, con un basso coefficiente di variazione del dato da parcella a parcella.

	Parcella sperimentale				media	dev.std.	CV
	1	2	3	5			
Specie arboree	%	%	%	%			%
<i>Ostrya carpinifolia</i>	75,0	85,7	78,6	76,9	79,1	4,7	0,1
<i>Mespilus germanica</i>	91,7	85,7	85,7	30,8	73,5	28,6	0,4
<i>Quercus cerris</i>	50,0	50,0	42,9	15,4	39,6	16,5	0,4
<i>Acer campestre</i>	33,3	7,1	35,7	46,2	30,6	22,2	0,7
<i>Sorbus domestica</i>	16,7	42,9	0,0	7,7	16,8	18,7	1,1
<i>Malus silvestris</i>	16,7	0,0	21,4	23,1	15,3	10,6	0,7
<i>Acer opalus</i>	16,7	21,4	0,0	0,0	9,5	11,2	1,2
<i>Robinia pseudocacia</i>	0,0	7,1	0,0	23,1	7,6	10,9	1,4
<i>Sorbus torminalis</i>	0,0	14,3	14,3	0,0	7,1	8,3	1,2
<i>Prunus avium</i>	8,3	14,3	0,0	0,0	5,7	7,0	1,2
<i>Fraxinus ornus</i>	16,7	0,0	0,0	0,0	4,2	8,3	2,0
<i>Castanea sativa</i>	0,0	14,3	0,0	0,0	3,6	7,1	2,0

Specie arbustive							
<i>Corylus avellana</i>	58,3	57,1	92,9	100,0	77,1	22,5	0,3
<i>Crataegus oxyacantha</i>	91,7	85,7	100,0	92,3	92,4	5,9	0,1
<i>Ruscus aculeatus</i>	50,0	57,1	50,0	84,6	60,4	16,5	0,3
<i>Cornus mas</i>	58,3	28,6	42,9	69,2	49,7	17,8	0,4
<i>Cytisus spp</i>	8,3	28,6	0,0	0,0	9,2	13,5	1,5
<i>Rubia peregrina</i>	58,3	0,0	28,6	23,1	27,5	24,0	0,9
<i>Genista spp</i>	0,0	14,3	0,0	7,7	5,5	6,9	1,3
<i>Sambucus nigra</i>	0,0	0,0	7,1	30,8	9,5	14,6	1,5

Tabella 8.9 - Percentuale di unità di campionamento dello strato inferiore della cerreta di Vetralla in cui è stata censita ciascuna specie arborea e arbustiva.

Il nespolo, pur presente nel 74 % dei punti di sondaggio, ha una distribuzione meno uniforme poichè nella parcella 2 la percentuale scende al 31%. Analoga variabilità di distribuzione caratterizza anche il cerro, l'acero campestre e il sorbo domestico e si accentua sensibilmente per le specie più sporadiche. Tra le arbustive, la specie più uniformemente distribuita è risultata il biancospino. In ciascuna unità campionaria sono stati rilevati in media 59 fusti. 19 di essi (2420 per ettaro) sono di specie arboree. Il carpino nero ha la maggiore densità media, seguito dal nespolo, dal cerro e dall'acero campestre (Tabella 8.9). Queste quattro specie rappresentano il 72 % dei fusti mediamente presenti nelle unità campionarie. Tra le arbustive il 60% in media dei fusti è di nocciolo. La densità e lo sviluppo dimensionale dello strato arboreo e arbustivo inferiore varia da parcella a parcella. Le differenze possono essere messe in relazione, innanzitutto, alla densità della copertura

superiore. Nella parcella 1, dove l'area basimetrica relascopica media del soprassuolo principale in corrispondenza dei punti di campionamento è risultata la più alta, il numero totale di alberi censiti nelle unità campionarie è il più basso e ripartito equamente tra le specie arboree e arbustive (Tabella 8.10). Lo strato arbustivo raramente supera i 4 m di altezza mentre le specie arboree arrivano anche fino a 12 m.

Parcella	G relasc.	Specie arboree	Specie arbustive	Cerro	Carpino nero	Nespolo	Acerò campestre	Nocciolo
	(m ² ha ⁻¹)							
1	37,3	22,9	22,7	2,8	7,4	4,4	1,9	7,6
2	31,6	23,1	36,2	1,7	10,1	5,1	0,3	17,9
3	28,9	18,5	33,7	1,4	6,5	4,9	0,9	18,6
4	29,9	13,1	67,5	0,4	6,2	1,0	1,4	53,2

Tabella 8.10 - Valori medi di area basimetrica relascopica (G relsc.) e del numero di alberi presenti nelle unità di campionamento dello strato inferiore della cerreta di Vetralla.

Nelle altre tre parcelle, invece, dove i valori medi di area basimetrica relascopica sono più bassi, la densità totale di fusti nello strato inferiore è maggiore e quella delle specie arbustive è superiore a quella delle specie arboree. Inoltre, la presenza del nocciolo è più cospicua e compete quanto a dimensioni con le specie arboree. Nella parcella 4, in particolare, a questa specie appartengono il 66% in media dei fusti censiti nelle unità di campionamento, quasi l'80% se si considerano solo quelli di specie arbustive. I fusti di nocciolo raggiungono anche i 9 m di altezza sovrastando quelli delle specie arboree. Va precisato, tuttavia, che il 24% in media di essi è morto in piedi e il 18,5% ha la cima disseccata.

Lo sviluppo del nocciolo ha influenzato soprattutto l'affermarsi della rinnovazione di nespolo e cerro la cui densità di fusti nelle unità di campionamento è sensibilmente inferiore nella parcella 4 rispetto alle altre.

La Tabella 8.11 fornisce, per ciascuna parcella, informazioni sulla distribuzione dei fusti in funzione di categorie dimensionali di diametro e di altezza all'interno dei punti di campionamento. In tutte e quattro le parcelle, la maggior parte dei fusti ha un diametro inferiore a 3 cm e un'altezza maggiore di 1 m.

La diversità specifica relativa allo strato inferiore, è stata quantificata attraverso la determinazione dell'indice di Shannon. L'indice è stato calcolato in corrispondenza di ciascuna unità di campionamento per tutte le specie, per le specie arboree e per le specie arbustive.

Parcella 1				
	%	media	dev std	CV
D < 3 cm	71	33	14,43	0,44
D = 3 cm	11	5	4,15	0,8
D > 3 cm	17	8	6,46	0,82
H < 1 m	26	12	11,42	0,96
H = 1 m	4	2	2,29	1,25
H > 1 m	70	32	11,8	0,37
Parcella 2				
	%	media	dev std	CV
D < 3 cm	77	46	22,77	0,5
D = 3 cm	13	8	8,21	1,07
D > 3 cm	10	6	7,18	1,17
H < 1 m	31	18	13,19	0,72
H = 1 m	4	2	2,1	0,89
H > 1 m	65	39	14,37	0,37
Parcella 3				
	%	media	dev std	CV
D < 3 cm	66	35	16,15	0,47
D = 3 cm	20	10	6,44	0,62
D > 3 cm	14	7	7,49	1,05
H < 1 m	15	8	10,72	1,4
H = 1 m	2	1	1,21	1,13
H > 1 m	83	44	16,63	0,38
Parcella 4				
	%	media	dev std	CV
D < 3 cm	47	38	15,92	0,42
D = 3 cm	31	25	14,89	0,6
D > 3 cm	23	18	11,96	0,66
H < 1 m	11	9	9,24	1,01
H = 1 m	6	5	5,4	1,03
H > 1 m	82	66	22,81	0,34

Tabella 8.11 – Numero di fusti per classi dimensionali e parametri statistici relativi all'interno delle quattro parcelle della cerreta di Vetralla. D = diametro; H = altezza; dev std = deviazione standard; CV = coefficiente di variazione.

	Parcella 1		Parcella 2		Parcella 3		Parcella 4	
	Medio	Dev std	Medio	Dev std	Medio	Dev std	Medio	Dev std
Totale	1,49	0,361	1,3	0,35	1,34	0,302	1,06	0,371
Alberi	0,89	0,538	0,91	0,423	0,75	0,454	0,66	0,413
Arbusti	0,75	0,383	0,57	0,275	0,82	0,274	0,7	0,331

Tabella 8.12 - Valori medi e deviazione standard dell'indice di Shannon calcolato per tutte le specie, per le specie arboree e le specie arbustive, all'interno delle parcelle della cerreta di Vetralla.

L'indice mediamente assume il valore più alto in corrispondenza della parcella 1 e il valore più basso all'interno della parcella 4. Osservando le distribuzioni dei valori dell'indice nelle unità di campionamento si nota la variabilità dei valori, evidenziato anche dalle deviazioni standard calcolate e riportate in Tabella 8.12.

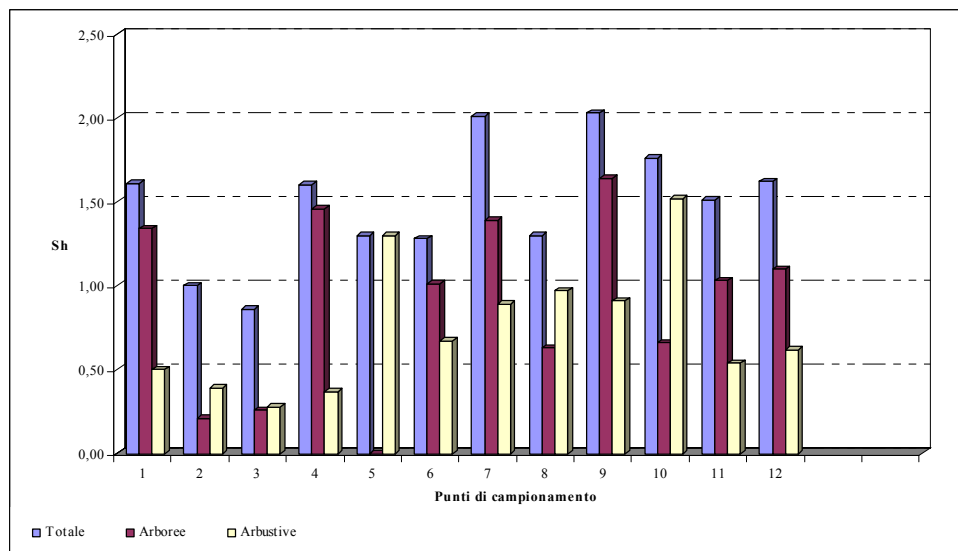


Figura 8.34a - Distribuzione dell'indice di Shannon calcolato per tutte le specie, le arboree e le arbustive all'interno della parcella 1.

L'indice calcolato per le specie arboree è prevalentemente maggiore del valore riferito alle specie arbustive all'interno di tutte le parcelle. I casi sporadici in cui l'indice calcolato per le specie arboree è nullo si è riscontrato in corrispondenza di una unità di campionamento all'interno delle parcella 1 2 e 3, in corrispondenza di 3 unità di campionamento all'interno della parcella 4 (Figure 8.34 a, b, c, d).

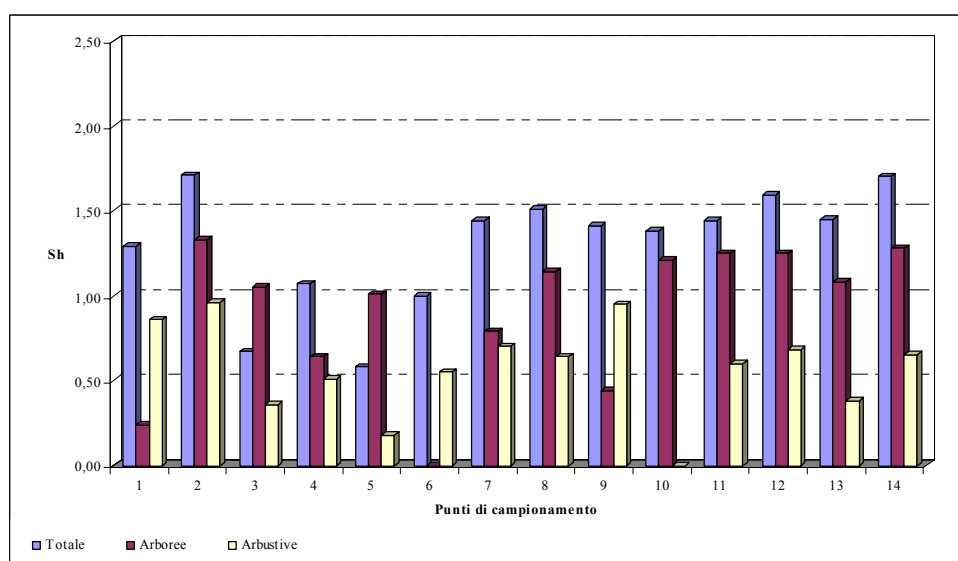


Figura 8.34b - Distribuzione dell'indice di Shannon calcolato per tutte le specie, le arboree e le arbustive all'interno della parcella 2.

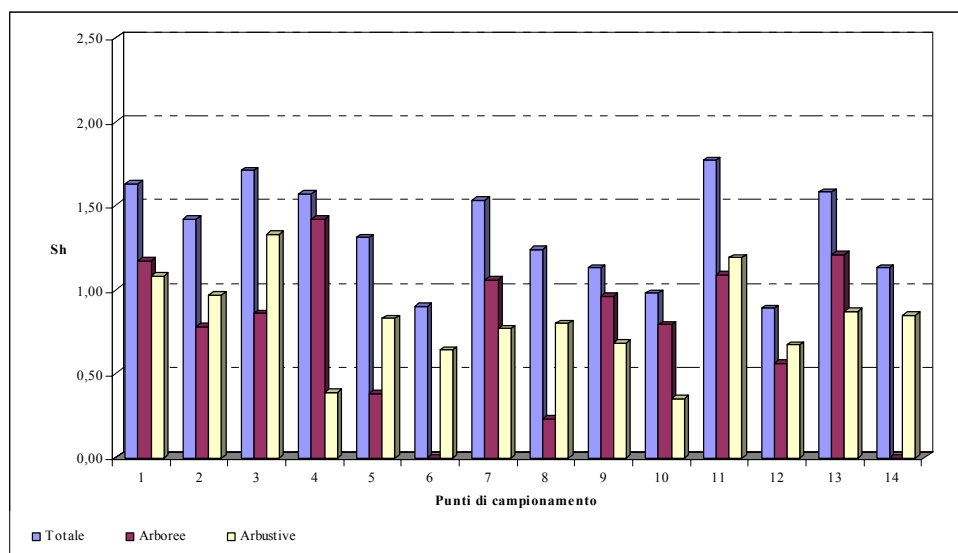


Figura 8.34c - Distribuzione dell'indice di Shannon calcolato per tutte le specie, le arboree e le arbustive all'interno della parcella 3.

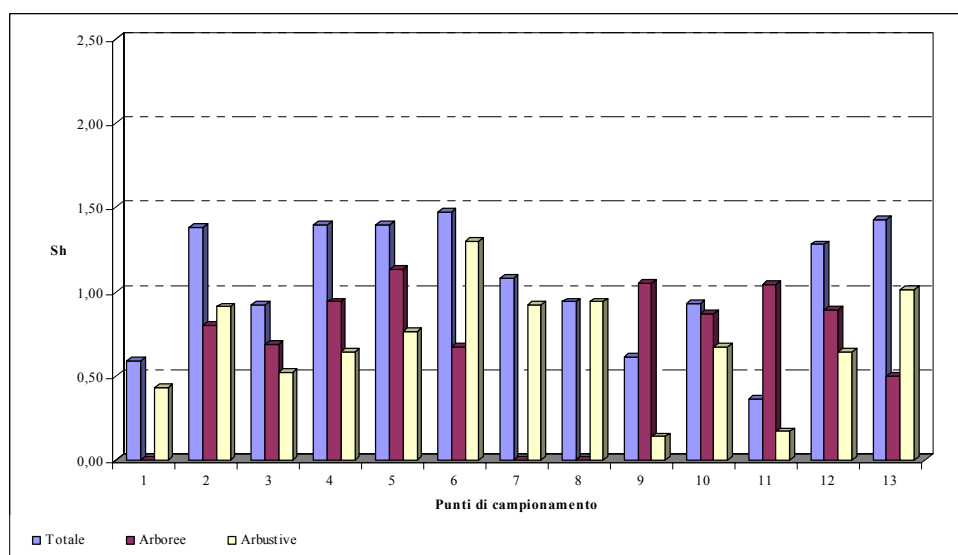


Figura 8.34d - Distribuzione dell'indice di Shannon calcolato per tutte le specie, le arboree e le arbustive all'interno della parcella 4.

8.1.1.7. Analisi storica

Nella Figura 8.35 è riportato l'andamento nel tempo della provvigione legnosa nelle due particelle oggetto della ricerca. I dati sono ricavati dai piani di assestamento realizzati nel 1937 (GIOVE), nel 1958 (PATRONE a) e nel 1971 (PATRONE b), dal cavallettamento totale eseguito nel 1991 (MASSELLA, 1993) e dai rilievi effettuati nell'ambito del presente studio. Si tratta di valori medi indicativi in quanto derivano da rilievi che hanno riguardato superfici di diversa estensione. Entrambe le particelle nel 1937 facevano parte della stessa serie di taglio, estesa quasi 150 ettari. Nel 1958 venne creata la particella 86 mentre la 83 faceva parte di

un comparto di maggiore estensione e venne definita secondo gli attuali confini dal piano di assestamento successivo. Inoltre, i volumi legnosi sono stati ricavati con diversi sistemi di cubatura. Al di là dei limiti di comparabilità dei dati, appare comunque evidente il forte aumento della provvigione legnosa negli ultimi quarantacinque anni. Stando a quanto riportato nel registro delle utilizzazioni della Stazione Forestale di Vetralla (SANTORO, 2004), nella particella 83 l'ultimo intervento selvicolturale è stato realizzato nella stagione silvana 1974-75 ed ha asportato in media 82 m^3 per ettaro, mentre nella particella 86 sono stati utilizzati circa 30 m^3 per ettaro nelle annate silvane 1969-70 e 1970-71. Questa differenza di prelievo di massa legnosa può spiegare la divaricazione delle due curve a partire dagli anni '70. Contemporaneamente alla riduzione dei tagli a carico del soprassuolo quercino per la produzione di traverse ferroviarie, è andato sensibilmente diminuendo l'uso civico di legnatico sul cosiddetto "legno dolce". questa pratica ha comportato la sistematica ceduzione con turni molto brevi delle latifoglie diverse dal cerro presenti nello strato inferiore dei popolamenti.

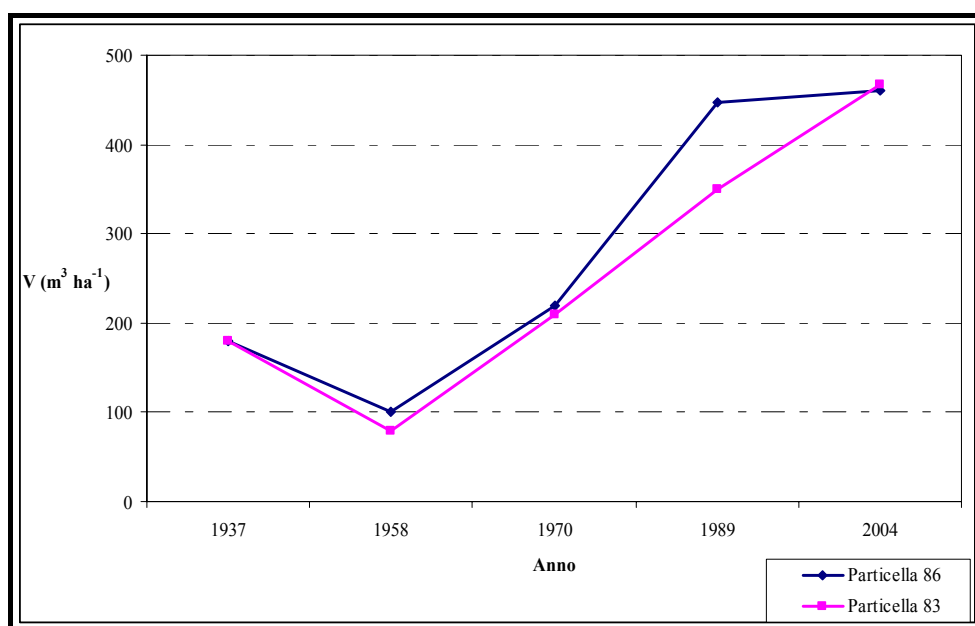


Figura 8.35 – Andamento nel tempo della provvigione legnosa nelle due particelle forestali.

In Tabella 8.13 sono riportati i dati dendrometrici rilevati da MASSELLA (1993). Dal 1989 al 2004 ciò che emerge dal confronto dei parametri dendrometrici è la notevole diminuzione del numero di alberi a ettaro, dovuta molto probabilmente alle più recenti e più intense utilizzazioni rispetto alla parcella 86, e che ha determinato un aumento di area basimetrica e, di conseguenza l'aumento di oltre $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ di provvigione accumulata all'interno della parcella 83. La parcella 86, seppur in positivo, è oggi caratterizzata da variazioni più contenute.

		Dg	Hm	Hd	S	N	G	V
Particella	Anno	cm	m	m	m	NP ha ⁻¹	m ² ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹
83	1989	32	23,3	25,6	29,5	342	28,65	350,1
	2004	43	28,5	29,6	32,5	201	29,23	466,7
86	1989	42	27,7	28,9	33,4	229	34,76	446,7
	2004	41	28,2	29,5	31,8	222	29,25	461,3

Tabella 8.13 - Confronto dei dati dendrometrico misurati per la cerreta di Vetralla. Anno di rilevamento 1989: Massella (1993).

8.1.2. Rapporti tra struttura elementare e complessiva

8.1.2.1. Aree di saggio a superficie costante

La Figura 8.36 raffigura un esempio di sottocampione rettangolare costituito da 15 microaree di forma quadrata e con una superficie pari a 800 m² estratto a seguito della mappatura degli alberi all'interno di una delle quattro parcelle.

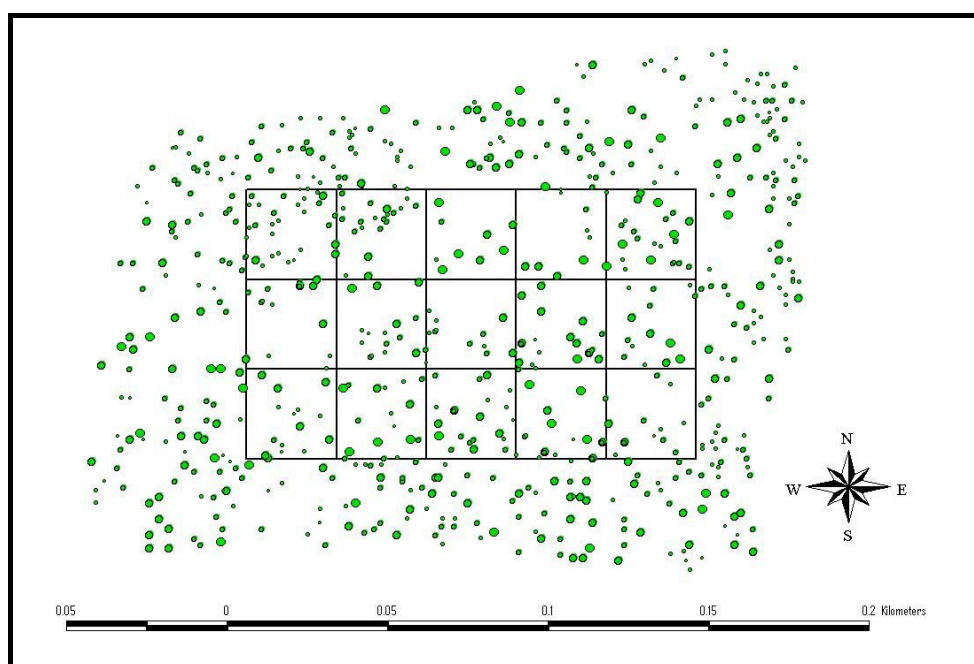


Figura 8.36 – Esempio di sottocampione di aree quadrate contigue di superficie costante all'interno della cerreta di Vetralla.

L'analisi del sottocampione ha fornito i risultati riportati in Tabella 8.14. I valori medi relativi al numero di alberi a ettaro, all'area basimetrica a ettaro, al diametro e all'altezza media, al volume a ettaro sono abbastanza concordi con i valori relativi alle parcelle da cui è stato estratto ciascun sottocampione. Pur essendo tutti contraddistinti da parametri simili rispetto ai valori determinati a livello di parcella, i sottocampioni estratti all'interno delle parcelle 1 e 2, rispetto ai sottocampioni

estratti all'interno delle parcelle 3 e 4, presentano valori più uniformi alle parcelle in cui sono inseriti.

Parcelle 1								
		totale	media	Δ %	dev std	CV	min	max
N	NP ha ⁻¹	216	216	0,00	76,6	0,35	115	408
G	m ² ha ⁻¹	33,34	35,98	-7,92	10,81	0,3	19,52	57
Dg	cm	44	44	0,00	5,78	0,13	37	60
H _m	m	28,68	28,62	0,21	0,88	0,03	27,3	30,68
V	m ³ ha ⁻¹	529,7	583,2	-10,10	206,83	0,35	310	1102,1
Parcelle 2								
		totale	media	Δ %	dev std	CV	min	max
N	NP ha ⁻¹	189	197	-4,23	53,22	0,27	115	332
G	m ² ha ⁻¹	31,47	35,99	-14,36	10,48	0,29	22,83	64,27
Dg	cm	46	47	-2,17	3,96	0,08	38	51
H _m	m	29,03	29,13	-0,34	0,7	0,02	27,38	29,84
V	m ³ ha ⁻¹	501,7	532,7	-6,18	143,7	0,27	310	895,4
Parcelle 3								
		totale	media	Δ %	dev std	CV	min	max
N	NP ha ⁻¹	214	196	8,41	70,33	0,36	102	319
G	m ² ha ⁻¹	26,99	26,41	2,15	7,89	0,3	14,16	36,61
Dg	cm	40	37	7,50	4,14	0,11	33	46
H _m	m	27,94	27,32	2,22	0,82	0,03	26,41	26,41
V	m ³ ha ⁻¹	431,7	530,4	-22,86	189,88	0,36	275,5	861
Parcelle 4								
		totale	media	Δ %	dev std	CV	min	max
N	NP ha ⁻¹	230	220	4,35	49,74	0,23	115	306
G	m ² ha ⁻¹	31,51	34,32	-8,92	7,33	0,21	18,87	45,03
Dg	cm	42	43	-2,38	3,11	0,07	36	46
H _m	m	28,53	28,62	-0,32	0,43	0,02	27,64	29,08
V	m ³ ha ⁻¹	490,9	594,7	-21,14	134,31	0,23	310	826,5

Tabella 8.14 – Statistiche relative ai parametri dendrometrici calcolati per quadrati di superficie costante pari a 800 m². Δ % = scarto percentuale tra il valore totale e la media aritmetica, dev std = deviazione standard, CV = coefficiente di variazione, min = valore minimo, max = valore massimo. N = numero di alberi a ettaro, G = area basimetrica a ettaro, Dg = diametro medio, H_m = altezza media, V = volume a ettaro.

La differenza tra i valori totali dei diversi parametri dendrometrici delle 15 aree elementari e i rispettivi valori medi della parcella sperimentale è contenuta entro il 10% nella maggior parte dei casi. Fanno eccezione il volume a ettaro delle parcelle 3 e 4 (-22,86% e -21,14% rispettivamente) e l'area basimetrica della parcella 2 (-14,4%). All'interno delle aree sottocampione, come dimostrano la deviazione standard e il coefficiente di variazione, la variabilità dei parametri dendrometrici è bassa per quanto riguarda l'altezza media e il diametro medio, mentre è piuttosto

elevata per quanto riguarda il numero degli alberi, l'area basimetrica e il volume legnoso.

In definitiva, all'interno della cerreta, la fertilità stazionale e le dimensioni medie degli alberi sono costanti mentre la densità è molto variabile. Le differenze tra un'area elementare e un'altra possono essere anche molto elevate come dimostrano i valori estremi registrati.

8.1.2.2. Aree di saggio a superficie variabile

La Figura 8.37 raffigura un esempio di aree di saggio circolari e concentriche individuate attraverso la mappatura degli alberi all'interno di una delle quattro parcelle.

L'indagine condotta all'interno delle aree di saggio virtuali ha determinato i risultati riportati in Tabella 8.15. I dati sono stati confrontati in base all'aumento della superficie tra le singole aree di saggio e poi confrontati rispetto ai valori medi calcolati a livello di intera parcella. I valori nell'insieme non mostrano sostanziali differenze al variare della superficie tranne che per la parcella 3 che presenta caratteristiche interessanti.

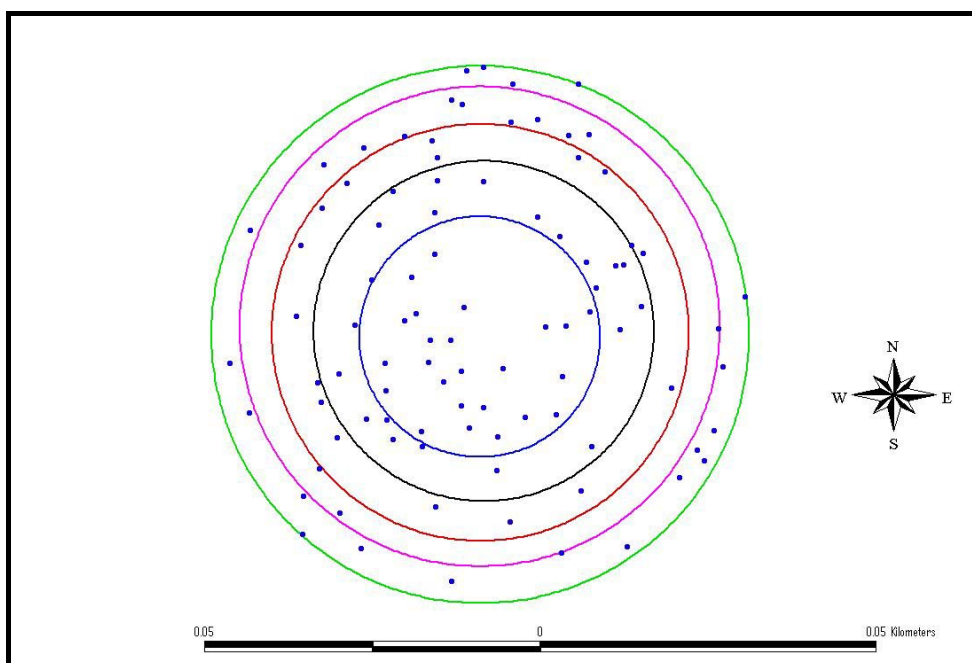


Figura 8.37 – Raffigurazione di 5 aree di saggio concentriche di superficie crescente pari a 1000 m² (blu), 2000 m² (nero), 3000 m² (rosso), 4000 m² (viola) e 5000 m² (verde) individuate attraverso la mappatura degli alberi all'interno della parcella 3 della cerreta di Vetralla.

In corrispondenza dell'area di saggio più piccola (1000 m²), il numero di alberi a ettaro risulta pari a 350 NP ha⁻¹, il diametro medio è pari a 37 cm e il volume a ettaro è di 567 m³ ha⁻¹.

Parcella 1							
s	m ²	1000	2000	3000	4000	5000	totale
Dg	cm	44	48	46	48	47	44
N	NP ha ⁻¹	180	160	177	175	176	216
G	m ² ha ⁻¹	27,76	29,09	29,47	31,77	30,59	33,34
H _m	m	28,68	29,26	28,96	29,25	29,1	28,68
V	m ³ ha ⁻¹	439,3	473,7	473,7	519,6	495,7	529,7
Parcella 2							
s	m ²	1000	2000	3000	4000	5000	totale
Dg	cm	44	43	47	47	48	46
N	NP ha ⁻¹	240	190	210	188	190	189
G	m ² ha ⁻¹	37,33	27,79	36,74	33,18	34,67	31,47
H _m	m	28,76	28,52	29,21	29,25	29,37	29,03
V	m ³ ha ⁻¹	587,5	428,4	591,1	534,9	562,2	501,7
Parcella 3							
s	m ²	1000	2000	3000	4000	5000	totale
Dg	cm	37	37	40	42	41	40
N	NP ha ⁻¹	350	265	220	208	222	214
G	m ² ha ⁻¹	37,33	29,27	26,98	28,24	29,38	26,99
H _m	m	27,28	27,42	27,83	28,22	28,12	27,94
V	m ³ ha ⁻¹	566,5	449	421,8	451,4	468,6	431,7
Parcella 4							
s	m ²	1000	2000	3000	4000	5000	totale
Dg	cm	41	43	45	46	46	42
N	NP ha ⁻¹	190	210	207	200	216	230
G	m ² ha ⁻¹	25,09	30,18	32,18	32,57	35,73	31,51
H _m	m	28,42	28,65	28,87	28,98	29,02	28,53
V	m ³ ha ⁻¹	386,2	471,3	512,2	524,4	575,9	490,9

Tabella 8.15 – Confronto tra i parametri dendrometrici calcolati all'interno delle aree di saggio concentriche di superficie crescente e i parametri dendrometrici calcolati all'interno delle 4 parcelle della cerreta di Vetralla. s = superficie; Dg = diametro medio; N = numero di alberi a ettaro; G = area basimetrica a ettaro; H_m = altezza media; V = volume a ettaro. In rosso sono stati evidenziati i valori che più si discostano rispetto al valore totale.

Se i valori dendrometrici di densità all'interno delle aree elementari aventi estensione dell'ordine di un decimo di ettaro possono essere anche molto diversi tra loro, all'aumentare della superficie considerata essi tendono ad avvicinarsi al valore della parcella sperimentale come dimostrano i risultati dell'analisi compiuta su aree circolari concentriche di superficie crescente. All'aumentare della

superficie i valori medi si avvicinano progressivamente ai valori calcolati a livello di parcella e quindi, in corrispondenza dell'area maggiore (5000 m^2) il numero di alberi a ettaro si riduce fino a 220 alberi a ettaro, il diametro medio aumenta fino a 41 cm e il volume a ettaro subisce una riduzione di $97,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Anche la parcella 2 è caratterizzata da simili cambiamenti (diminuzione del numero di alberi, aumento delle dimensioni e diminuzione del volume), ma le variazioni sono più contenute. Nella maggior parte dei sistemi di aree concentriche le maggiori differenze rispetto ai valori totali della parcella si registrano nell'area più piccola.

8.2. La cerreta di Macchia Grande di Manziana

In Figura 8.38 sono riportate le 4 parcelle esaminate all'interno della cerreta di Macchia Grande di Manziana e indicate con numerazione 1, 2, 3 e 4.

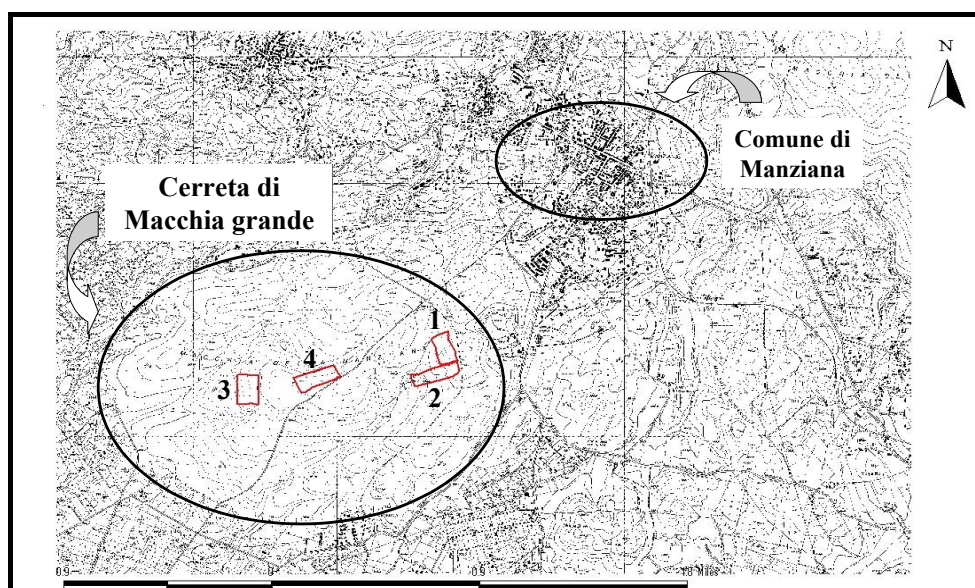


Figura 8.38 - Individuazione delle 4 parcelle esaminate all'interno della cerreta di Macchia Grande di Manziana.

8.2.1. Struttura somatica e cronologica complessiva

8.2.1.1. Aspetti dendrometrici del popolamento principale

La specie arborea maggiormente rappresentata nel soprassuolo principale è il cerro (80%). Oltre al cerro, l'altra specie quercina caratterizzante il soprassuolo principale è il farnetto con il 5% di presenza. La presenza di altre latifoglie nelle quattro parcelle è pari al massimo al 15% del numero degli alberi. Si tratta di individui sparsi di acero campestre (*Acer campestre* L.), agrifoglio (*Ilex aquifolium* L.), carpino nero (*Ostrya carpinifolia* Scop.), melo selvatico (*Malus silvestris* Mill.), nespolo (*Mespilus germanica* L.), olmo (*Ulmus minor* Mill.) e orniello (*Fraxinus ornus* L.) con diametro compreso nelle classi di 10 e 15 cm. I parametri dendrometrici elaborati a seguito del cavallettamento degli alberi con diametro a 1,30 m superiore a 7,5 cm, sono illustrati in Tabella 8.16. A livello di particella, le cerrete presentano caratteri dendrometrici abbastanza simili tra loro. Confrontando i parametri dendrometrici calcolati con i valori riportati nella tavola alsometrica locale a una entrata per la cerreta di Macchia Grande di Manziana (GEMIGNANI, 1966), si può affermare che il soprassuolo è formato da un numero di alberi non molto alto, che le dimensioni medie degli alberi, sia in termini di diametro che di altezza, superano i rispettivi valori riportati sulla tavola e, di conseguenza, anche il

volume a ettaro è più elevato. I dati confermano la buona fertilità della stazione e l'elevato di volume legnoso accumulato.

	s	N	G	D _g	H _m	H ₁₀₀	S	V
Parcella	ha	NP ha ⁻¹	m ² ha ⁻¹	cm	m	m	m	m ³ ha ⁻¹
1	2.78.00	198	28,29	42,7	28,69	29,86	34,7	472,3
2	3.29.90	210	24,59	38,6	25,46	29,13	34,85	371,4
3	3.44.20	226	36,12	45,1	30,74	33,5	37,59	582,1
4	3.46.60	199	36,94	48,6	33,8	35,52	39,14	603,3

Tabella 8.16 - Principali parametri dendrometrici relativi alle quattro parcelle ricadenti nella cerreta di Macchia Grande di Manziana. s = superficie; D_g = diametro medio; H_m = altezza media; H₁₀₀ = altezza dominante; S = statura; N = numero di alberi per ettaro; G = area basimetrica per ettaro; V = volume per ettaro.

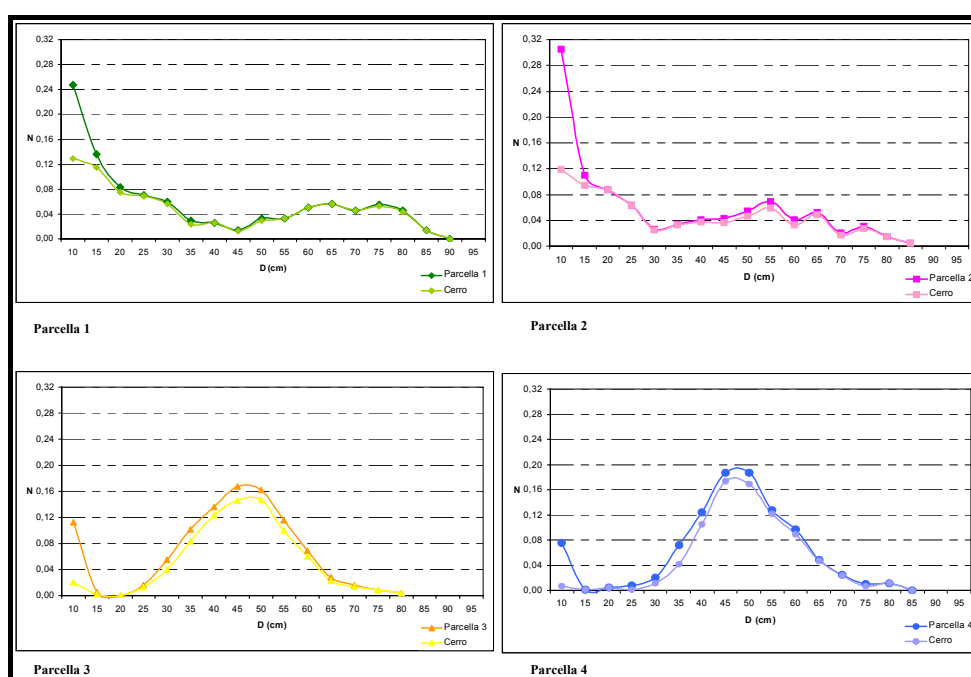


Figura 8.39 - Distribuzione per classi di diametro delle frequenze relative (N) del numero di alberi all'interno delle quattro parcelle ricadenti nella cerreta di Macchia Grande di Manziana.

Nelle parcelle 1 e 2 gli alberi presentano dimensioni medie inferiori rispetto alle altre parcelle. Ciò si riflette su una minore area basimetrica e sulla curva di distribuzione delle frequenze diametriche. E' stato individuato un range diametrico compreso tra i valori di classe 10 cm e 90 cm all'interno della parcella 1, tra 10 cm e 85 cm all'interno della parcella 2, tra 10 cm e 80 cm all'interno della parcella 3 e tra 10 cm e 85 cm all'interno della parcella 4. La figura 8.39 raffigura le distribuzioni delle frequenze relative del numero di alberi a ettaro sia per la totalità delle specie presenti che per il cerro. In tutti i casi risulta evidente la presenza di alberi appartenenti a specie diverse dal cerro in corrispondenza delle classi di diametro minori di 20 cm (parcelle 1 e 2) e 25 cm (parcelle 3 e 4). Oltre la classe di

diametro di 75 cm, le frequenze sono quasi nulle. Nelle parcelle 1 e 2 la distribuzione del numero di alberi per classi di diametro evidenzia un andamento tendenzialmente decrescente con maggiore frequenza del numero di alberi in corrispondenza delle classi diametriche inferiori (10 - 15 cm) e alcuni massimi secondari nelle classi diametriche maggiori. Nelle parcelle 3 e 4, si verifica una distribuzione delle frequenze del numero di alberi di tipo unimodale, con la moda nelle classi diametriche centrali 45 e 50 cm, rispettivamente nella parcella 3 e 4 (Figura 8.39). In entrambi i casi vi è un massimo secondario in corrispondenza della classe di 10 cm, costituito in gran parte da specie diverse dal cerro.

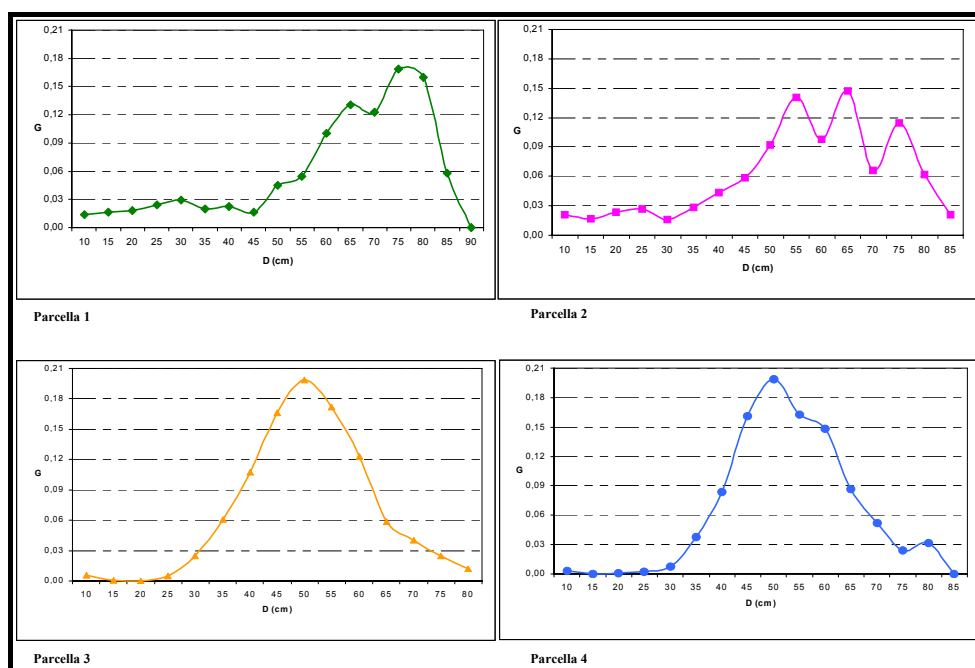


Figura 8.40 - Distribuzione per classi di diametro delle frequenze relative (G) dell'area basimetrica degli alberi all'interno delle quattro parcelle ricadenti nella cerreta di Macchia grade di Manziana.

L'andamento delle curve di distribuzione dell'area basimetrica a ettaro per classi di diametro, risulta plurimodale all'interno delle parcelle 1 e 2, con un picco principale in corrispondenza rispettivamente delle classi di diametro di 75 cm e di 65 cm (Figura 8.40). Le distribuzioni riscontrate all'interno delle parcelle 3 e 4 mostrano un valore modale in corrispondenza, per entrambe le parcelle, della classe di diametro di 50 cm. All'interno della parcella 2 è stato calcolato un valore di volume lievemente inferiore rispetto alla tavola alsometrica. I dati confermano la buona fertilità della stazione e l'elevato di volume legnoso accumulato. Nelle parcelle 1 e 2 gli alberi presentano dimensioni medie inferiori rispetto alle altre parcelle. Ciò si riflette su una minore area basimetrica.

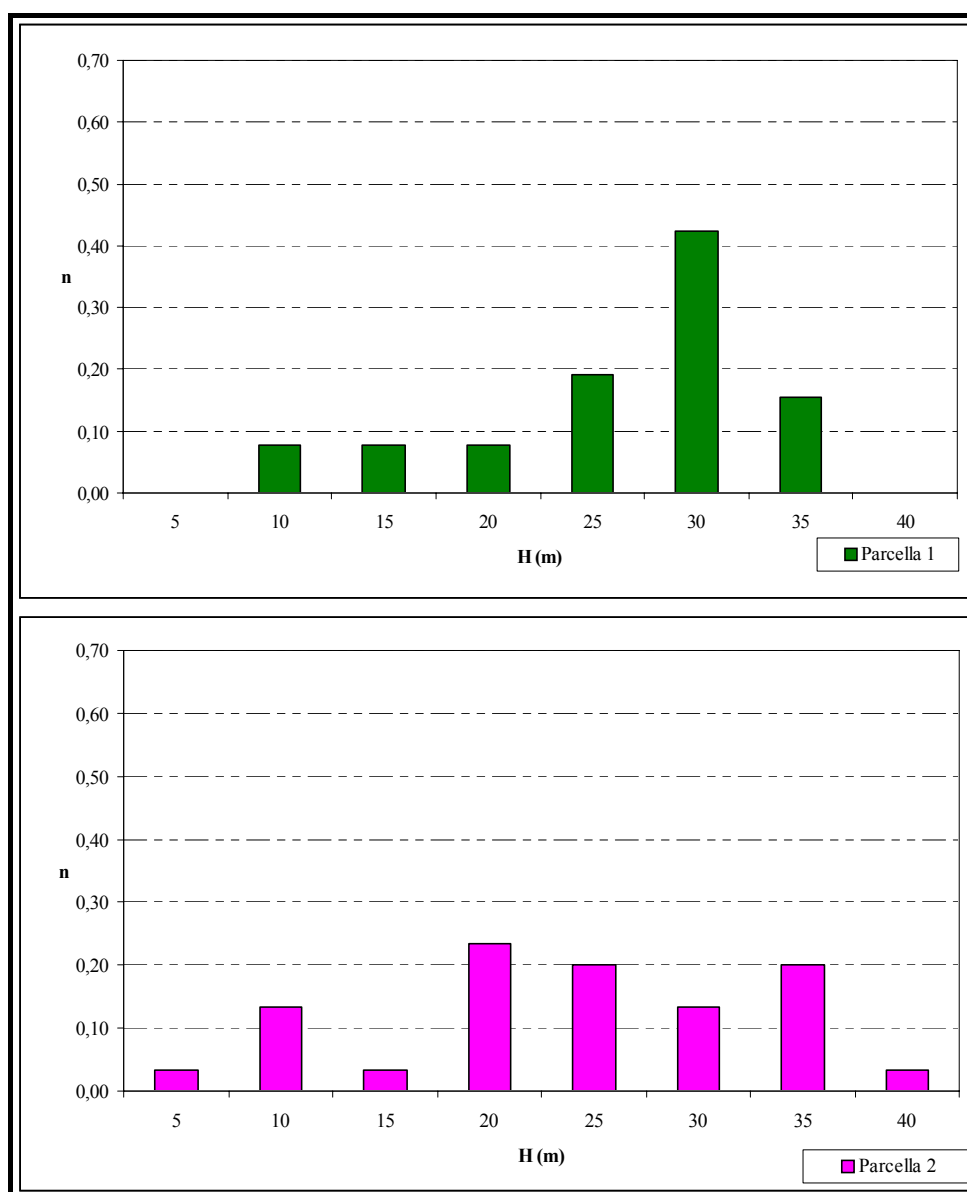


Figura 8.41 - Distribuzione per classi di altezza delle frequenze relative (n) degli alberi all'interno delle parcelle 1 e 2 della cerreta di Macchia Grande di Manziana.

Sulla base di 121 alberi modello delle altezze, in media 30 alberi per ciascuna parcella, sono state calcolate le curve ipsometriche (Tabella 8.17). E' stato individuato un range di altezze compreso tra 4,7 m e 39,5 m all'interno delle parcelle 1 e 2 e la distribuzione delle frequenze relative del numero di alberi per classi di altezza indica come gli alberi campione tendono a dividersi in due raggruppamenti: uno tra le classi di 10 e 20 m, un altro avente un picco in corrispondenza della classe di 30 m, molto più evidente in corrispondenza della parcella 1 rispetto alla parcella 2, caratterizzata quest'ultima da una maggiore stratificazione (Figura 8.41).

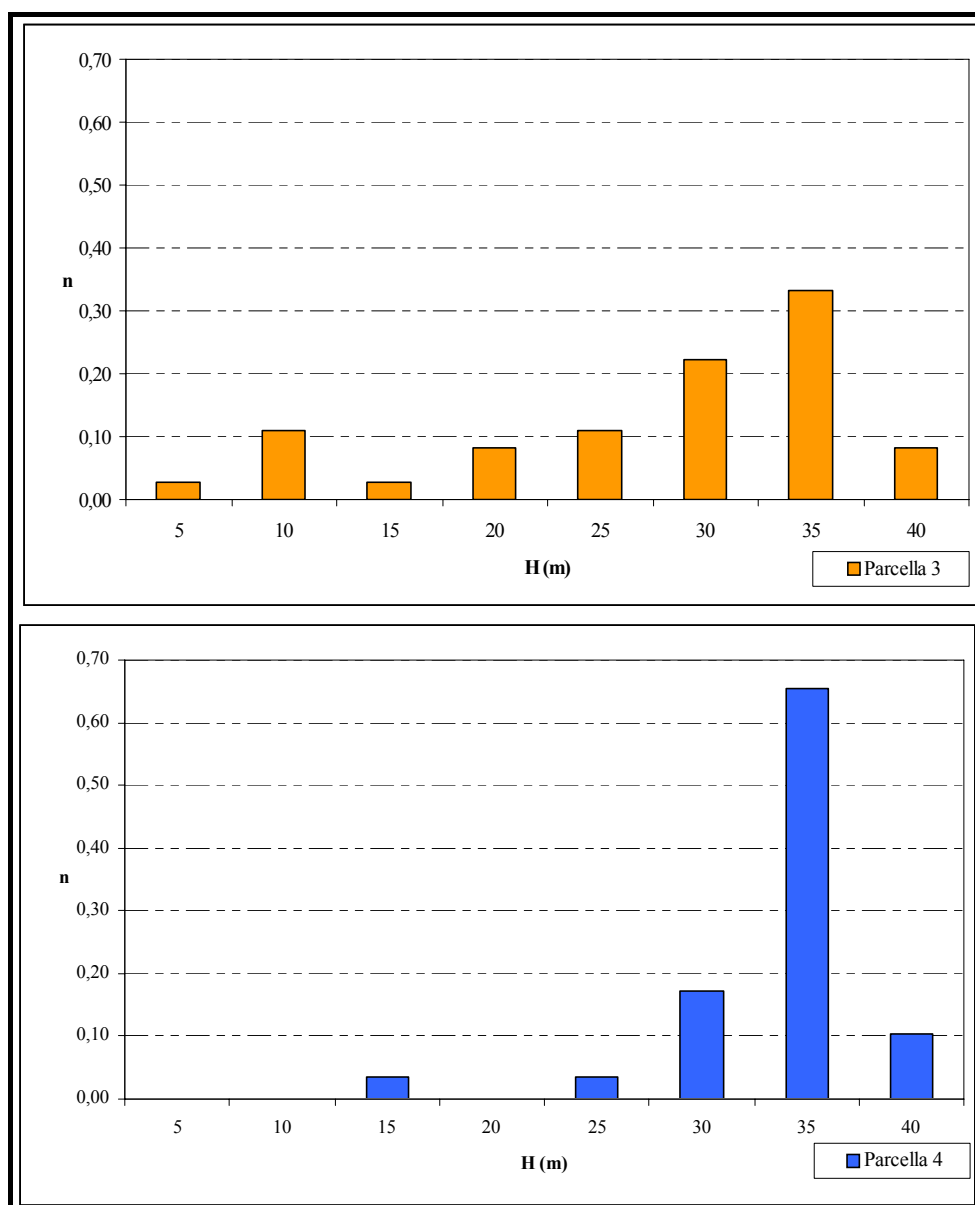


Figura 8.42 - Distribuzione per classi di altezza delle frequenze relative (n) degli alberi all'interno delle parcelle 3 e 4 della cerreta di Macchia Grande di Manziana.

Parcelle	H	r^2
1	$8,9843\text{Ln}(d) - 5,035$	0,802
2	$11,997\text{Ln}(d) - 18,361$	0,773
3	$12,992\text{Ln}(d) - 18,751$	0,575
4	$11,319\text{Ln}(d) - 10,122$	0,844

Tabella 8.17 - Equazioni delle curve ipsometriche e relativi valori r^2 calcolati per ciascuna parcella all'interno della cerreta di Macchia Grande di Manziana. H = altezza espressa in m, d = diametro a petto d'uomo e espresso in cm.

All'interno delle parcelle 3 e 4 è stato individuato un range di altezze compreso tra 7,4 m e 41,4 m. La distribuzione delle frequenze relative del numero di alberi per classi di altezza indica una ripartizione degli alberi più o meno regolare all'interno

della parcella 3 e molto simile alla distribuzione riscontrata nella parcella 2. Nella parcella 4 invece gli alberi si distribuiscono in corrispondenza delle classi comprese tra 25 m e 40 m costituendo un piano prevalente con un picco in corrispondenza della classe di 35 m (Figura 8.42). Queste presentano delle curve ipsometriche che nel complesso descrivono un soprassuolo principale caratterizzato da una struttura prevalentemente bistratificata. Le curve, infatti, tendono a crescere più rapidamente nella fase iniziale corrispondente ai valori di diametro compresi tra 8 cm e 45 cm. Oltrepassato tale valore, l'andamento continua a essere crescente ma in modo meno rapido (Figura 8.43).

L'analisi dell'area di insidenza evidenzia una relazione di tipo esponenziale tra di essa (AI) e il diametro (d) per tutte le parcelle e di cui si riportano le equazioni e i valori dei rispettivi r^2 nella Tabella 8.18.

L'equazione relativa alla parcella 3 è caratterizzata dal più basso valore di r^2 che mette in evidenza una minore correlazione tra le variabili facendo supporre una curva che si differenzia rispetto alle altre. Infatti, nella Figura 8.44 le curve relative alle parcelle 1, 2 e 4 sono caratterizzate dalla maggiore inclinazione soprattutto in corrispondenza dei diametri maggiori, segno di una notevole espansione delle chiome. Le parcelle 1 e 2 presentano gli alberi con chioma maggiormente espansa. La parcella 3 è caratterizzata dagli alberi con la chioma meno sviluppata.

La Figura 8.45 mostra invece la relazione inversa tra il rapporto del diametro della chioma con il diametro a petto d'uomo (Dch/d) e il diametro a petto d'uomo (d). I coefficienti a e b sono stati calcolati con il metodo dei minimi quadrati ordinari e gli intervalli fiduciarî sono stati stimati a un livello di significatività pari al 95%. Gli intervalli fiduciarî stimati per le 4 parcelle si sovrappongono. In corrispondenza della parcella 3 è stato stimato l'intervallo più ampio.

L'analisi sugli alberi modello delle altezze e delle chiome ha fornito indicazioni sull'architettura degli alberi in base all'analisi della disposizione, del numero e della dimensione dei rami costituenti le chiome. I dati statistici ottenuti sono riportati in Tabella 8.19. I dati evidenziano la maggior predisposizione degli alberi verso chiome ampie all'interno delle parcelle 1 e 2. Le parcelle 3 e 4 sono caratterizzate da alberi con chiome sviluppate verso l'alto. All'interno di tali parcelle, infatti, le chiome degli alberi sono per lo più costituite da rami decorrenti e di dimensioni superiori a 10 cm di diametro.

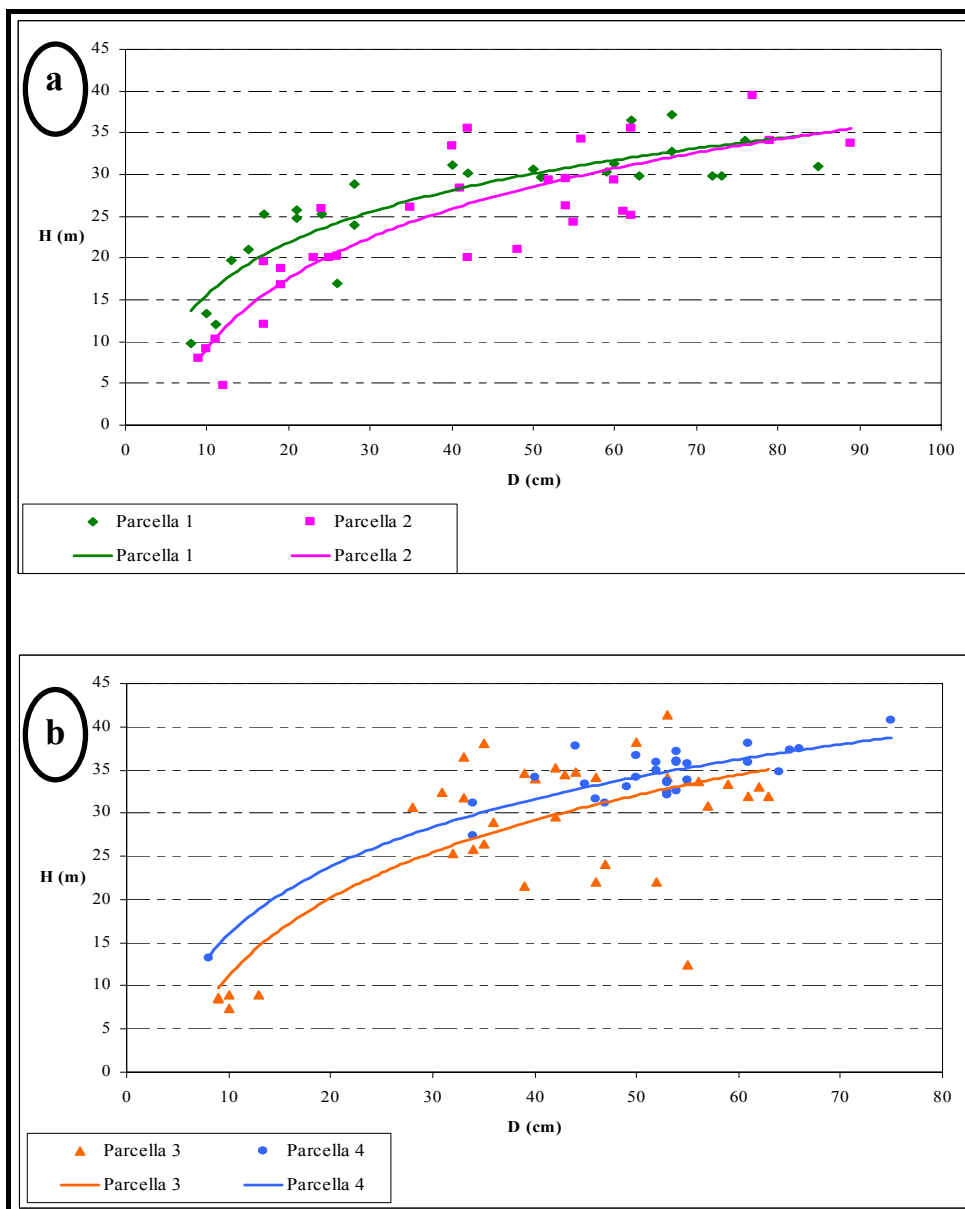


Figura 8.43 - Dati ipsodiametrici relativi alle quattro parcelle sperimentali all'interno delle particelle forestali 14 (a) e 17 (b) della cerreta di Macchia Grande di Manziana e relative curve di tendenza.

Parcella	AI	r^2
1	$13,12e^{0,0421d}$	0,733
2	$11,628e^{0,0397d}$	0,659
3	$10,407e^{0,0275d}$	0,253
4	$5,6208e^{0,0488d}$	0,522

Tabella 8.18 - Equazioni dell'area di insidenza (AI) e relativi valori r^2 calcolati per ciascuna parcella all'interno della cerreta di Macchia Grande di Manziana. d = diametro misurato a petto d'uomo e espresso in cm.

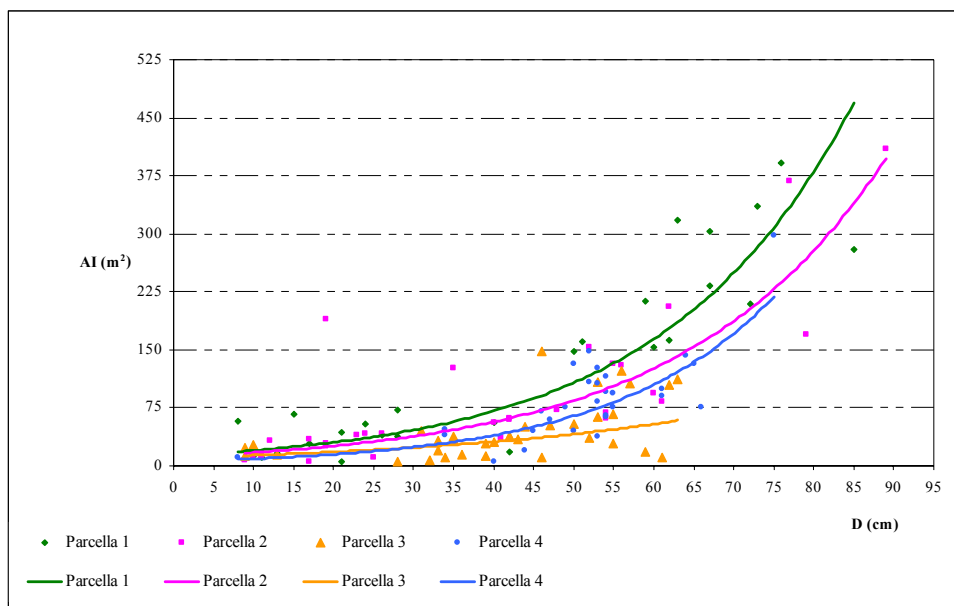


Figura 8.44 - Relazione tra diametro e area di insidenza relativi alle quattro parcelle della cerreta di Macchia Grande di Manziana.

L'area basimetrica massima assume il valore più alto in corrispondenza della parcella 3 (31,52 m²). Tale valore è inferiore rispetto al dato misurato così come tutti i valori massimali calcolati all'interno delle altre parcelle (Tabella 8.20). Il valore inferiore si registra in corrispondenza della parcella 1 (9,52 m²). Valori così bassi, però, sono la conseguenza dell'elevato rapporto medio tra il diametro della chioma e quello del fusto.

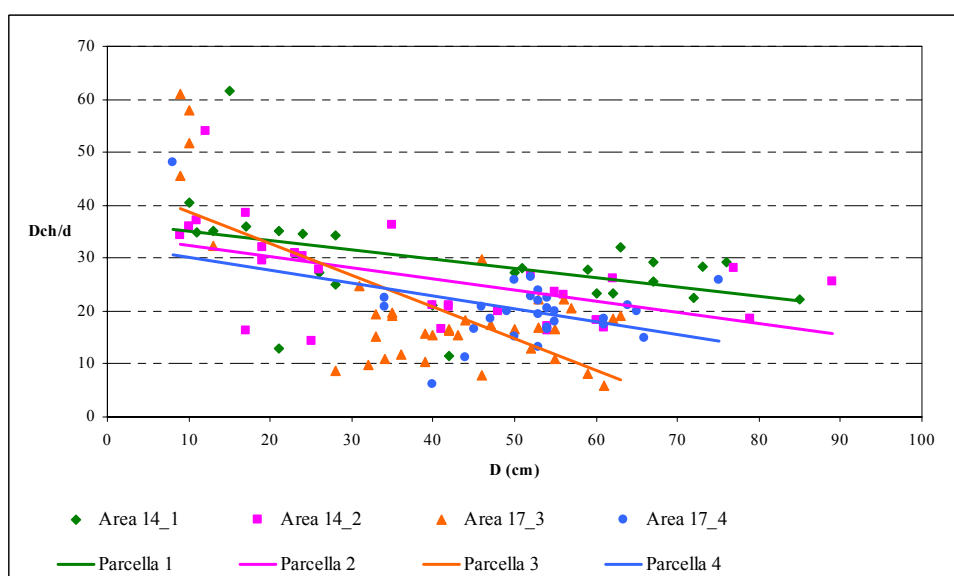


Figura 8.45 - Relazione lineare tra il rapporto del diametro della chioma con il diametro a petto d'uomo (D_{ch}/d) e il diametro a petto d'uomo. Valori del coefficiente a: -0,341 (parcella 1), -0,281 (parcella 2), -0,599 (parcella 3), -0,244 (parcella 4). Valori del coefficiente b: 46,474 (parcella 1), 39,006 (parcella 2), 44,770 (parcella 3), 32,641 (parcella 4).

Dalla relazione tra l'area di insidenza e il diametro si è potuto procedere ad assegnare a ciascun albero un valore di area di insidenza e, considerata la chioma circolare, costruire per ciascuna parcella un transect di struttura di superficie 2500 m² (100 m x 25 m) che permette di avere un'idea delle informazioni ottenute. I transect sono rappresentati nelle Figure 8.46, 8.47, 8.48 e 8.49.

Numero di rami	Parcella 1		Parcella 2		Parcella 3		Parcella 4	
	D	E	D	E	D	E	D	E
0	48,5	30,3	31,3	31,3	18,2	79,5	8,1	75,7
1-5	15,2	30,3	28,1	18,8	38,6	4,5	45,9	8,1
6-10	6,1	6,1	15,6	21,9	13,6	0	8,1	5,4
>10	30,3	33,3	25	28,1	29,5	15,9	37,8	10,8

Tabella 8.19a - Valori percentuali degli alberi caratterizzati dalla presenza di rami decorrenti (D) e rami excorrenti (E) all'interno delle parcelle 1, 2, 3, 4 della cerreta di Macchia grande di Manziana. I rami sono stati raggruppati per categorie di numerosità (Numero di rami).

Dimensione rami	Parcella 1		Parcella 2		Parcella 3		Parcella 4	
	D	E	D	E	D	E	D	E
<10 cm	64,7	52,2	50	63,6	38,9	77,8	55,9	66,7
10-20 cm	35,3	39,1	40,9	36,4	44,4	22,2	38,2	44,4
>20 cm	0	8,7	9,1	0	16,7	0	5,9	0

Tabella 8.19b - Valori percentuali degli alberi caratterizzati dalla presenza di rami decorrenti (D) e rami excorrenti (E) all'interno delle parcelle 1, 2, 3, 4 della cerreta di Macchia grande di Manziana. I rami sono stati raggruppati per categorie dimensionali (Dimensione dei rami).

Parcella	Equazione (Dc/d)	r ²	Dc/d medio	G max
1	-14,899*Ln (d) + 84,65	0,352	28,72	9,52
2	-10,605*Ln (x) + 64,89	0,272	26,15	11,48
3	-20,031*Ln (x) + 92,08	0,693	15,78	31,52
4	-11,344 *Ln (x) + 64,23	0,400	20,17	19,29

Tabella 8.20 - Equazioni relative alla relazione tra il rapporto del diametro della chioma (Dc) con il diametro a petto d'uomo (d) e il diametro a petto d'uomo (d) e relativi valori r² calcolati per ciascuna parcella all'interno della cerreta di Macchia Grande di Manziana.

All'interno di ciascun transect sono rientrati il cerro, il farnetto e qualche soggetto appartenente a specie differenti come il carpino nero, l'agrifoglio, il biancospino e l'acero campestre. I transect evidenziano, in riferimento al soprassuolo principale a dominanza di cerro, un profilo stratificato all'interno delle quattro parcelle. La proiezione delle chiome sul piano orizzontale mostra la maggiore copertura all'interno della parcelle 1, 2 e 4 dove il rapporto percentuale tra l'area di incidenza totale e la superficie del transect è superiore al 100% confermando l'elevata sovrapposizione delle chiome; i valori percentuali sono pari a 207%, 153%, 85% e

155% rispettivamente per le parcelle 1, 2, 3 e 4. Il valore inferiore relativo alla parcella 3 è conseguente alla minore area di insidenza e al minor rapporto D_c/d (Figure 8.44 e 8.45).

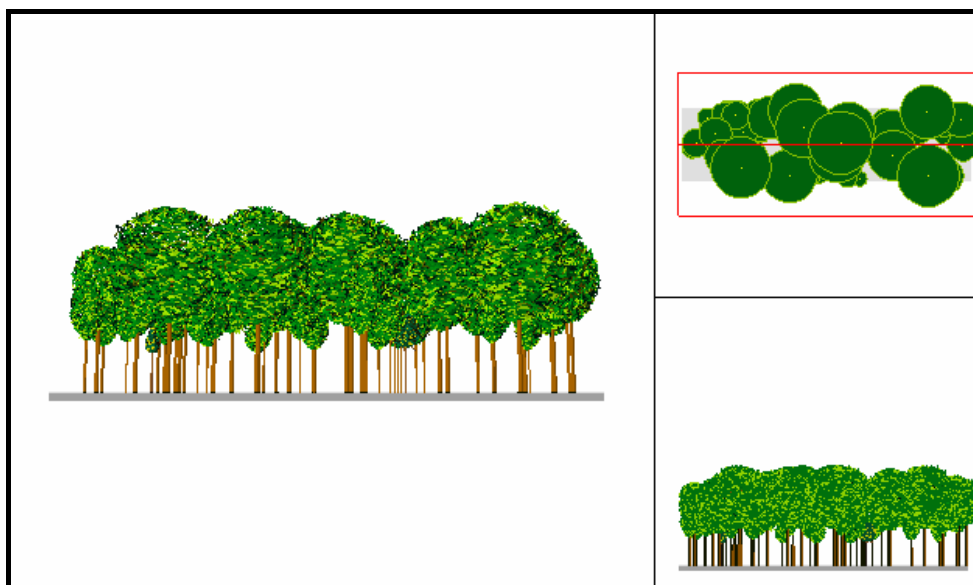


Figura 8.46 - Transect di struttura all'interno della parcella 1 della cerreta di Macchia Grande di Manziana.

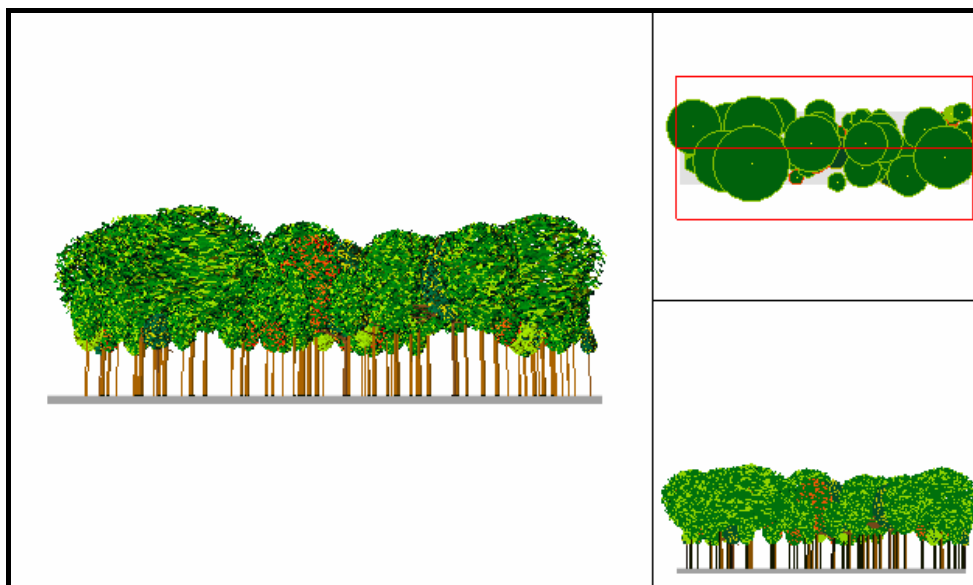


Figura 8.47 - Transect di struttura all'interno della parcella 2 della cerreta di Macchia Grande di Manziana.

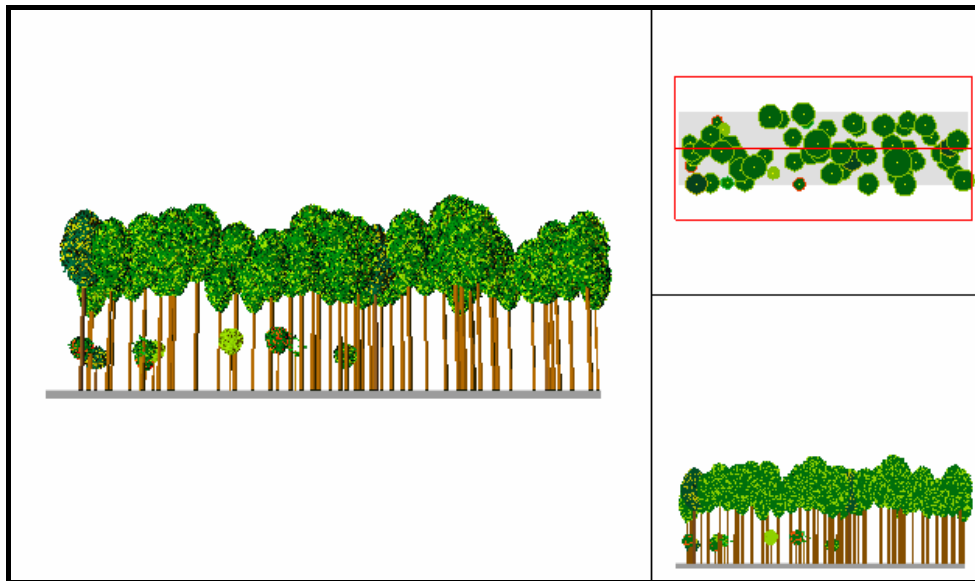


Figura 8.48 - Transect di struttura all'interno della parcella 3 della cerreta di Macchia Grande di Manziana.

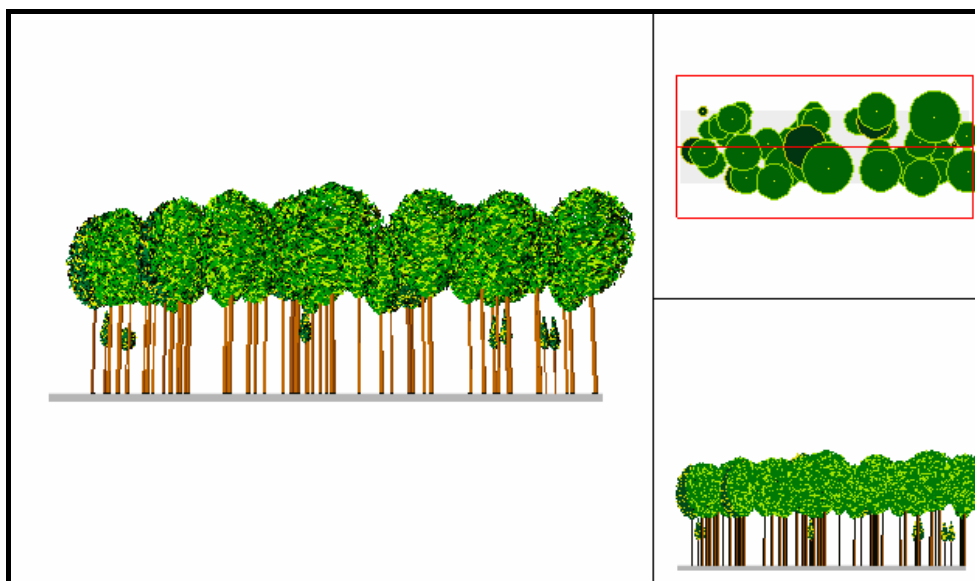


Figura 8.49 - Transect di struttura all'interno della parcella 4 della cerreta di Macchia Grande di Manziana.

8.2.1.2. Distribuzione spaziale degli alberi

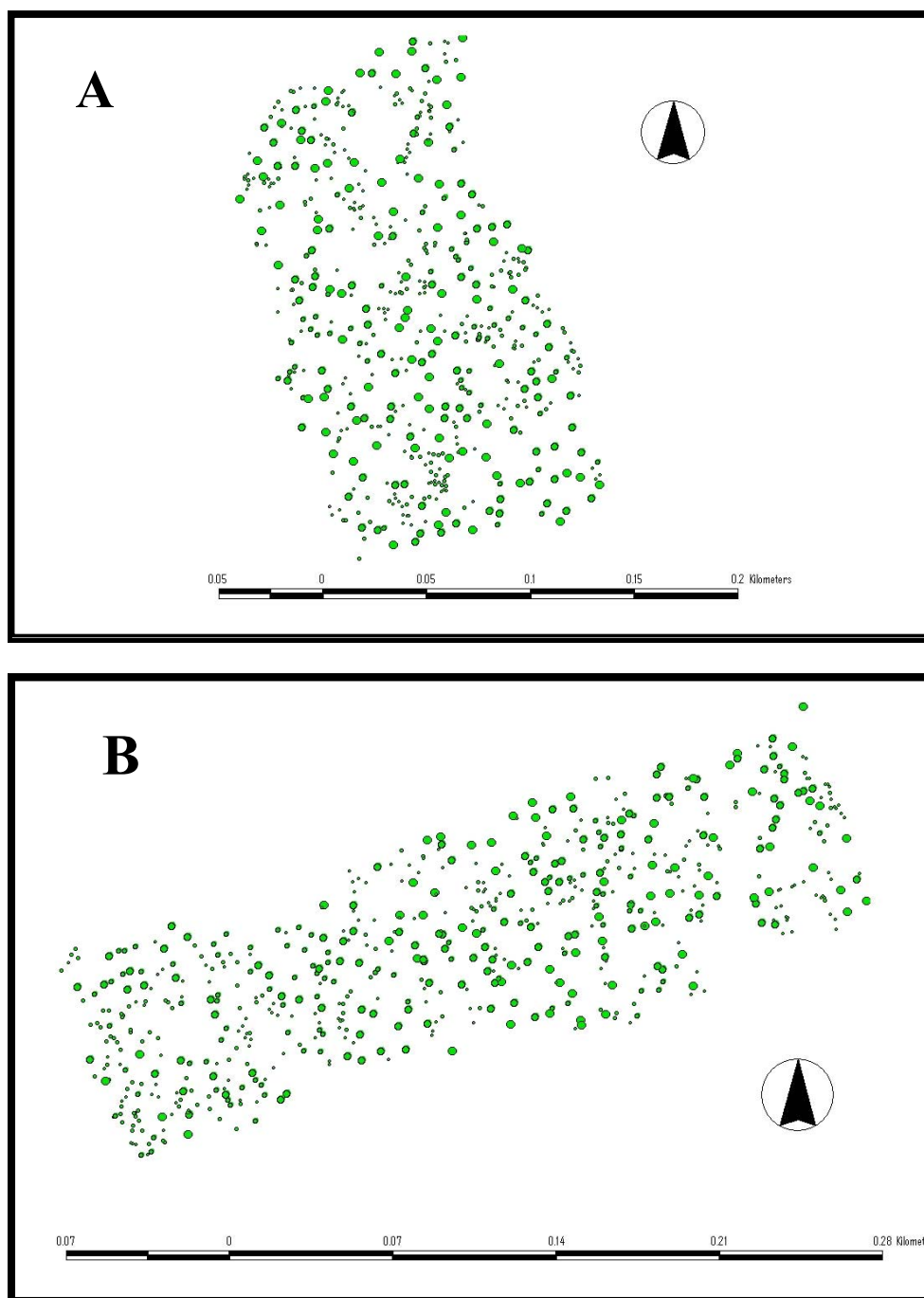


Figura 8.50 – Distribuzione spaziale dei fusti inventariati all'interno delle parcella 1 (A) e 2 (B) della cerreta di Macchia Grande di Manziana. La scala di riferimento è diversa tra le parcelle così come la dimensione dei cerchi che però è proporzionale alla classe diametrica.

Nel complesso il sistema di indici strutturali evidenzia una distribuzione degli alberi nello spazio orizzontale di tipo prevalentemente casuale, una bassa diversità dendrologica e la tendenza diametrica in corrispondenza delle classi centrali (Tabella 8.21).

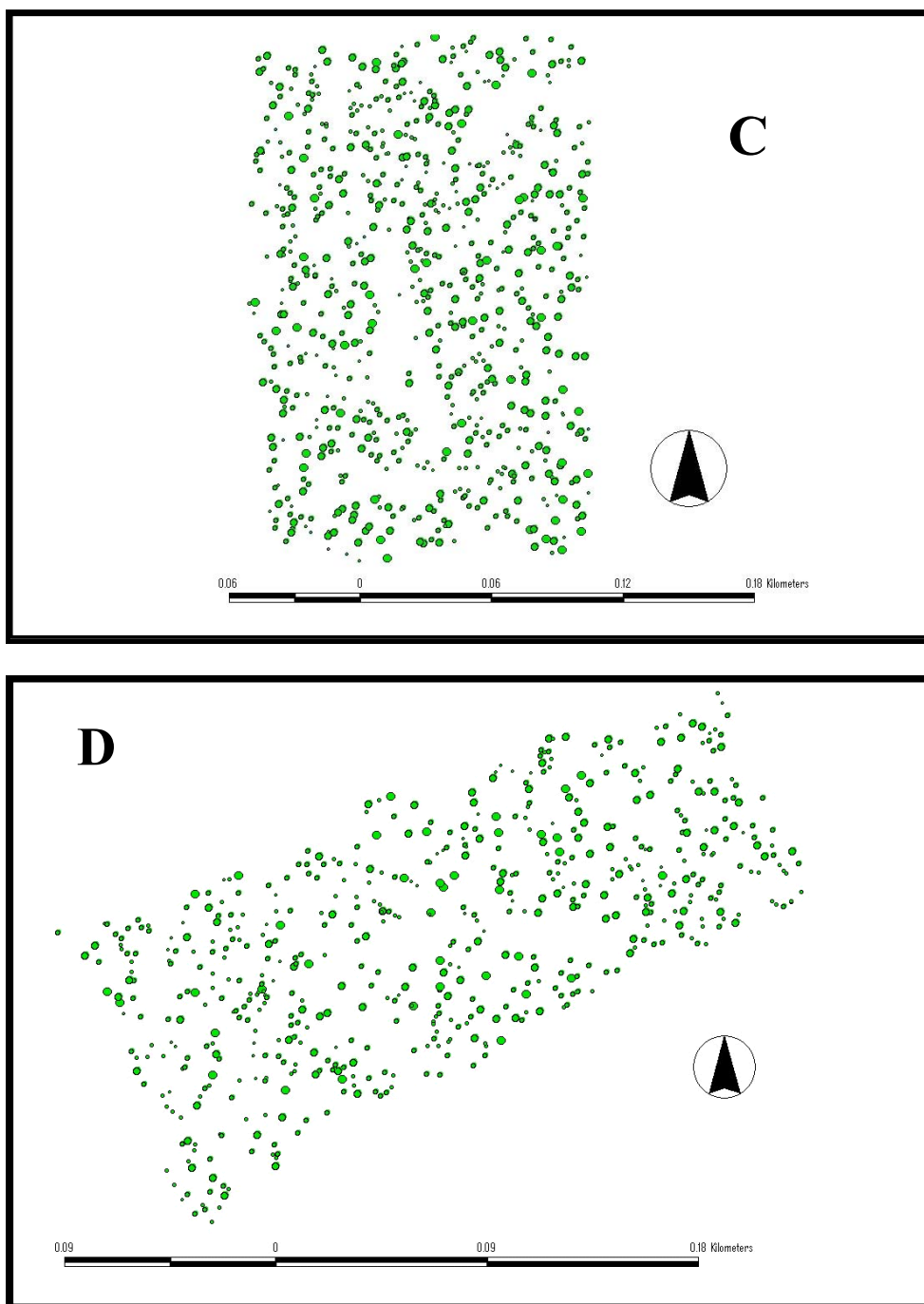


Figura 8.51 – Distribuzione spaziale dei fusti inventariati all'interno delle parcella 3 (C) e 4 (D) della cerreta di Macchia Grande di Manziana. La scala di riferimento è diversa tra le parcelle così come la dimensione dei cerchi che però è proporzionale alla classe diametrica.

La distribuzione delle frequenze dei valori degli indici calcolati per la modalità *reference tree* è presentata in Figura 8.52, mentre nelle Figure 8.53, 8.54 e 8.55 sono rappresentate le distribuzioni delle frequenze degli indici calcolati per la modalità *reference point*, con intensità di campionamento pari a 10, 20 e 40 m. La distribuzione spaziale degli indici strutturali calcolati nella modalità *reference tree* nelle parcelle è riportata nelle Figure 8.56, 8.57, 8.58, 8.59, 8.60, 8.61, 8.62, 8.63 e 8.64. Il numero di quadrati rappresentato nelle figure è inferiore al numero n

riportato in Tabella 8.21. Si è, infatti, ritenuto opportuno, per ottenere un confronto verosimile tra le parcelle, adoperare il numero massimo di quadrati inscrivibili all'interno di tutte e quattro le parcelle in considerazione delle differenti forme e dimensioni di queste. All'aumentare dell'intensità del colore aumenta il valore assunto dall'indice considerato. Adottando intensità di campionamento maggiori, la variabilità di ciascun indice risulta dal punto di vista visivo meno percepibile. Nel complesso, con intensità di campionamento pari a 10 m e 20 m, la distribuzione dei quattro indici considerati risulta abbastanza variabile.

<i>Reference tree</i>		UAI		SM		DBHD		DBHDM		DIST	
Parcelle	<i>n</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>
1	510	0,52	0,21	0,29	0,39	0,49	0,36	0,41	0,37	3,75	2,17
2	621	0,51	0,20	0,39	0,36	0,50	0,37	0,39	0,38	3,41	1,86
3	655	0,49	0,19	0,36	0,34	0,51	0,36	0,38	0,35	3,52	1,60
4	568	0,51	0,18	0,30	0,34	0,51	0,36	0,38	0,35	3,95	1,80
<i>Reference point</i>		UAI		SM		DBHD		DBHDM		DIST	
Parcelle 1	<i>n</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>
10 x 10m	320	0,51	0,19	0,02	0,12	0,51	0,37	0,37	0,36	3,62	2,18
20 x 20m	81	0,47	0,20	0,02	0,09	0,47	0,37	0,40	0,38	3,31	2,04
40 x 40m	17	0,43	0,17	0,04	0,16	0,51	0,39	0,35	0,40	3,24	1,72
Parcelle 2	<i>n</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>
10 x 10m	305	0,53	0,22	0,01	0,06	0,47	0,38	0,41	0,38	4,05	2,90
20 x 20m	75	0,54	0,21	0,09	0,12	0,49	0,37	0,38	0,37	3,94	2,72
40 x 40m	17	0,56	0,21	0,06	0,24	0,53	0,37	0,33	0,37	3,64	2,10
Parcelle 3	<i>n</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>
10 x 10m	404	0,61	0,25	0,01	0,10	0,52	0,37	0,39	0,38	7,16	7,71
20 x 20m	102	0,58	0,26	0,01	0,06	0,51	0,37	0,39	0,36	7,35	7,94
40 x 40m	25	0,64	0,24	0,00	0,00	0,50	0,36	0,41	0,36	7,53	8,85
Parcelle 4	<i>n</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>	<i>Medio</i>	<i>Dev std</i>
10 x 10m	320	0,53	0,20	0,02	0,13	0,48	0,39	0,43	0,38	3,42	1,92
20 x 20m	79	0,52	0,19	0,01	0,11	0,54	0,39	0,38	0,37	4,02	2,10
40 x 40m	16	0,50	0,16	0,06	0,25	0,73	0,33	0,23	0,32	4,64	2,62

Tabella 8.21 - Valori degli indici strutturali misurati sull'intero soprassuolo indagato, modalità reference tree e modalità reference point, con numero di osservazioni pari a n.

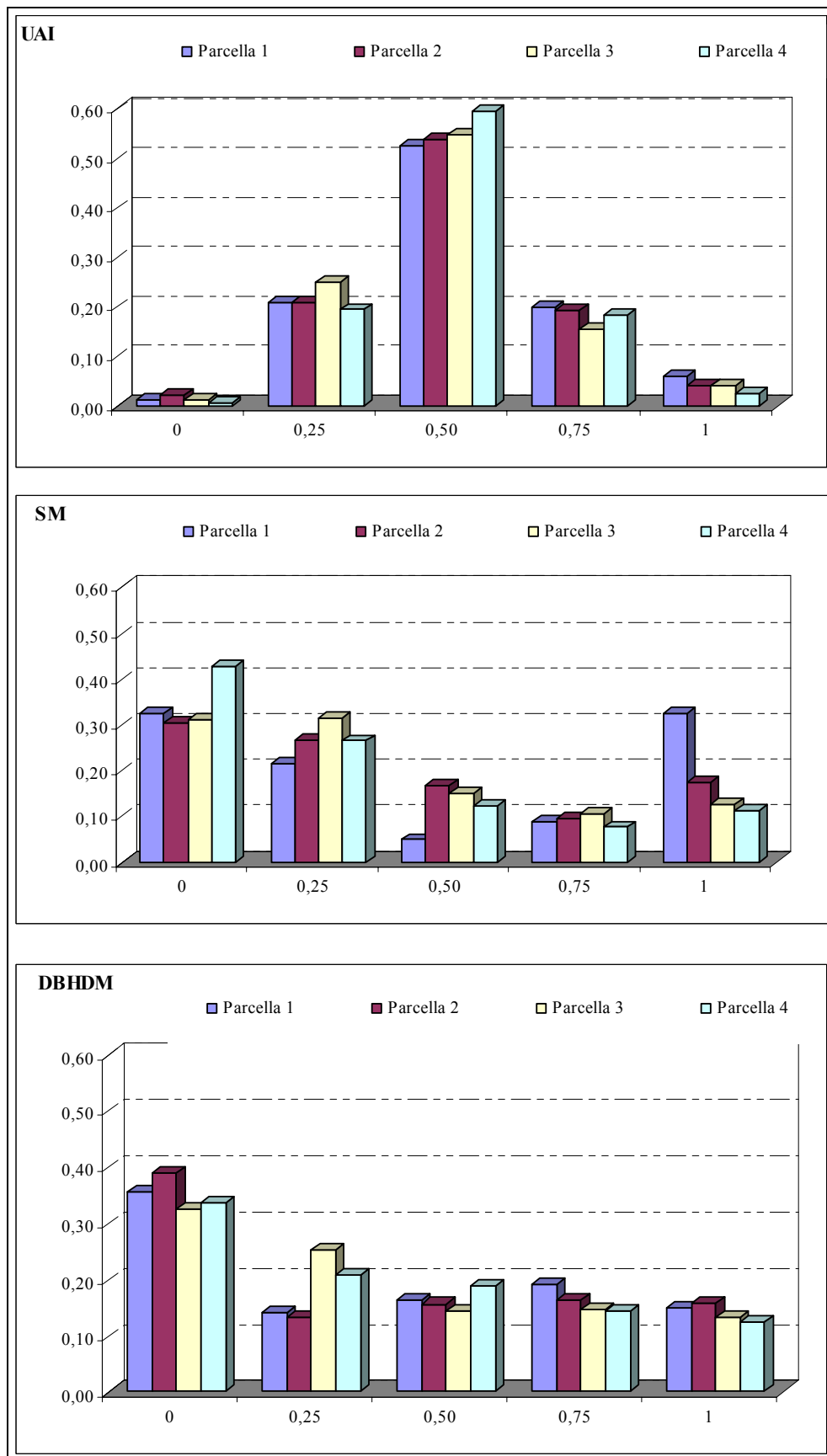


Figura 8.52 - Distribuzione delle frequenze dei valori degli indici strutturali all'interno delle 4 parcelle, modalità *reference tree*.

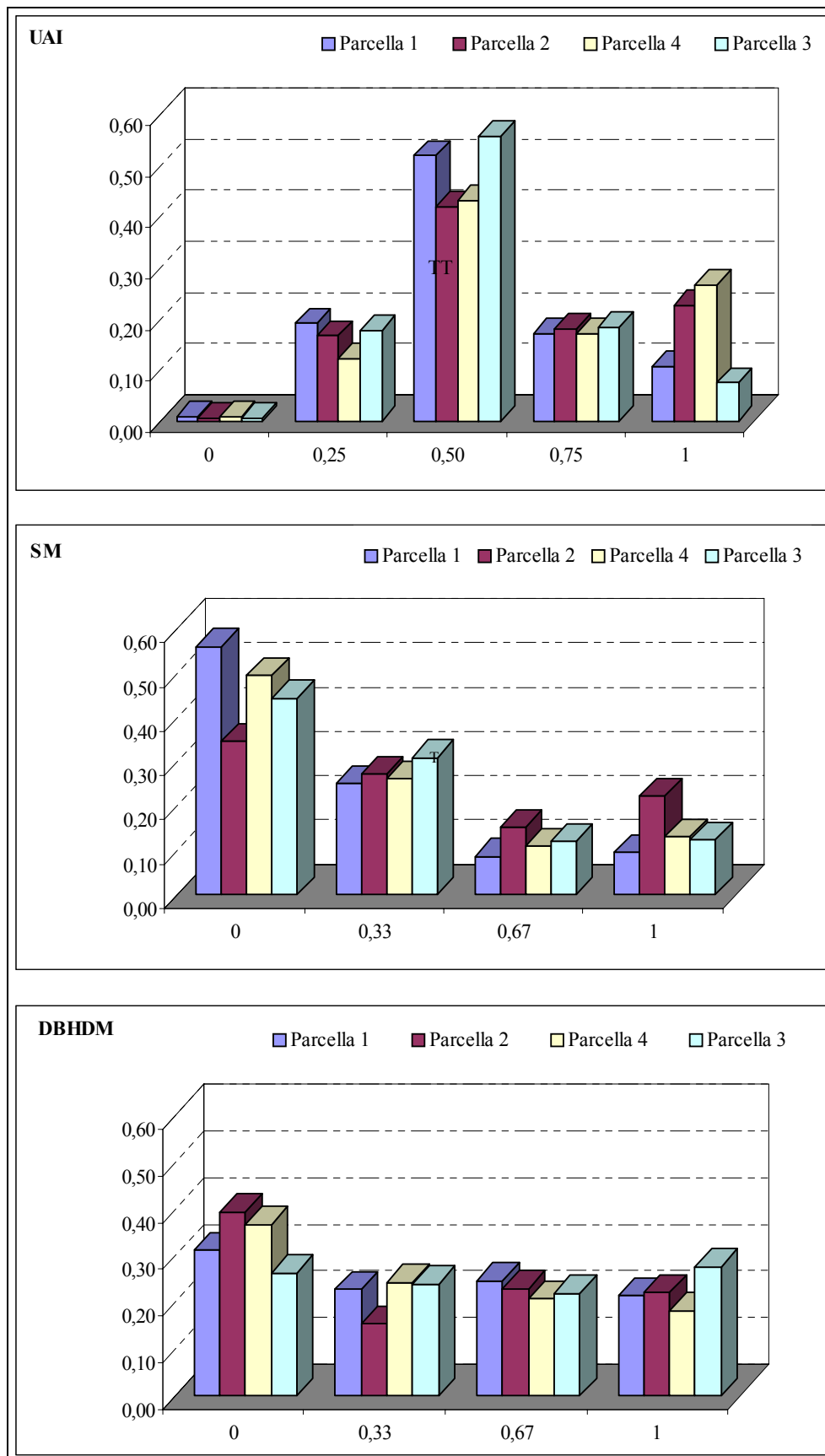


Figura 8.53 - Distribuzione delle frequenze dei valori degli indici strutturali all'interno delle 4 parcelle, modalità *reference point*, con intensità di campionamento pari a 10 m.

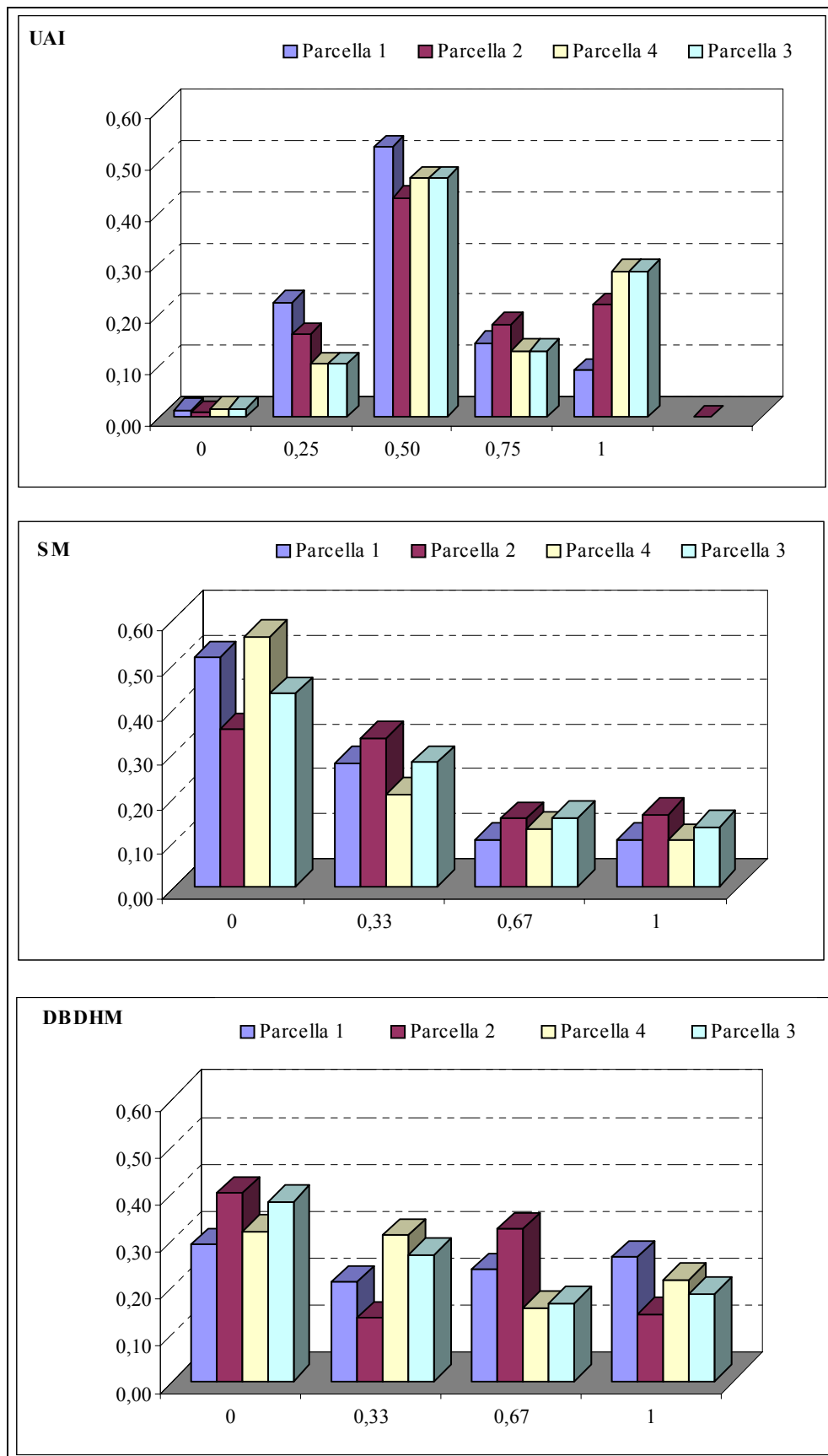


Figura 8.54 - Distribuzione delle frequenze dei valori degli indici strutturali all'interno delle 4 parcelle, modalità *reference point*, con intensità di campionamento pari a 20 m.

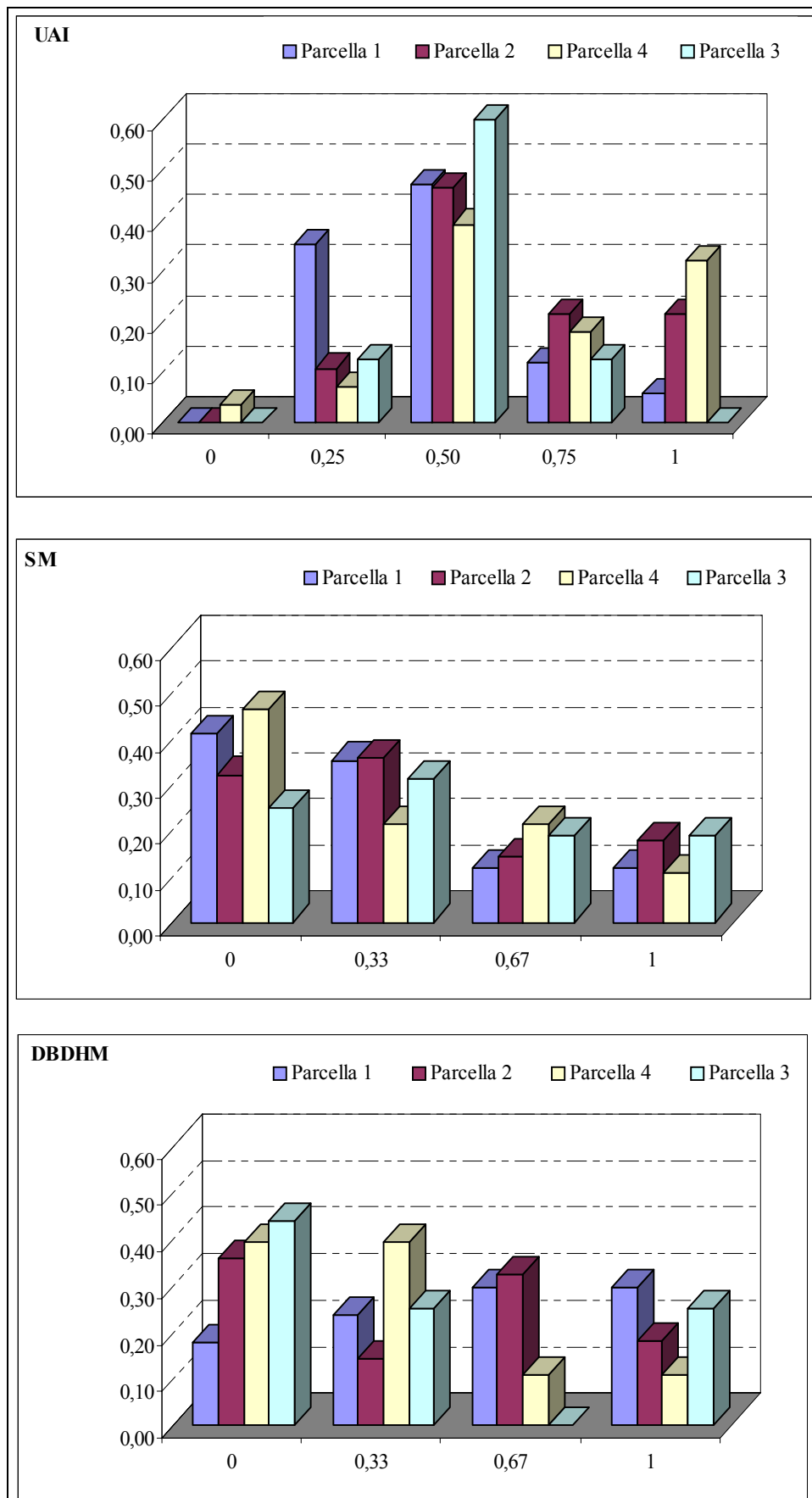


Figura 8.55 - Distribuzione delle frequenze dei valori degli indici strutturali all'interno delle 4 parcelle, modalità *reference point*, con intensità di campionamento pari a 40 m.

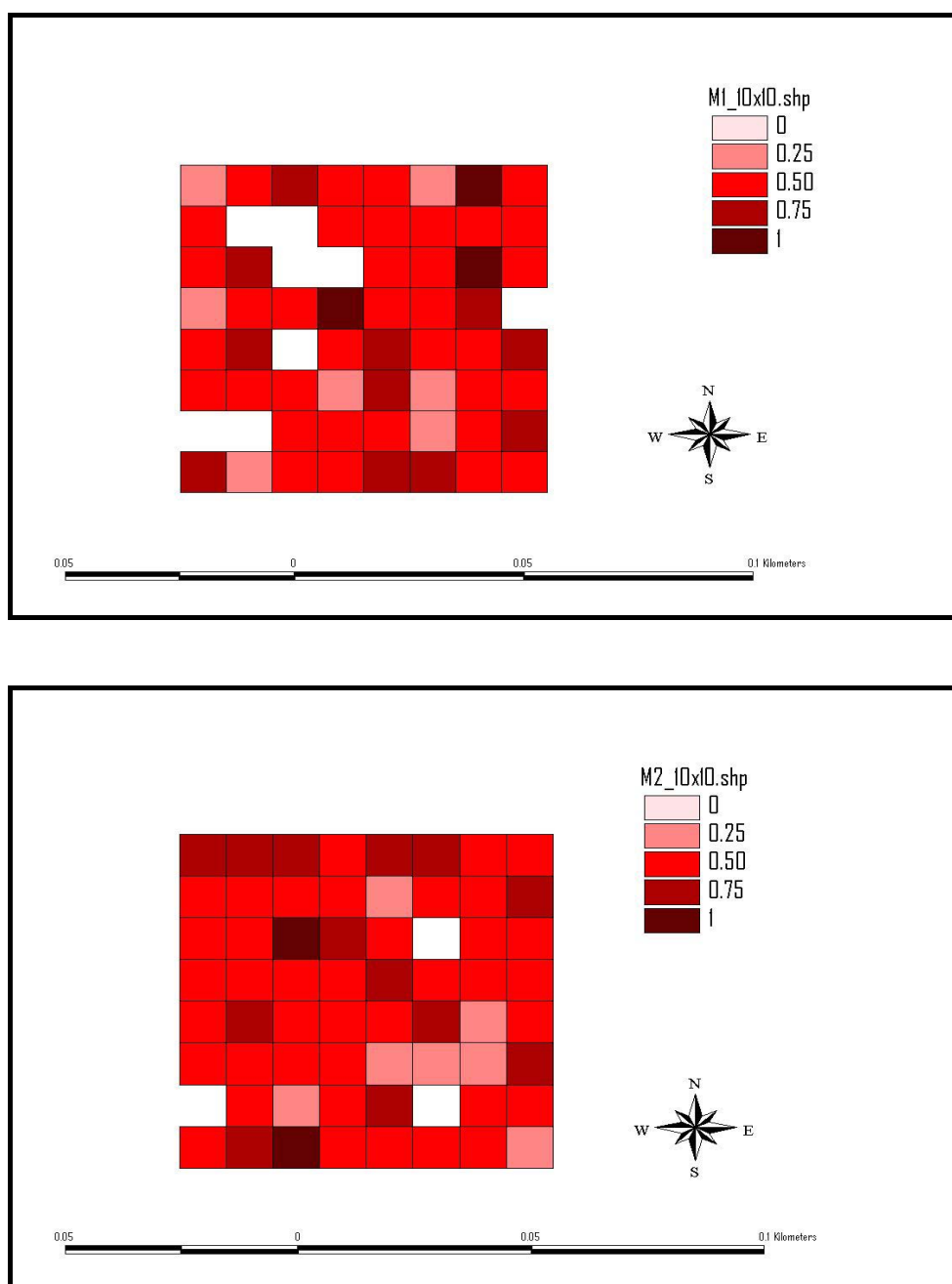


Figura 8.56a – Distribuzione spaziale dell'indice UAI all'interno delle parcelle 1 e 2 della cerreta di Macchia Grande di Manziana nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 10 m.

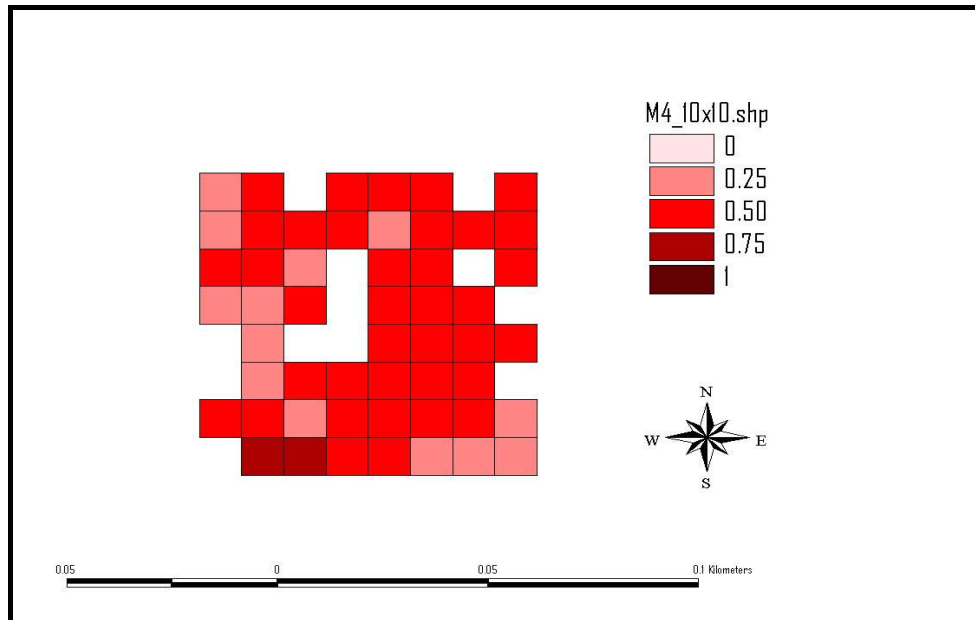
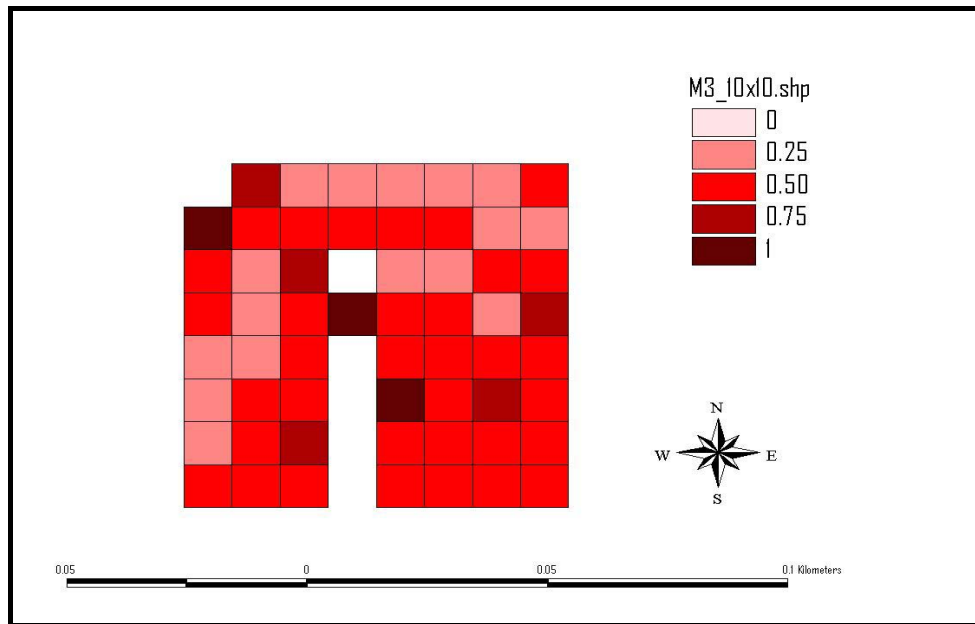


Figura 8.56b – Distribuzione spaziale dell'indice UAI all'interno delle parcelle 3 e 4 della cerreta di Macchia Grande di Manziana nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 10 m.

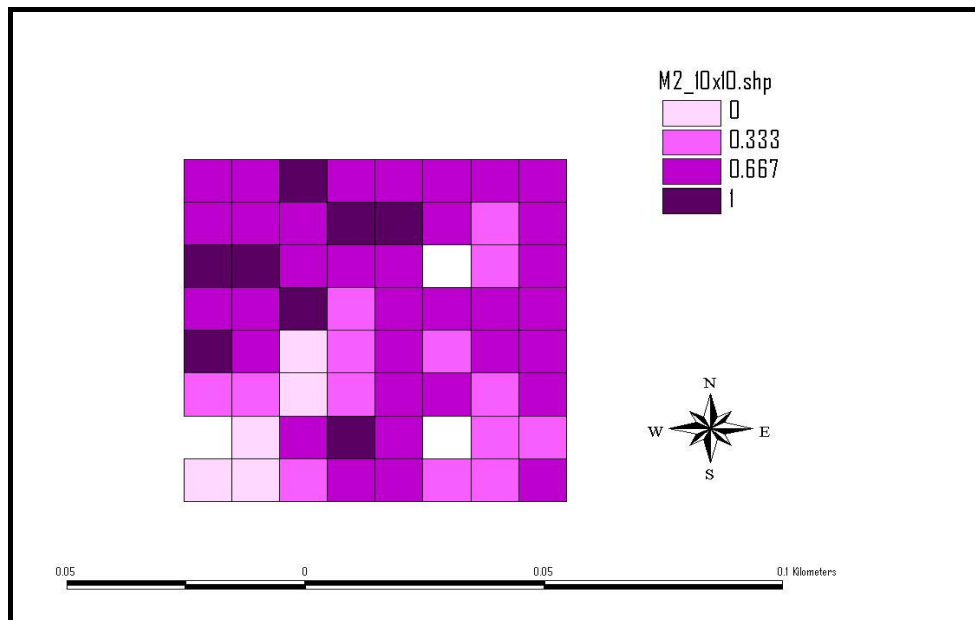
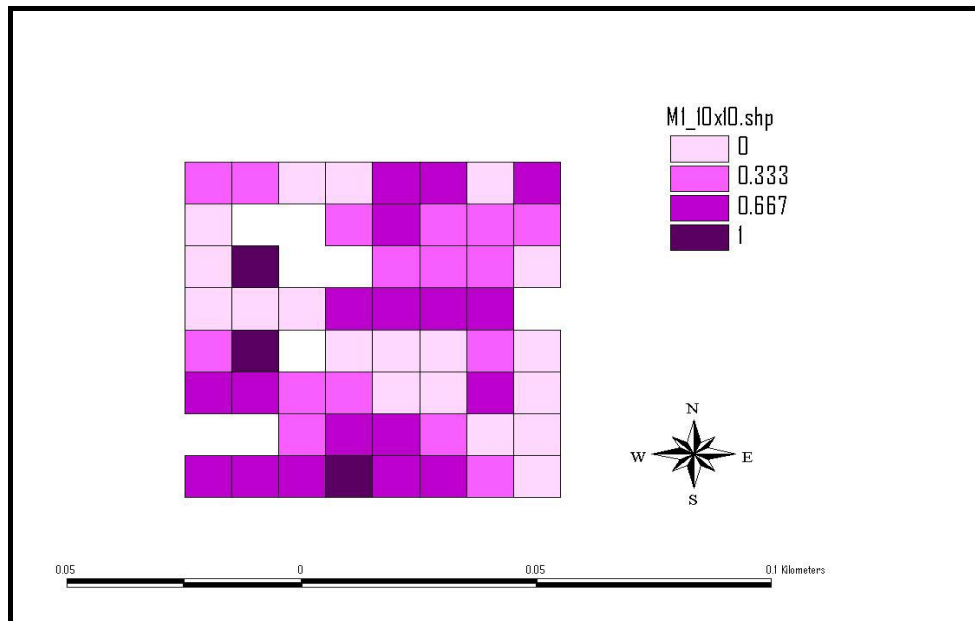


Figura 8.57a – Distribuzione spaziale dell'indice SM all'interno delle parcelle 1 e 2 della cerreta di Macchia Grande di Manziana nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 10 m.

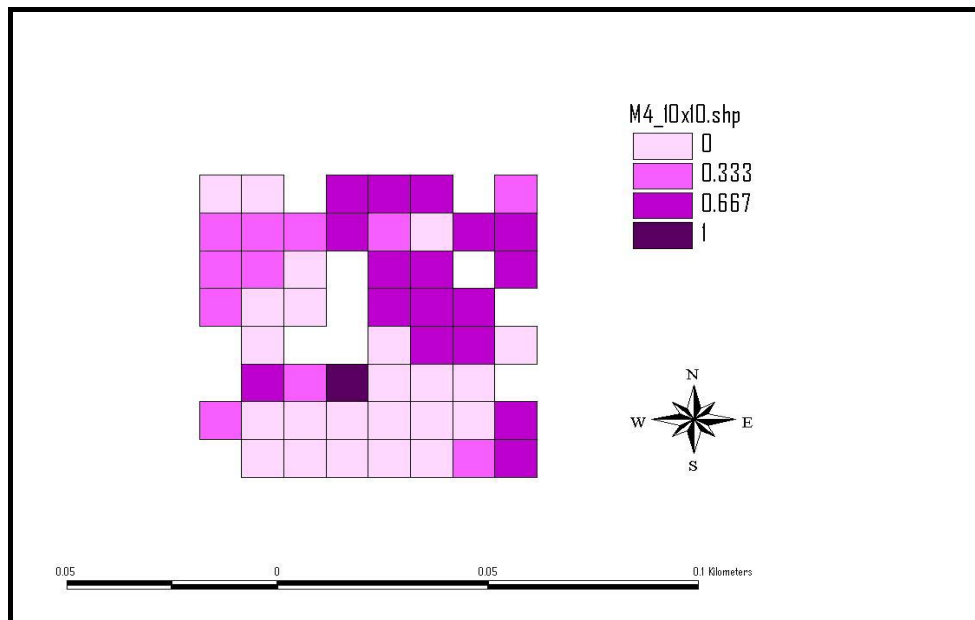
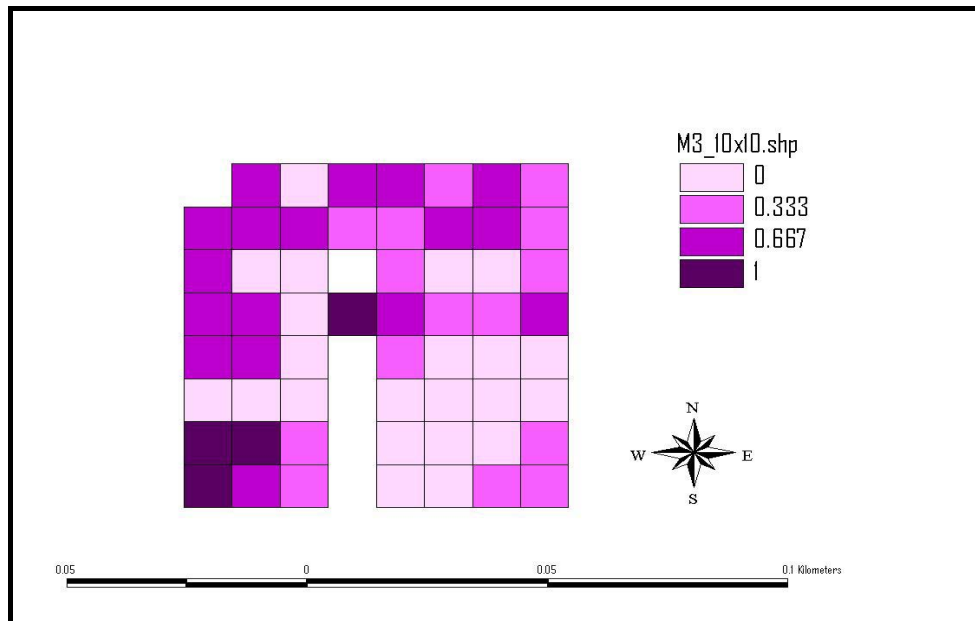


Figura 8.57b – Distribuzione spaziale dell'indice SM all'interno delle parcelle 3 e 4 della cerreta di Macchia Grande di Manziana nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 10 m.

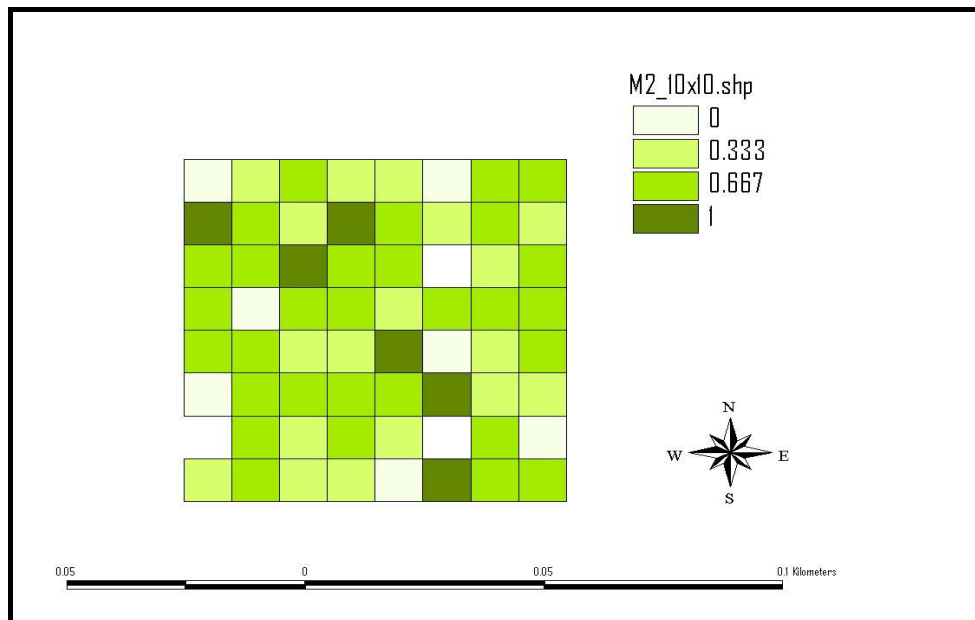
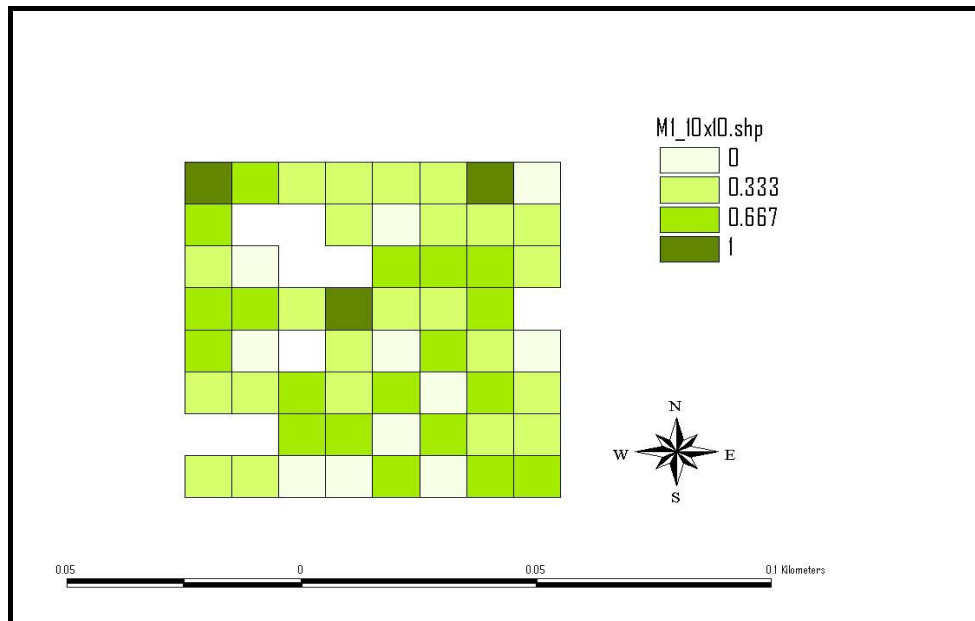


Figura 8.58a – Distribuzione spaziale dell'indice DBHDM all'interno delle parcelle 1 e 2 della cerreta di Macchia Grande di Manziana nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 10 m.

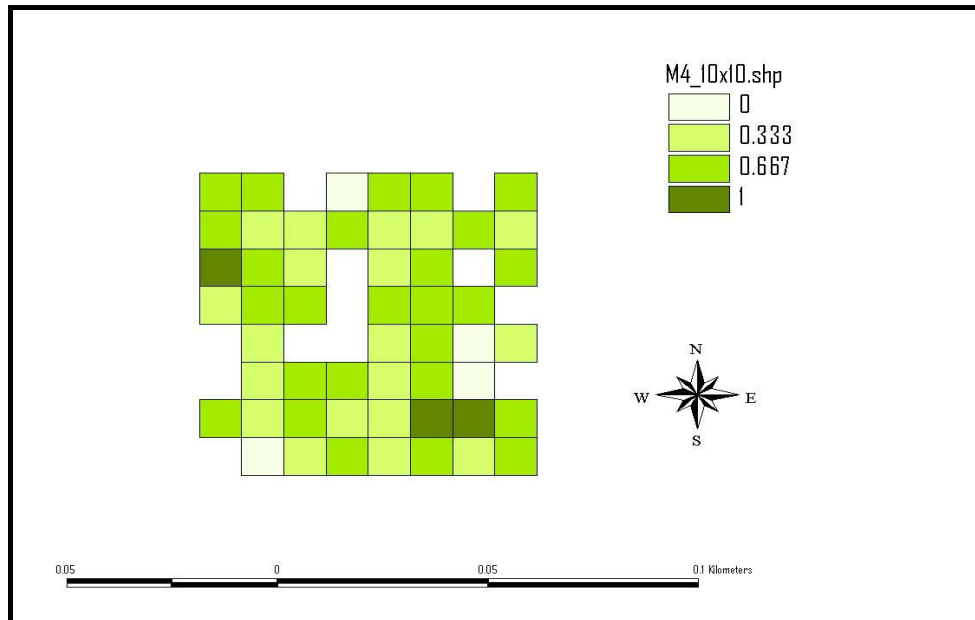
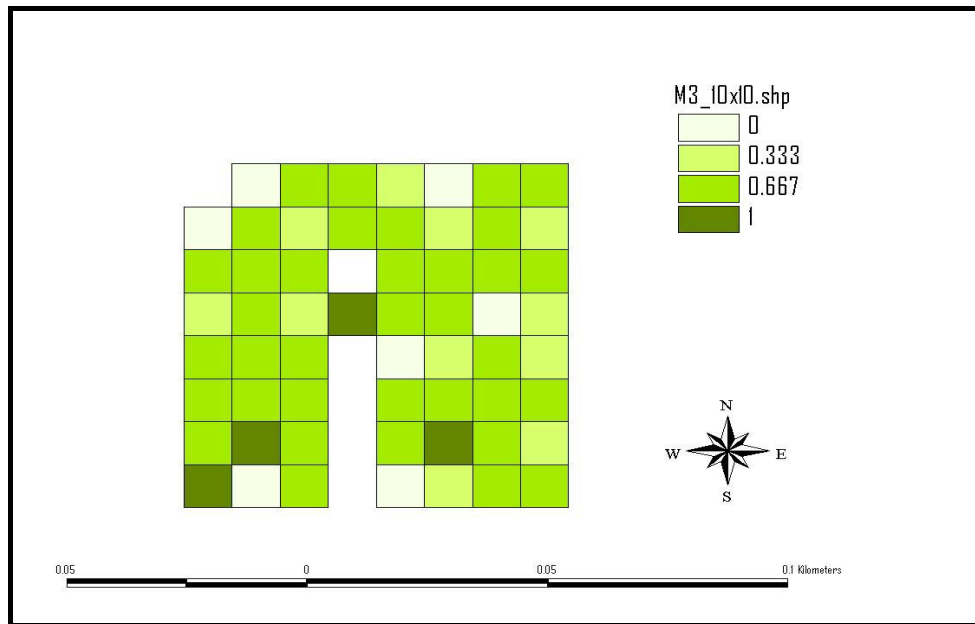


Figura 8.58b – Distribuzione spaziale dell'indice DBHDM all'interno delle parcelle 3 e 4 della cerreta di Macchia Grande di Manziana nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 10 m.

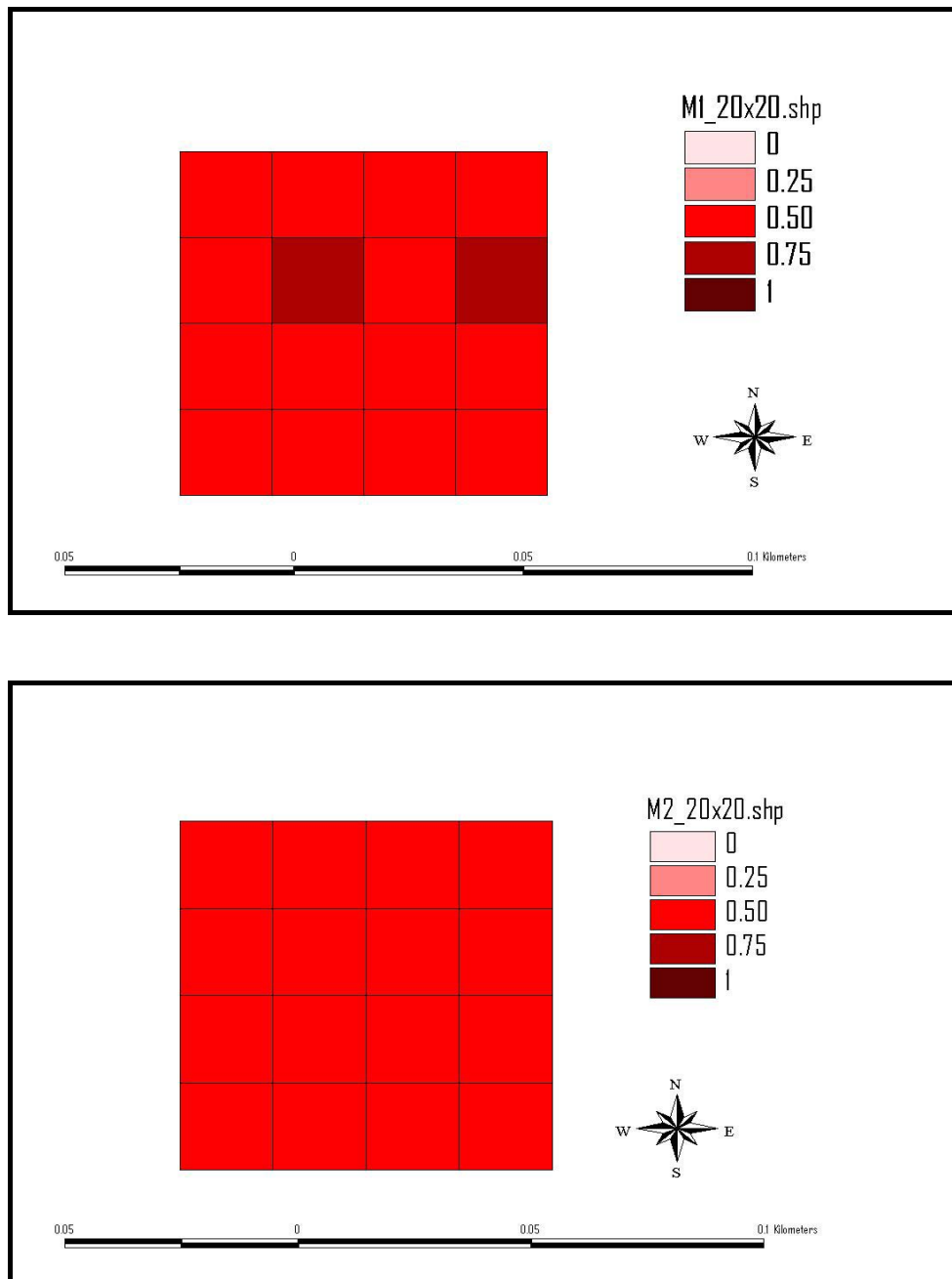


Figura 8.59a – Distribuzione spaziale dell'indice UAI all'interno delle parcelle 1 e 2 della cerreta di Macchia Grande di Manziana nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 20 m.

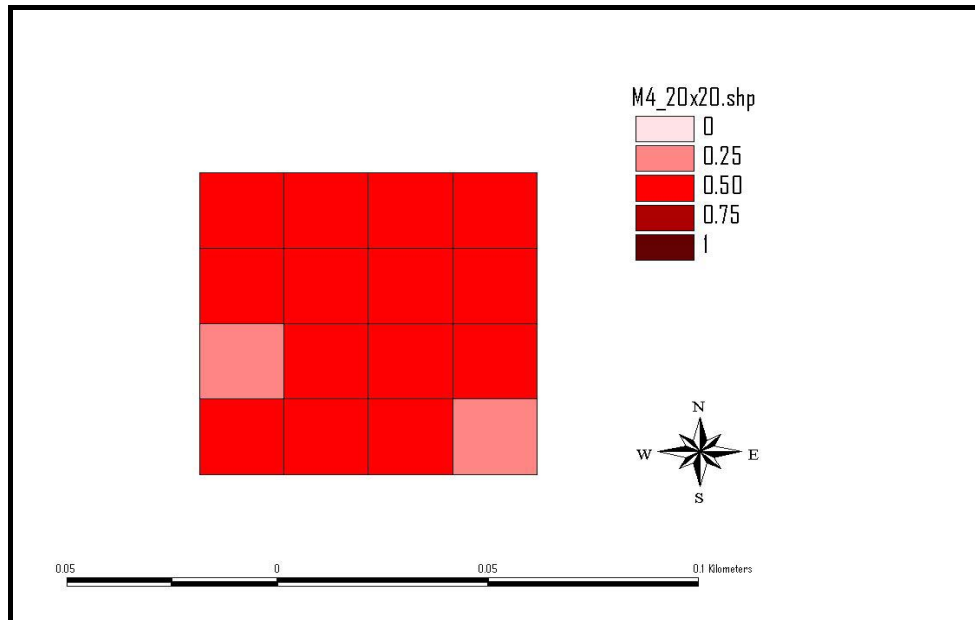
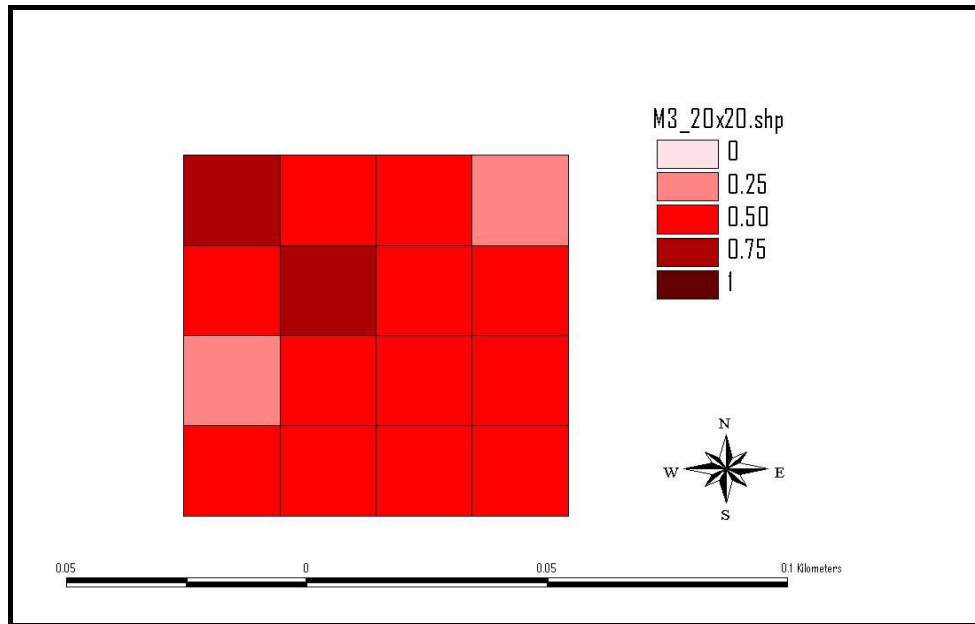


Figura 8.59b – Distribuzione spaziale dell'indice UAI all'interno delle parcelle 3 e 4 della cerreta di Macchia Grande di Manziana nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 20 m.

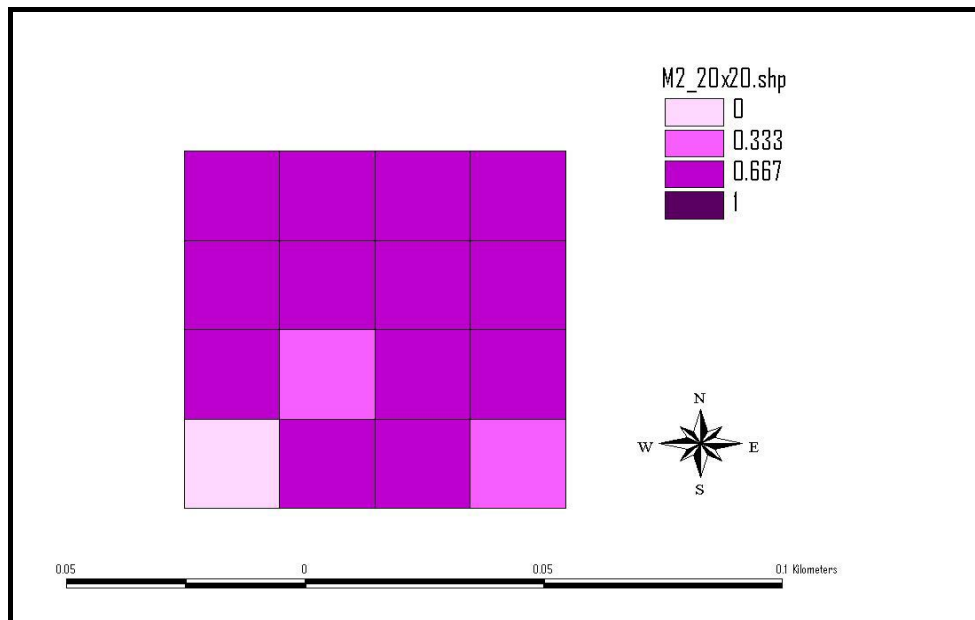
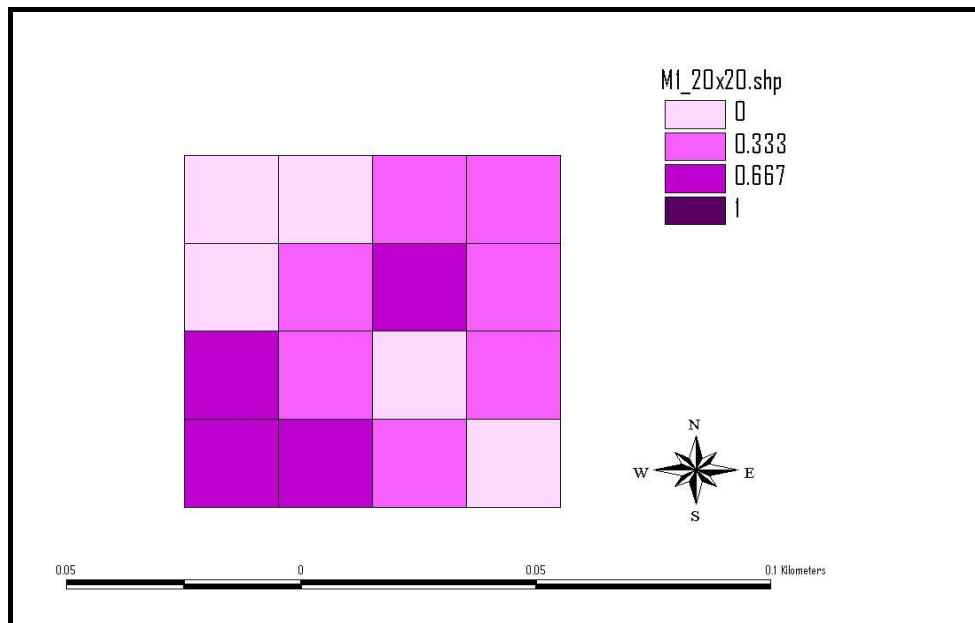


Figura 8.60a – Distribuzione spaziale dell'indice SM all'interno delle parcelle 1 e 2 della cerreta di Macchia Grande di Manziana nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 20 m.

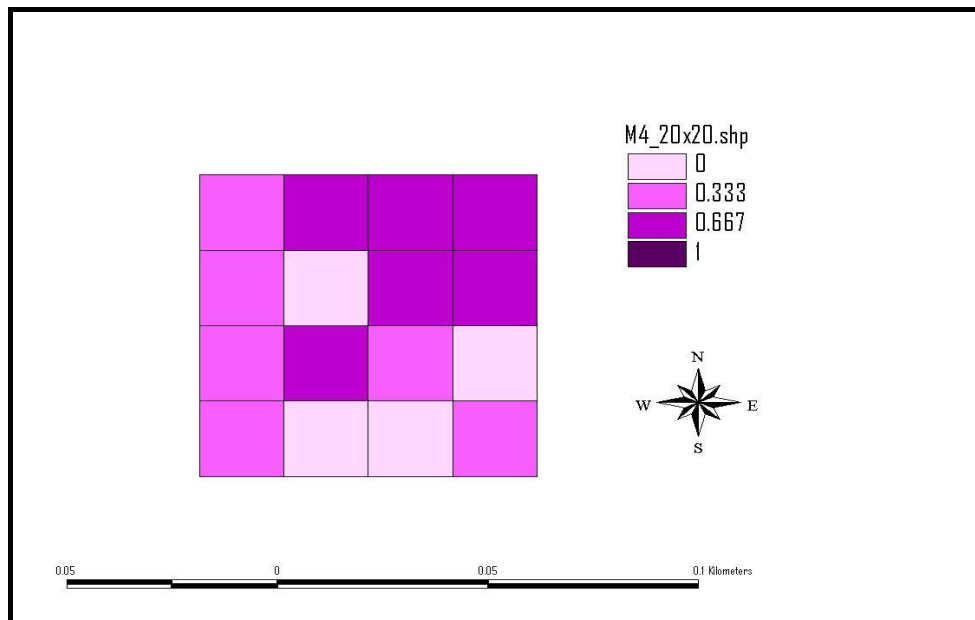
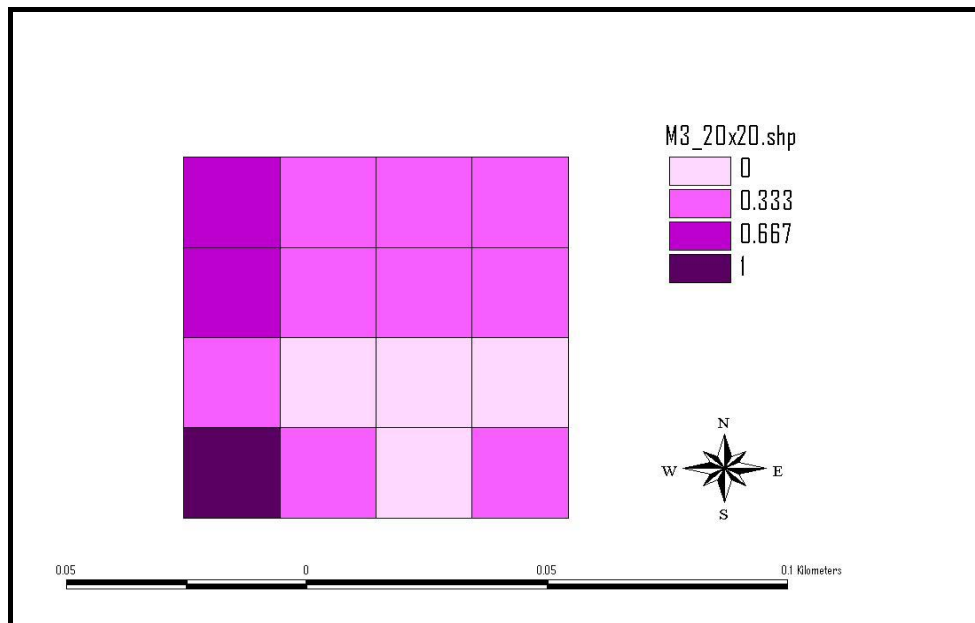


Figura 8.60b – Distribuzione spaziale dell'indice SM all'interno delle parcelle 3 e 4 della cerreta di Macchia Grande di Manziana nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 20 m.

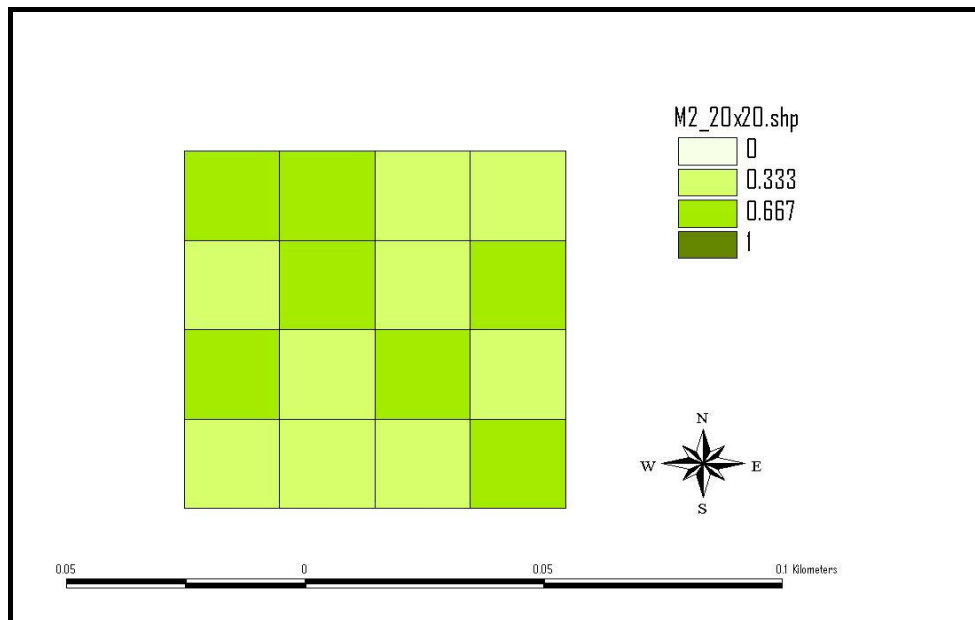
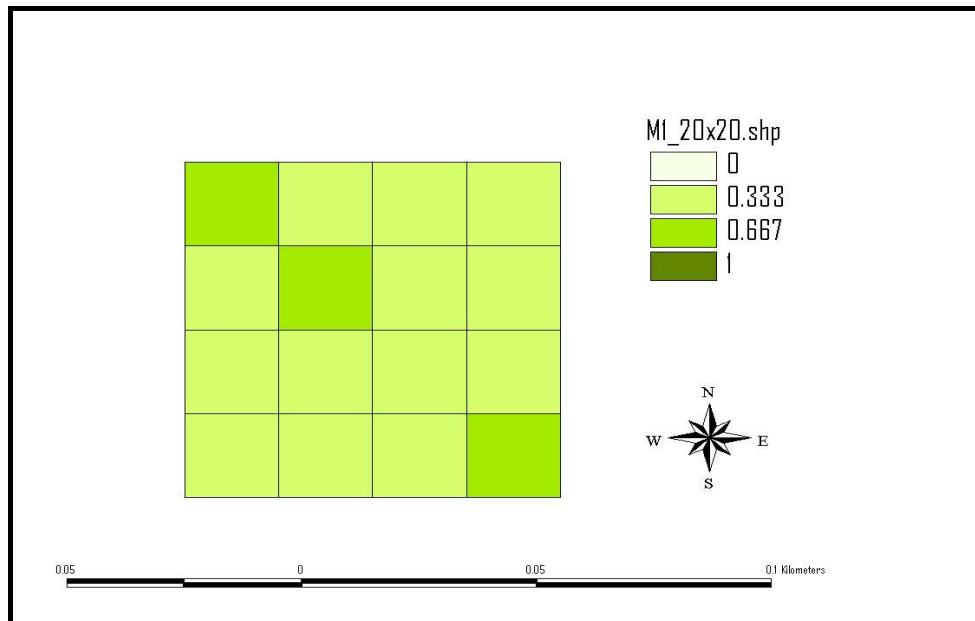


Figura 8.61a – Distribuzione spaziale dell'indice DBHDM all'interno delle parcelle 1 e 2 della cerreta di Macchia Grande di Manziana nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 20 m.

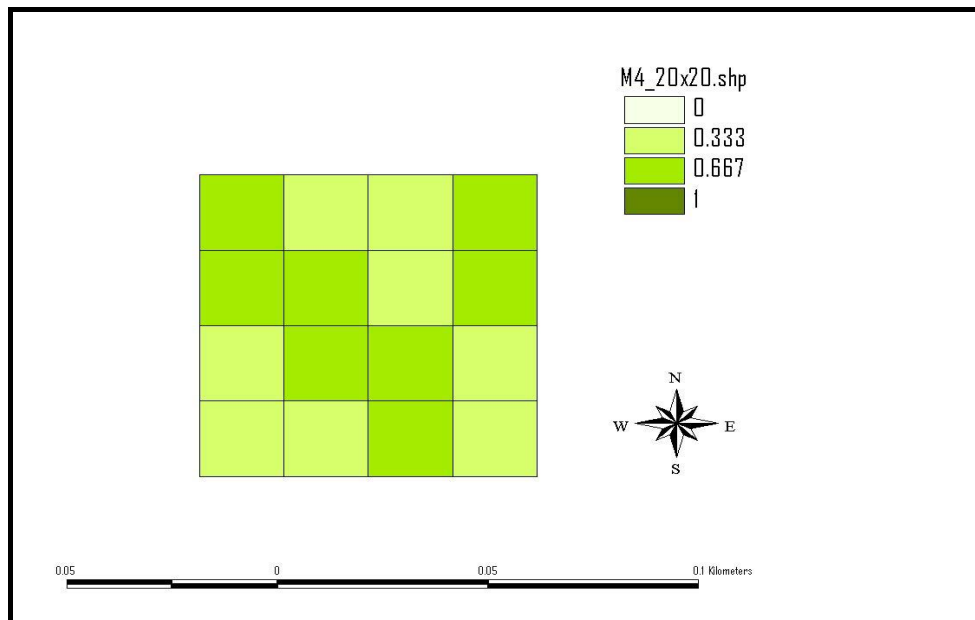
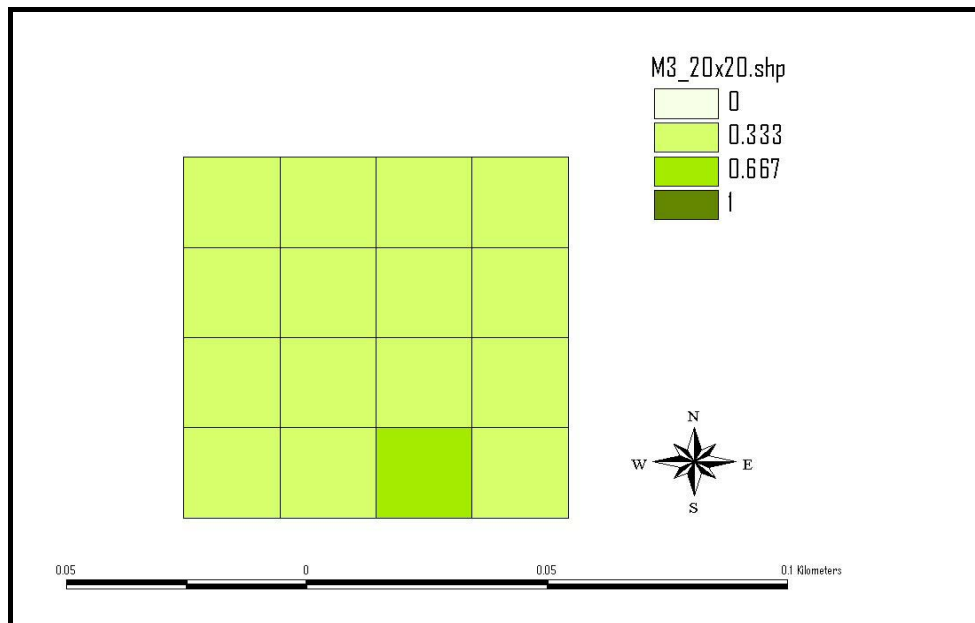


Figura 8.61b – Distribuzione spaziale dell'indice DBHDM all'interno delle parcelle 3 e 4 della cerreta di Macchia Grande di Manziana nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 20 m.

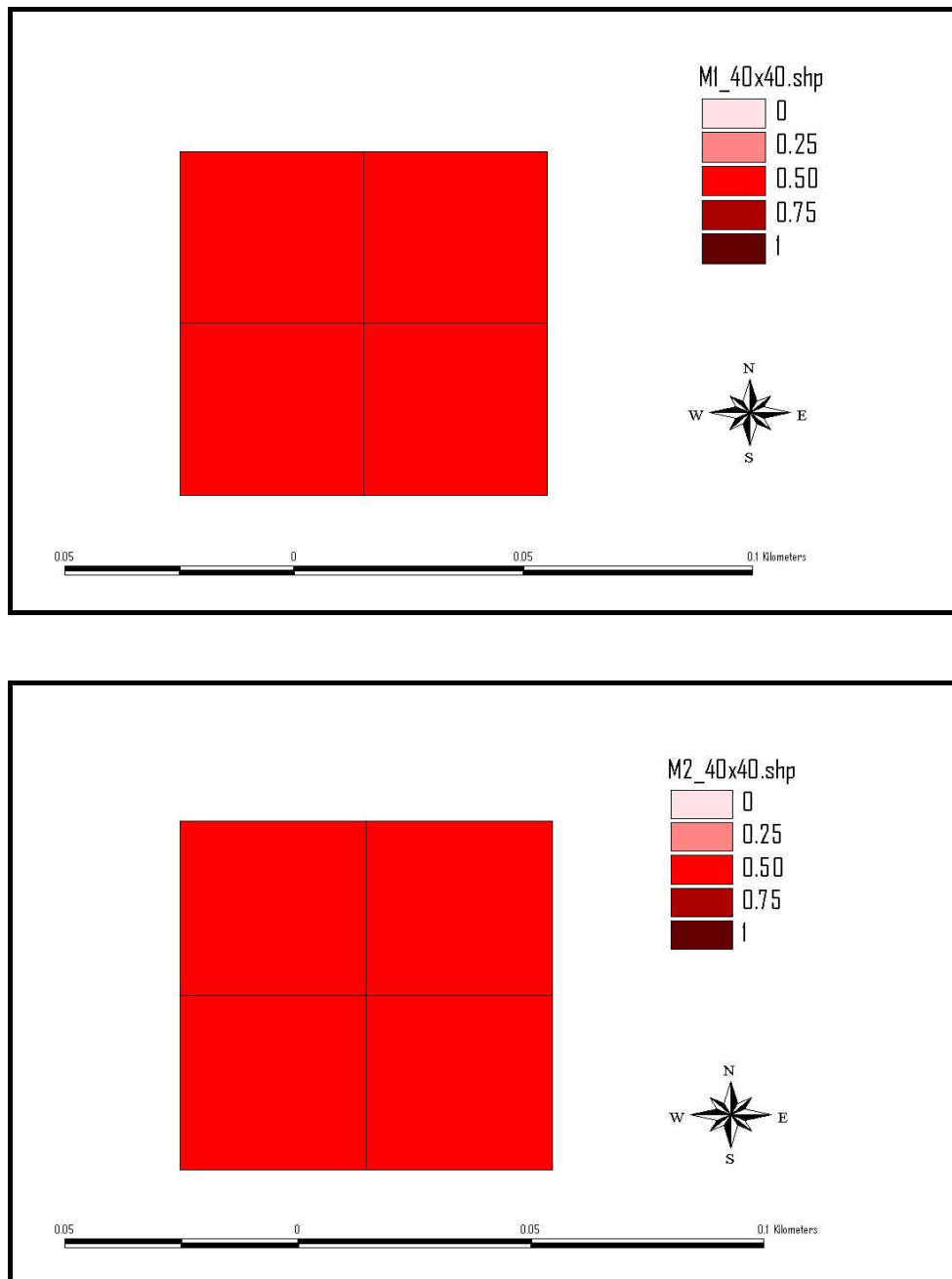


Figura 8.62a – Distribuzione spaziale dell'indice UAI all'interno delle parcelle 1 e 2 della cerreta di Macchia Grande di Manziana nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 40 m.

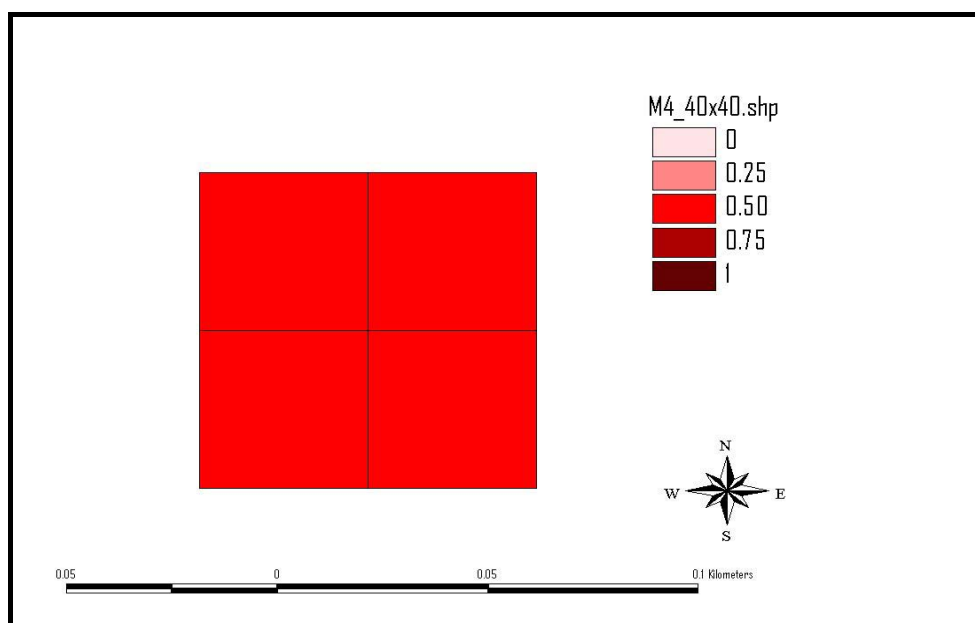
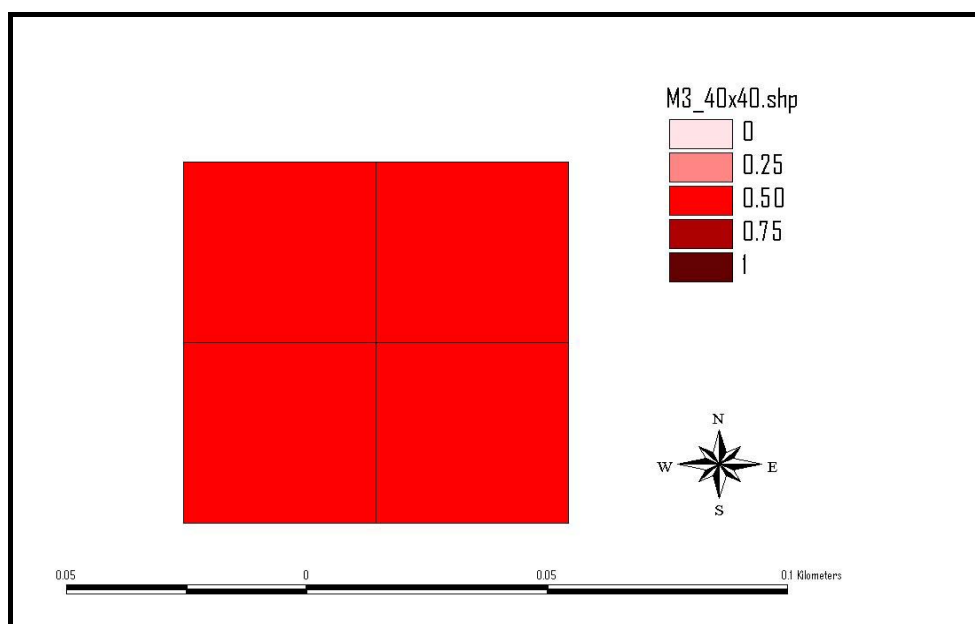


Figura 8.62b – Distribuzione spaziale dell'indice UAI all'interno delle parcelle 3 e 4 della cerreta di Macchia Grande di Manziana nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 40 m.

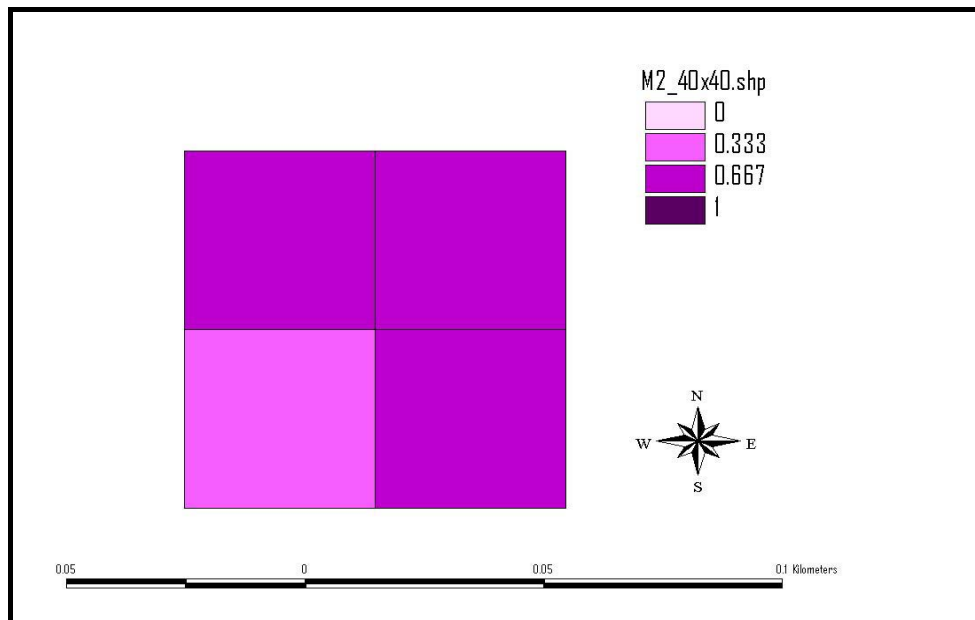
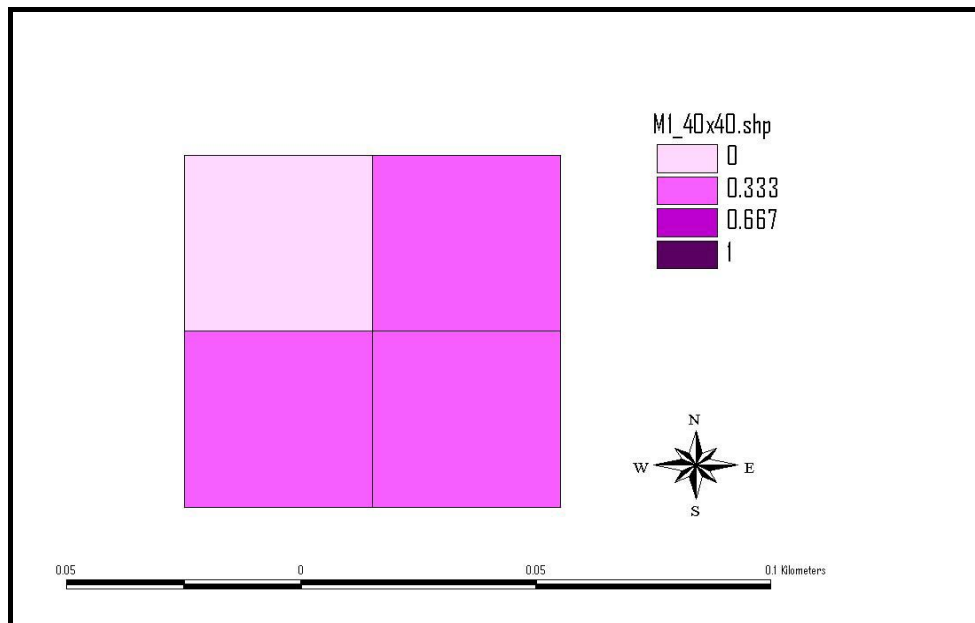


Figura 8.63a – Distribuzione spaziale dell'indice SM all'interno delle parcelle 1 e 2 della cerreta di Macchia Grande di Manziana nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 40 m.

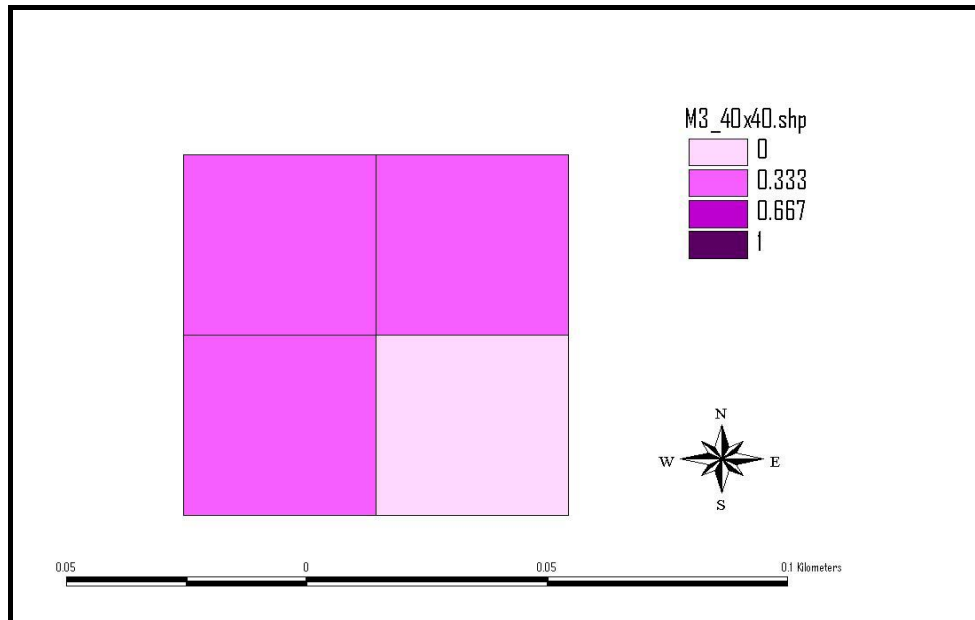


Figura 8.63b – Distribuzione spaziale dell'indice SM all'interno delle parcelle 3 e 4 della cerreta di Macchia Grande di Manziana nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 40 m.

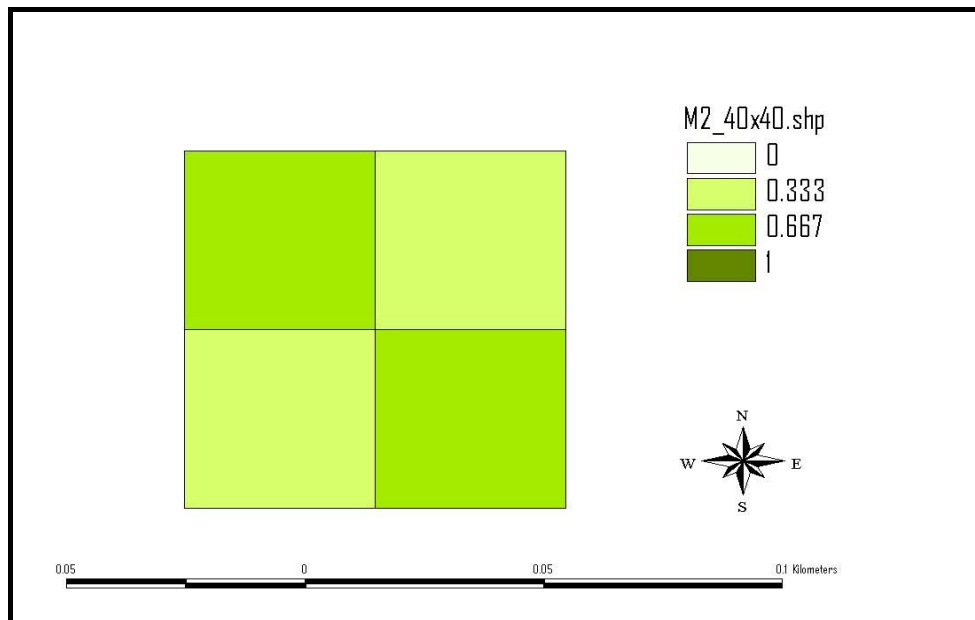
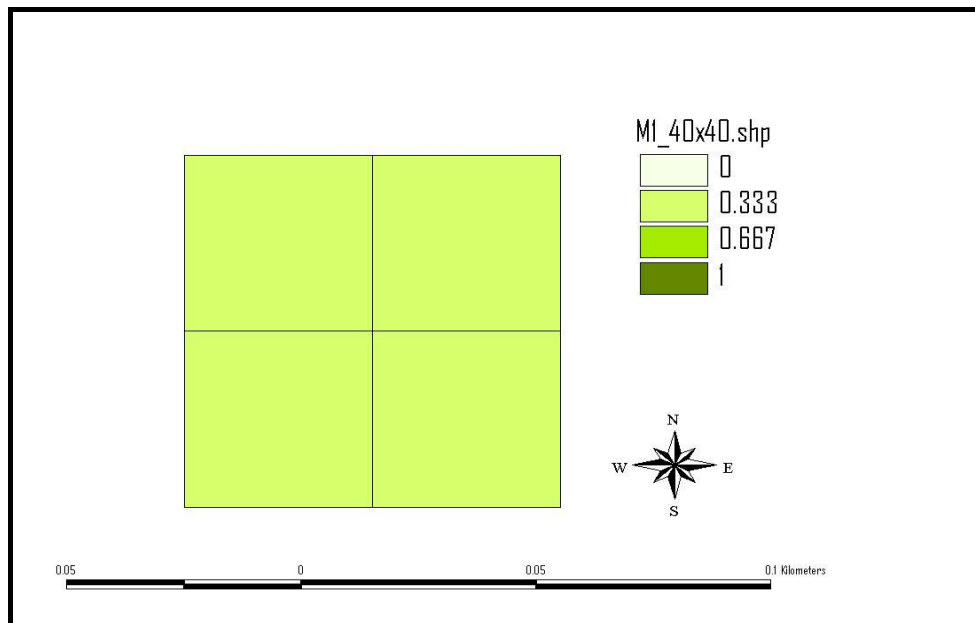


Figura 8.64a – Distribuzione spaziale dell'indice DBHDM all'interno delle parcelle 1 e 2 della cerreta di Macchia Grande di Manziana nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 40 m.

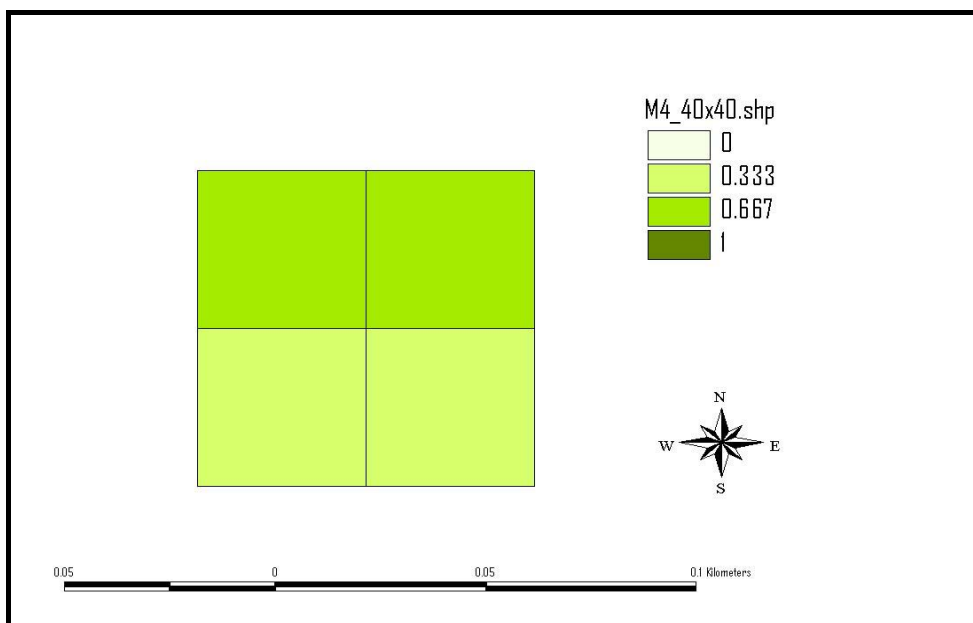
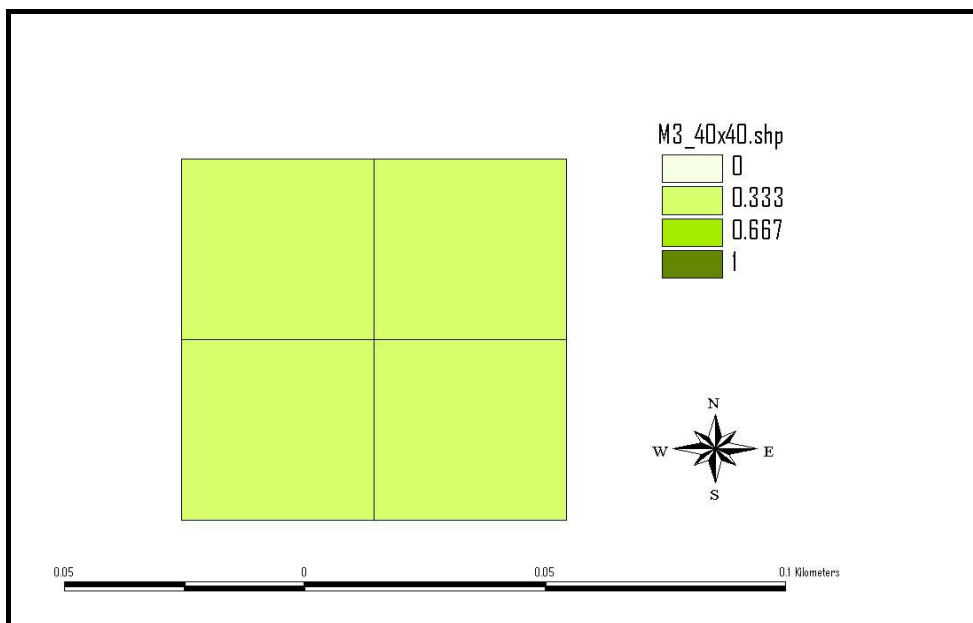


Figura 8.64b – Distribuzione spaziale dell'indice DBHDM all'interno delle parcelle 3 e 4 della cerreta di Macchia Grande di Manziana nella modalità *reference point* con intensità di campionamento pari a 40 m.

8.2.1.3. Indice di Morisita

L'indice di Morisita calcolato per tutti gli alberi all'interno di ogni parcella mostra una distribuzione di tipo prevalentemente casuale indipendentemente dall'ampiezza dei quadrati considerati. All'aumentare della superficie tutti i valori tendono a convergere nello stesso valore 1 (Figura 8.65). Il rapporto $I_{\delta(S)} / I_{\delta(2S)}$, calcolato per le quattro parcelle non supera il valore 1,20, valore limite oltrepassato il quale si considerano presenti aggregati di alberi in base agli studi condotti per

fustaie coetanee da PARKER e PARKER (1994). L'analisi di tale rapporto dunque, conferma la tendenza degli alberi a distribuirsi casualmente (Figura 8.66a e 8.66b).

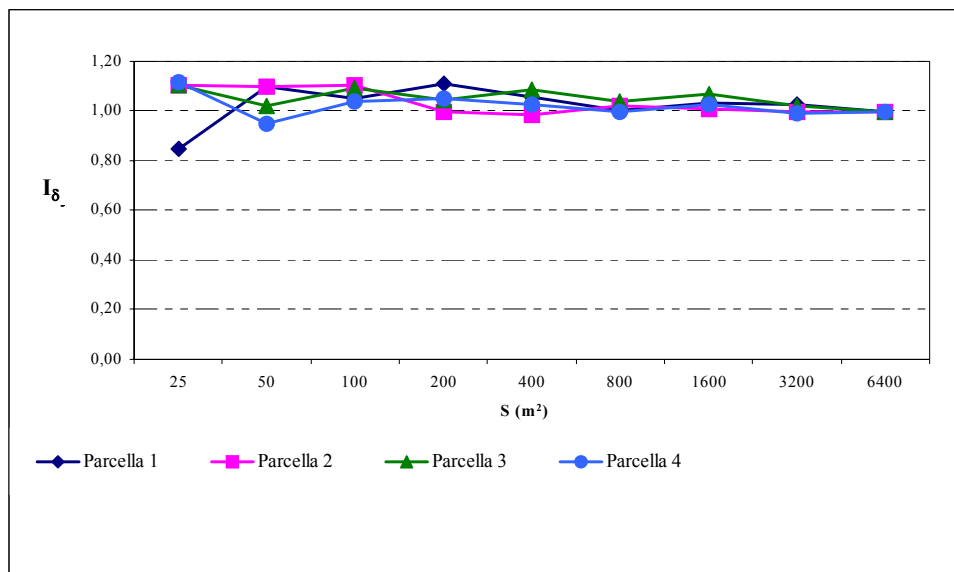


Figura 8.65 - Distribuzione dell'indice di Morisita (I_{δ}) per quadrati di superficie (S) crescente per ciascuna delle parcelle appartenenti alla cerreta di Macchia Grande di Manziana.

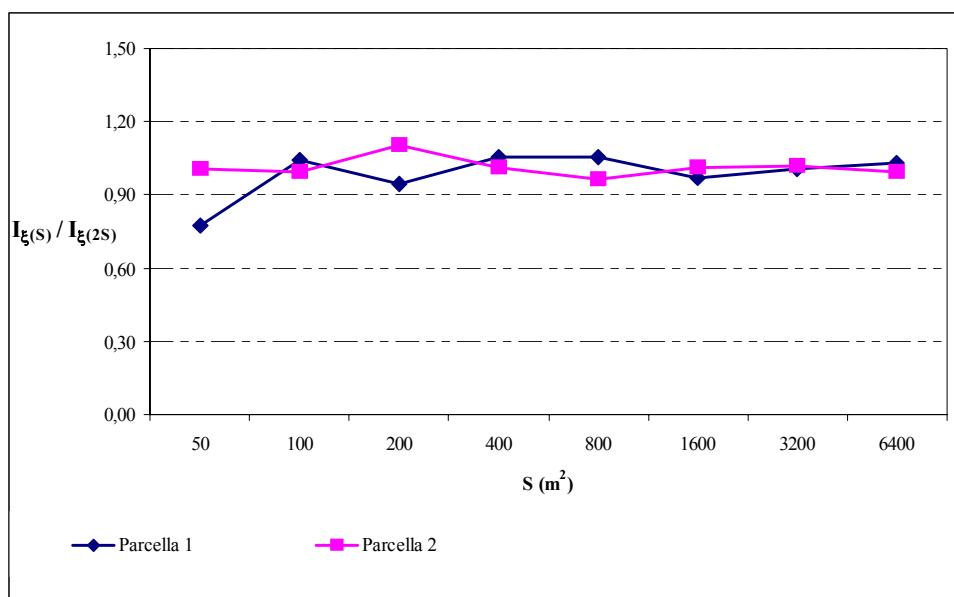


Figura 8.66a - Distribuzione del rapporto $I_{\delta(S)} / I_{\delta(2S)}$ per valori di superficie S (m^2) crescenti all'interno delle parcelle 1 e 2. Le frecce indicano i picchi di valore del suddetto rapporto.

L'indice di Morisita è stato calcolato per gruppi dimensionali di alberi all'interno di ciascuna delle parcelle. Tali categorie comprendono alberi con diametro compreso nelle classi da 10 a 25 cm (pp), da 30 a 50 cm (pm), da 55 a 75 cm (pg), da 80 a 100 cm (pmg) (Tabella 8.22).

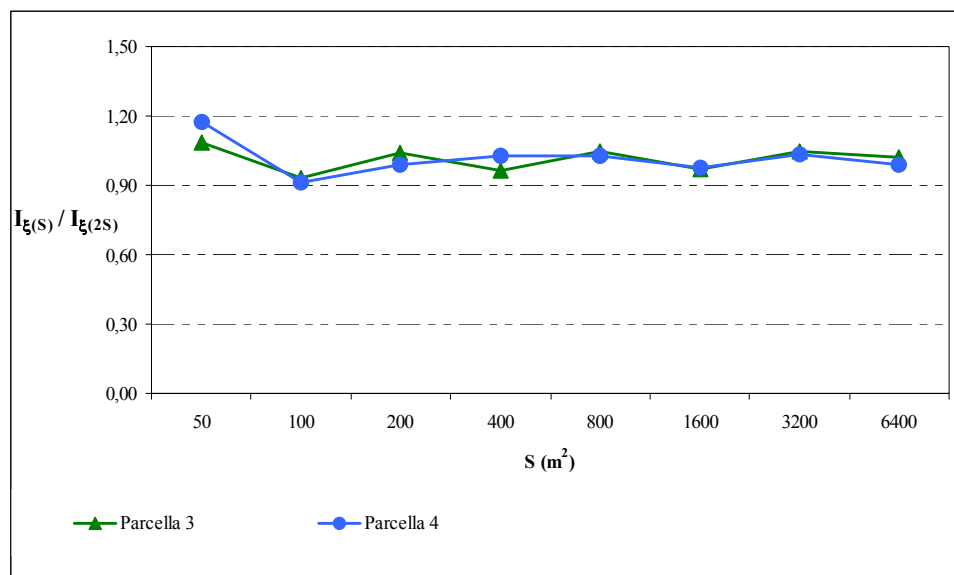


Figura 8.66b - Distribuzione del rapporto $I_{g(S)} / I_{g(2S)}$ per valori di superficie S (m²) crescenti all'interno delle parcelle 3 e 4. Le frecce indicano i picchi di valore del suddetto rapporto.

Relativamente alle parcelle 1 e 2, la categoria alberi di medie dimensioni (pm) e la categoria alberi molto grandi (pmg) non sono riportate in tabella poiché non è stato possibile ottenere valori dell'indice attendibili. Infatti, il numero di alberi campione è risultato inferiore al limite individuato da PARKER e PARKER (1994) e corrispondente a 40. Per la stessa ragione, non risultano in tabella le categorie piante piccole (pp) e piante molto grandi (pmg) relative alle parcelle 3 e 4.

S m ²	I _δ	
	pp	pg
25	0,85	2,024
50	1,096	2,658
100	1,053	1,912
200	1,112	1,883
400	1,056	1,708
800	1,001	1,385
1600	1,031	1,502
3200	1,028	1,052
6400	1	1

Tabella 8.22a - Indice di Morisita calcolato per alberi di piccole dimensioni (pp), alberi di medie dimensioni (pm), alberi di grosse dimensioni (pg) e alberi di dimensioni molto grosse (pmg) all'interno della parcella 1.

S	I_{δ}	
	pp	pg
25	1,105	
50	1,097	0,569
100	1,103	1,385
200	0,997	1,281
400	0,986	1,316
800	1,023	1,316
1600	1,012	1,108
3200	0,996	1,055
6400	1	1

Tabella 8.22b - Indice di Morisita calcolato per alberi di piccole dimensioni (pp), alberi di medie dimensioni (pm), alberi di grosse dimensioni (pg) e alberi di dimensioni molto grosse (pmg) all'interno della parcella 2.

S	I_{δ}	
	pm	pg
25		1,134
50		1,14
100		1,296
200	0,545	1,278
400	1,164	1,306
800	1,091	1,115
1600	1,091	1,216
3200	1,136	1,069
6400	1	1

Tabella 8.22c - Indice di Morisita calcolato per alberi di piccole dimensioni (pp), alberi di medie dimensioni (pm), alberi di grosse dimensioni (pg) e alberi di dimensioni molto grosse (pmg) all'interno della parcella 3.

S	I_{δ}	
	pm	pg
25		1,431
50	2,182	1,263
100	2,327	1,521
200	2,182	1,421
400	1,745	1,386
800	1,773	1,021
1600	1,6	1,073
3200	1,227	0,987
6400	1	1

Tabella 8.22d - Indice di Morisita calcolato per alberi di piccole dimensioni (pp), alberi di medie dimensioni (pm), alberi di grosse dimensioni (pg) e alberi di dimensioni molto grosse (pmg) all'interno della parcella 4.

Gli alberi appartenenti alle categorie minori sopra riportate risultano distribuiti in aggregati. Le dimensioni medie degli aggregati sono mostrate nelle Figure 8.67 (a, b). All'interno delle parcella 1 e 2, gli alberi di piccole dimensioni si aggregano in piccoli gruppi di 50 m² (parcella 1), in gruppi di medie dimensioni pari a 200 m² (parcella 1 e 2) di superficie e in gruppi di grosse dimensioni pari a 800 m² di superficie. Gli alberi di grosse dimensioni non formano aggregati; infatti, il rapporto $I_{\delta(S)} / I_{\delta(2S)}$ calcolato per tale categoria risulta sempre inferiore al valore 1,2 (vd. Cap. 6).

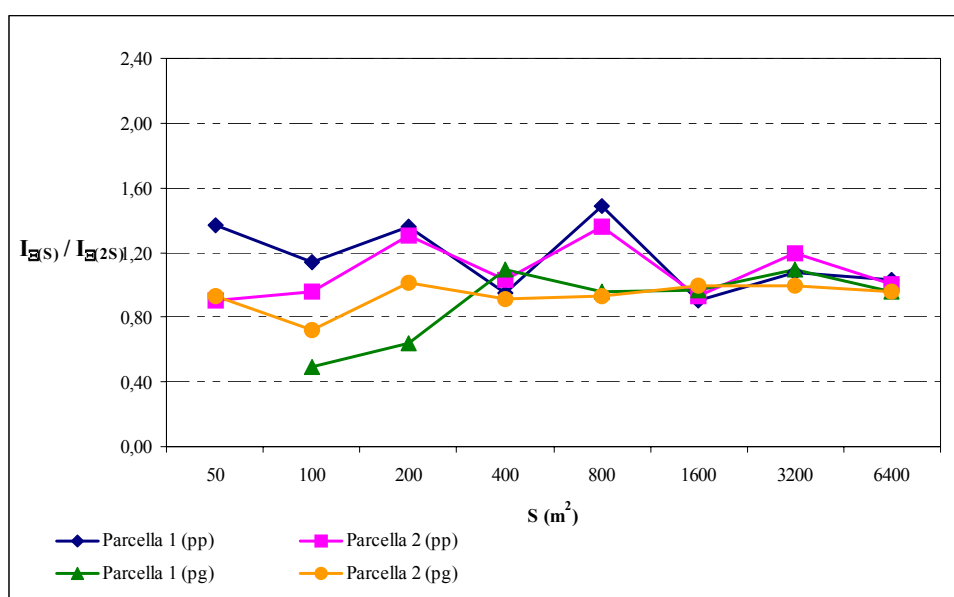


Figura 8.67a - Distribuzione del rapporto $I_{\delta(S)} / I_{\delta(2S)}$ per alberi di piccole (pp) e grosse (pg) dimensioni all'interno delle parcella 1 e 2.

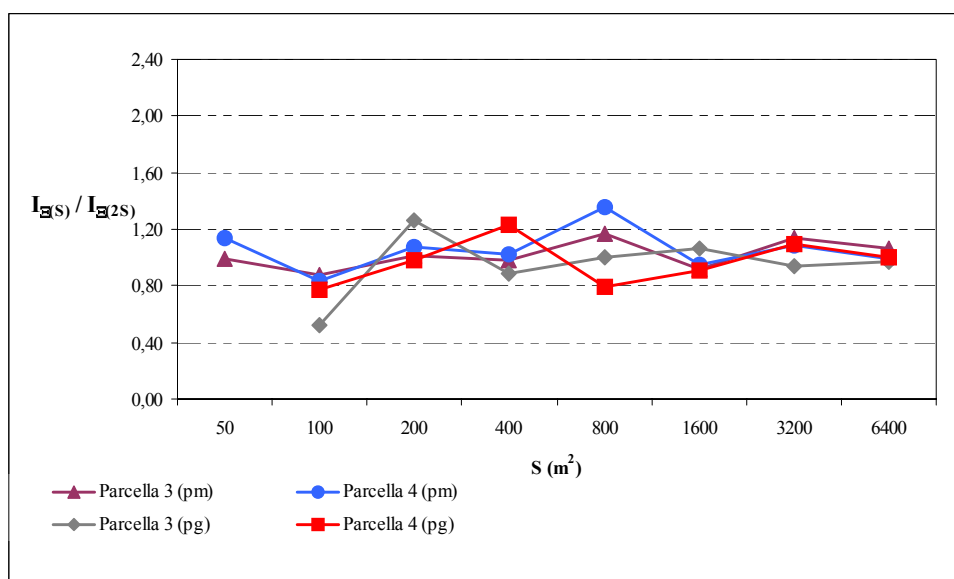


Figura 8.67b - Distribuzione del rapporto $I_{\delta(S)} / I_{\delta(2S)}$ per alberi di piccole e medie dimensioni all'interno della parcella 3 e 4.

All'interno della parcella 3, gli alberi di medie dimensioni non formano aggregati e all'interno della parcella 4 gli alberi appartenenti a tale categoria tendono ad aggregarsi soltanto in gruppi di 800 m² di superficie. Il rapporto $I_{\delta(S)} / I_{\delta(2S)}$ calcolato per gli alberi di grosse dimensioni all'interno delle parcelle 3 e 4 raggiunge il valore 1,2 (ma non lo supera) in corrispondenza di superfici pari a 400 m² (parcella 3) e 800 m² (parcella 4).

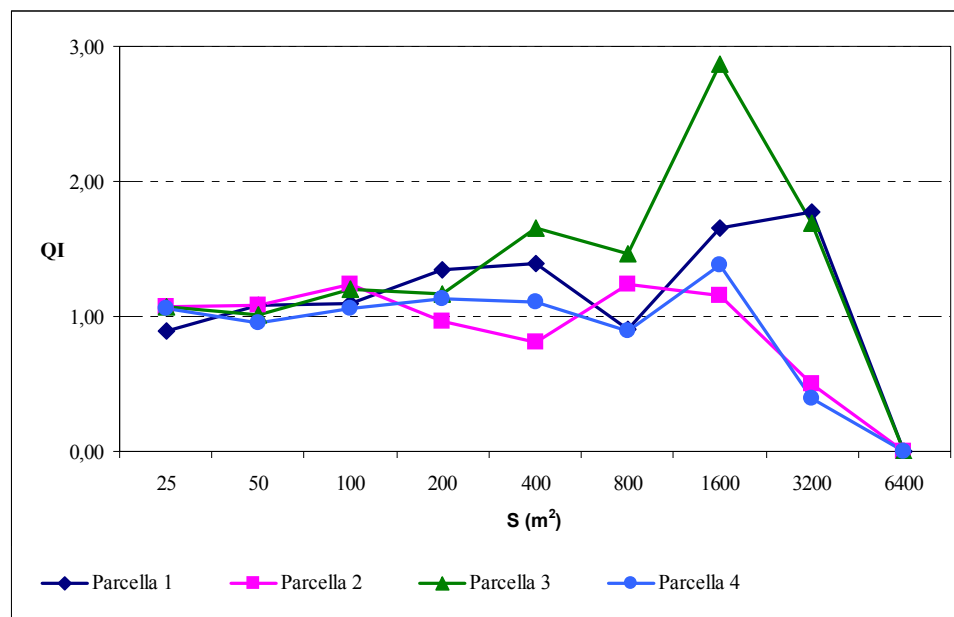


Figura 8.68 - Distribuzione del Quadrat Index (QI) per quadrati di superficie (S) crescente all'interno delle 4 parcelle della cerreta di Macchia Grande di Manziana.

All'interno della parcella 1, gli alberi di medie dimensioni si aggregano in piccoli gruppi di 100 m² di superficie, in gruppi di dimensioni medie su 800 m² di superficie e in grossi gruppi di 3200 m² di superficie. All'interno della parcella 2, gli alberi di medie dimensioni si aggregano in piccoli gruppi di 200 m² di superficie e in gruppi di dimensioni medie su 1600 m² di superficie. All'interno delle parcelle 3 e 4, gli alberi di medie dimensioni si aggregano in piccoli gruppi di 50 e 200 m² di superficie, in gruppi di dimensioni medie su 800 m² di superficie e in gruppi di grosse dimensioni su 3200 m².

8.2.1.4. Indice di Cox

L'andamento dei valori medi del QI mostra una similitudine con i valori medi di I_{δ} . La distribuzione degli alberi risulta dunque prevalentemente di tipo casuale all'interno delle quattro parcelle (Figura 8.68). Considerando gli alberi suddivisi in classi di 10 e 25 cm (pp), 30 e 50 cm (pm), 55 e 75 cm (pg), 80 e 100 cm (pmg), gli aggregati sono costituiti per lo più da alberi di piccole dimensioni all'interno delle

parcelle 1 e 2. All'interno delle parcelle 3 e 4, gli aggregati sono costituiti per lo più da alberi di medie dimensioni (Figura 8.69).

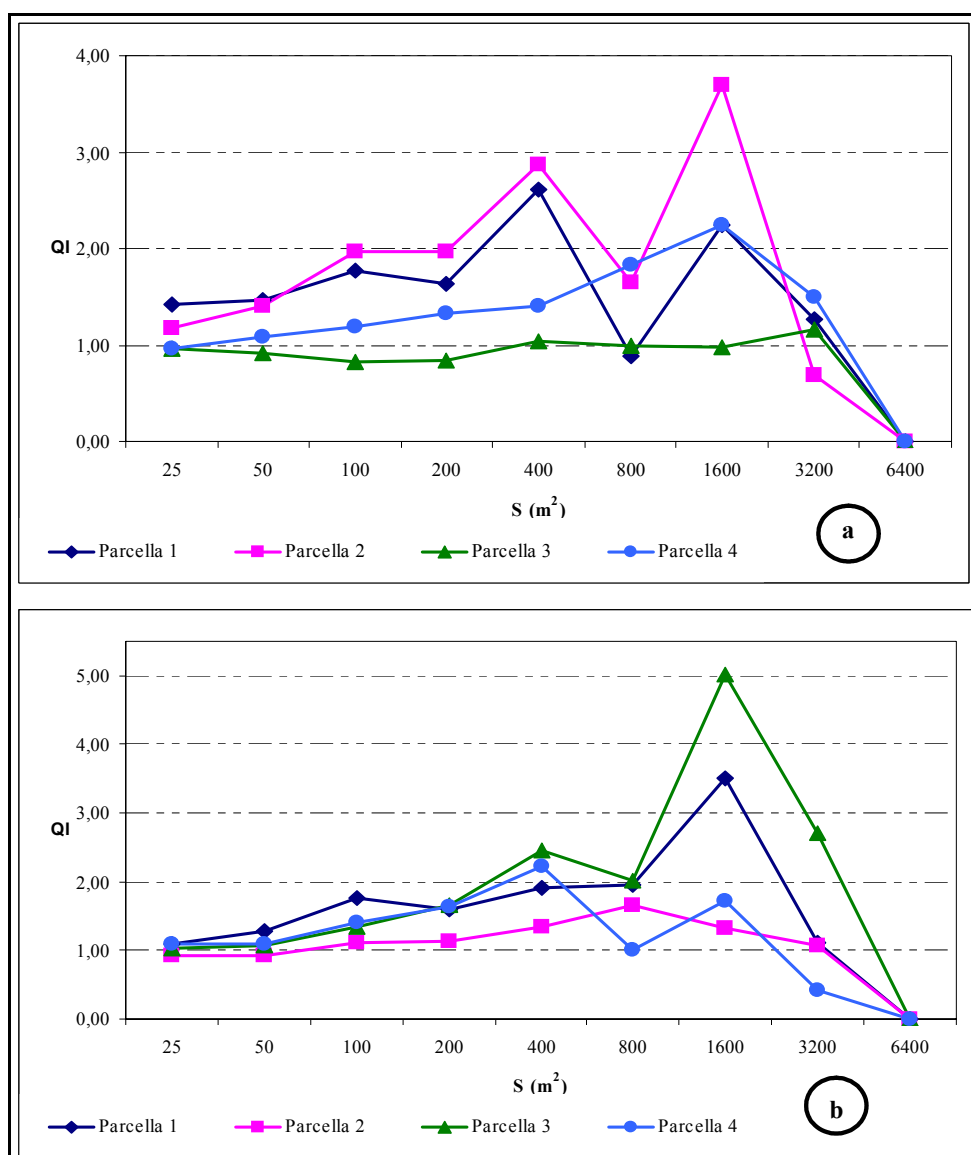


Figura 8.69 - Distribuzione del Quadrat Index (QI) relativo ad alberi di piccole dimensioni (a) e alberi di medie dimensioni (b) per quadrati di superficie (S) crescente all'interno delle 4 parcelle della cerreta di Macchia Grande di Manziana.

8.2.1.5. Età e incrementi

L'età media degli alberi nelle quattro parcelle indagate varia da 56 a 79 anni. Le parcelle 1 e 2 risultano più giovani in termini di età media rispetto alle parcelle 3 e 4. I valori statistici riferiti all'età sono riportati in Tabella 8.23. Si nota una certa omogeneità tra le parcelle 1 e 2, in cui si registra un intervallo temporale di 3 anni, e tra le parcelle 3 e 4 in cui è stata misurata la stessa età. L'analisi statistica delle età mostra una disetaneità all'interno di tutte le parcelle. La deviazione standard

conferma la notevole dispersione degli anni misurati rispetto al valore medio. Si può concludere che le parcelle sono costituite da alberi disetanei.

Parcelle	età media	dev std	età min	età max
1	56	32,64	8	120
2	59	29,71	24	102
3	79	36,23	34	124
4	79	33,03	32	112

Tabella 8.23 - Parametri relativi all'età degli alberi all'interno delle parcelle 1, 2, 3 e 4 della cerreta di Macchia Grande di Manziana.

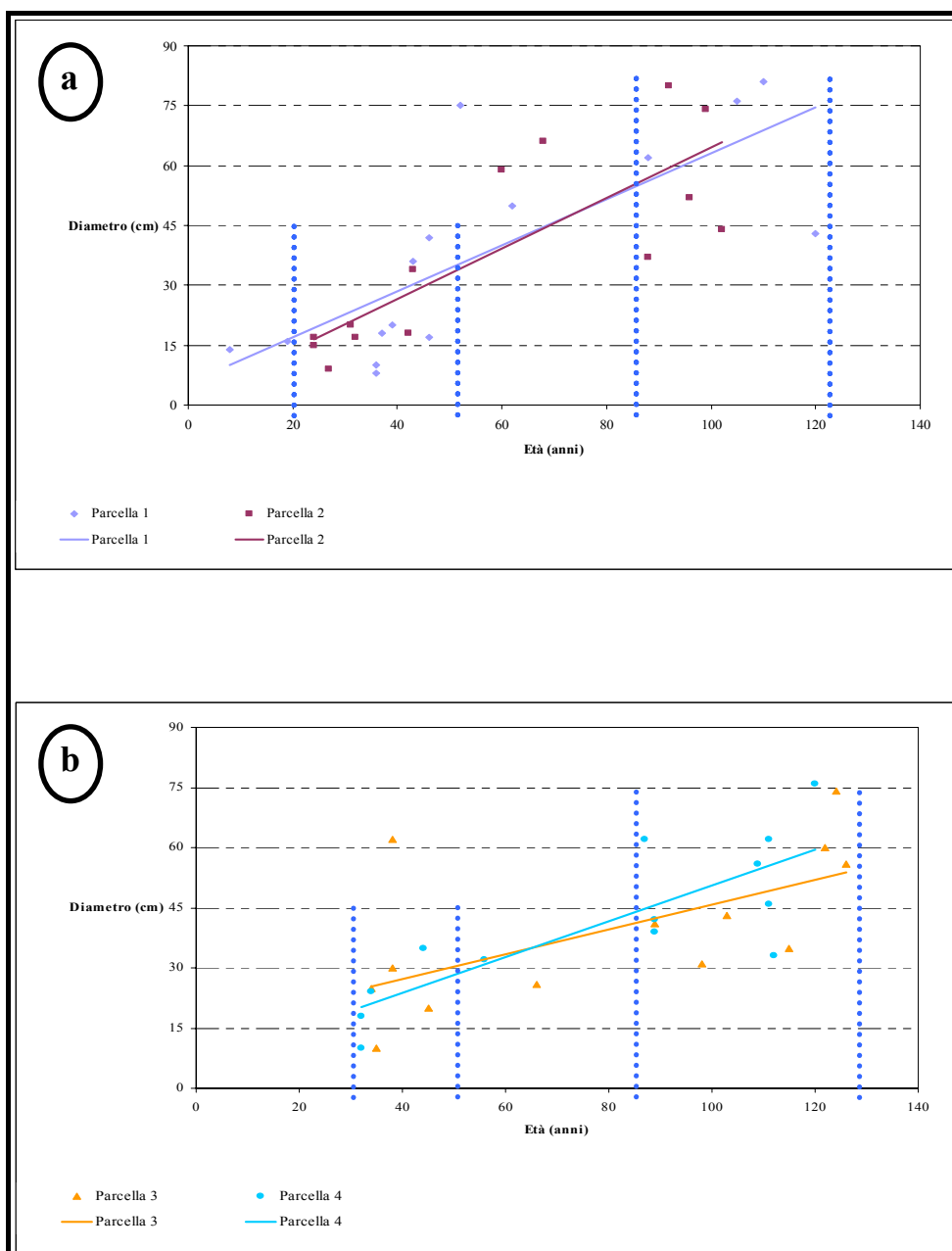


Figura 8.70 - Relazione tra il diametro a petto d'uomo e l'età degli alberi espressa in numero di anni nelle quattro parcelle sperimentali. I valori dell' r^2 relativi alle rette sono uguali a: 0,568 (parcelle 1), 0,654 (parcelle 2), 0,381 (parcelle 3), 0,654 (parcelle 4). a = particella forestale 14; b = particella forestale 17.

Mettendo in relazione i valori relativi all'età con i valori misurati di diametro si evince la relazione diretta tra le due variabili. Le età crescono insieme al diametro. Le caratteristiche sono molto simili tra le parcelle 1 e 2 in cui risulta una maggiore inclinazione delle rette. Le rette relative alle parcelle 3 e 4 evidenziano la minore inclinazione conseguente al range più ampio della variabile età (Figura 8.70). La Figura 8.71 evidenzia la presenza di due coorti (o classi cronologiche). La prima coorte comprende gli alberi di età compresa tra 20 e 50 anni (particella 14) e tra 30 e 50 anni (particella 17). La seconda coorte comprende gli alberi di età compresa tra 85 e 125 anni in entrambe la particelle.

Attraverso la lettura eseguita con il dendrocronografo è stato misurato l'incremento diametrico necessario alla stima dell'incremento percentuale e successivamente dell'incremento corrente di volume. L'incremento percentuale varia tra 52,5 % e 0,7 % e presenta un andamento decrescente di tipo esponenziale all'aumentare dell'età. A livello di particella forestale, il valore medio è pari a 0,27% e a 0,14% rispettivamente per le particelle 14 e 17. L'incremento corrente calcolato per ciascuna classe di diametro assume valori compresi tra $0,05 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ e $0,37 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$. La curva ottenuta relazionando l'incremento corrente di classe diametrica con l'età evidenzia un andamento a parabola con un punto di massimo in corrispondenza di 69 anni. I valori relativi alle due particelle forestali sono stimati pari a $1,39 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ (particella forestale 14) e $0,73 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ (particella 17).

8.2.1.6. Lo strato di rinnovazione affermata

Il campionamento sistematico effettuato sugli alberi con diametro inferiore a 7,5 cm e sugli arbusti, ha fornito i risultati riportati in Tabella 8.24. Sono state censite 15 specie, di cui 10 arboree e 5 arbustive e in ogni punto di sondaggio sono state contate mediamente 6 specie, 3 arboree e 3 arbustive, con un minimo di 3 e un massimo di 11 specie e una deviazione standard pari a 1,58. Il maggior numero di specie si è verificato all'interno delle parcelle 3 e 4, rispetto alle parcelle 1 e 2 dove mancano il ciliegio, il farnetto, il melo selvatico, l'olmo e l'orniello. Il nespolo è la specie arborea distribuita in modo più uniforme, presente nel 91% delle unità di campionamento. La presenza è pari a 77% all'interno delle parcelle 1 e 2, mentre nelle parcelle 3 e 4 la percentuale sale al 88%.

	Parcella sperimentale				media	dev.std.	CV
	1	2	3	5			
Specie arboree	%	%	%	%			%
<i>Mespilus germanica</i>	90	63,6	93,3	91,7	84,7	14,1	0,2
<i>Ilex aquifolium</i>	50	36,4	66,7	66,7	54,9	14,7	0,3
<i>Ostrya carpinifolia</i>	50	27,3	60	50	46,8	13,9	0,3
<i>Acer campestre</i>	40	36,4	53,3	58,3	47	10,5	0,2
<i>Ulmus minor</i>	0	9,1	0	0	2,3	4,5	2
<i>Quercus cerris</i>	30	27,3	33,3	8,3	24,7	11,2	0,5
<i>Fraxinus ornus</i>	0	0	6,7	33,3	10	15,9	1,6
<i>Malus silvestris</i>	0	9,1	13,3	8,3	7,7	5,6	0,7
<i>Prunus avium</i>	0	18,2	0	8,3	6,6	8,6	1,3
<i>Quercus frainetto</i>	10	0	0	0	2,5	5	2

Specie arbustive							
<i>Crataegus monogyna</i>	100	100	80	100	95	10	0,1
<i>Rubus ulmifolius</i>	70	100	100	108,3	94,6	16,9	0,2
<i>Ruscus aculeatus</i>	50	90,9	100	100	85,2	23,9	0,3
<i>Cornus mas</i>	30	45,5	86,7	75	59,3	26,1	0,4
<i>Crataegus laevigata</i>	30	27,3	6,7	8,3	18,1	12,3	0,7

Tabella 8.24 - Percentuale di unità di campionamento dello strato inferiore della cerreta di Macchia Grande di Manziana in cui è stata censita ciascuna specie arborea e arbustiva.

Parcella	G relasc.	Specie arboree	Specie arbustive	Nespolo	Agrifoglio	Carpino nero	Biancospino	Rovo
	(m ² ha ⁻¹)							
1	26,4	14,4	42,8	5,8	2,6	1,3	21,4	18,5
2	28,82	14,8	66	3,6	3,4	1,9	19,8	29,4
3	35,4	16	92,9	5,1	4,4	1,8	38,2	18,3
4	30,64	23,6	71,5	7,1	7,4	3,6	34,4	21,1

Tabella 8.25 - Valori medi di area basimetrica relascopica (G relsc.) e del numero di alberi presenti nelle unità di campionamento dello strato inferiore della cerreta di Macchia Grande di Manziana.

Analoga variabilità di distribuzione caratterizza anche l'agrifoglio, il carpino nero e l'acero campestre. Tra le arbustive, le specie più uniformemente distribuite sono risultate il biancospino e il rovo entrambi con il 95% di presenza. In ciascuna unità campionaria sono stati rilevati in media 89 fusti. 18 di essi (2293 per ettaro) sono di specie arboree. Il nespolo ha la maggiore densità media, seguito dall'agrifoglio e dal carpino nero (Tabella 8.24).

Queste tre specie rappresentano il 72 % dei fusti mediamente presenti nelle unità campionarie. Tra le arbustive il 42% in media dei fusti è di biancospino. La densità e lo sviluppo dimensionale dello strato arboreo e arbustivo inferiore varia da parcella a parcella. Le differenze possono essere messe in relazione, innanzitutto, alla densità della copertura superiore.

Parcella 1				
	%	media	dev std	CV
D < 3 cm	88	20	10,16	0,5
D = 3 cm	3	1	0,79	0,99
D > 3 cm	9	2	1,6	0,76
H < 1 m	49	12	8,81	0,77
H = 1 m	3	1	0,92	1,15
H > 1 m	47	11	4,94	0,45
Parcella 2				
	%	media	dev std	CV
D < 3 cm	80	14	3,67	0,26
D = 3 cm	9	2	1,03	0,63
D > 3 cm	10	2	1,4	0,77
H < 1 m	27	5	1,79	0,38
H = 1 m	27	5	3,03	0,63
H > 1 m	46	8	3,13	0,39
Parcella 3				
	%	media	dev std	CV
D < 3 cm	90	34	18,7	0,54
D = 3 cm	4	2	0,91	0,57
D > 3 cm	5	2	1,62	0,79
H < 1 m	29	11	6,99	0,63
H = 1 m	28	11	6,88	0,64
H > 1 m	41	16	8,96	0,58
Parcella 4				
	%	media	dev std	CV
D < 3 cm	86	27	12,52	0,46
D = 3 cm	5	2	0,94	0,6
D > 3 cm	9	3	2,26	0,81
H < 1 m	23	7	7,39	1,03
H = 1 m	29	9	6,15	0,68
H > 1 m	49	16	6,32	0,41

Tabella 8.26 - Numero di fusti per categorie dimensionali all'interno delle quattro parcelle della cerreta di Macchia Grande di Manzianna.

	Parcella 1		Parcella 2		Parcella 3		Parcella 4	
	Media	Dev std	Media	Dev std	Media	Dev std	Media	Dev std
Totale	1,27	0,202	1,29	0,279	1,38	0,226	1,38	0,232
Alberi	0,68	0,464	0,63	0,349	0,84	0,404	0,71	0,398
Arbusti	0,74	0,285	0,94	0,255	0,99	0,191	0,95	0,226

Tabella 8.27 - Valori medi e deviazione standard dell'indice di Shannon calcolato per tutte le specie, per le specie arboree e le specie arbustive, all'interno delle parcelle della cerreta di Macchia Grande di Manzianna.

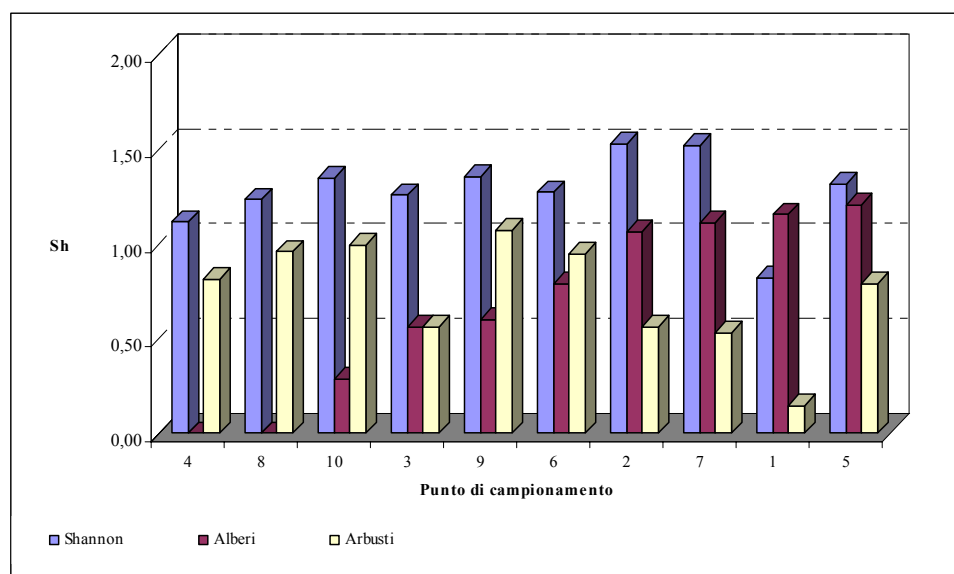


Figura 8.71a - Distribuzione dell'indice di Shannon calcolato per tutte le specie, le arboree e le arbustive all'interno della parcella 1.

Nella parcella 3, dove l'area basimetrica relascopeca del soprassuolo principale in corrispondenza dei punti di campionamento è risultata la più alta, il numero totale di alberi censiti nelle unità campionarie è il più alto ma è rappresentato da fusti con un diametro inferiore a 1 cm e ripartiti per lo più tra le specie arbustive (Tabella 8.25). Lo strato arbustivo raramente supera i 5 m di altezza mentre le specie arboree arrivano fino a 6 m. Nelle altre tre parcelle, invece, pur essendo più bassi i valori medi di area basimetrica relascopeca, la densità totale di fusti nello strato inferiore è minore e quella delle specie arboree è superiore a quella delle specie arbustive.

Inoltre, la presenza del biancospino è più cospicua e compete, quanto a dimensioni, con le specie arboree. Nella parcella 3, in particolare, a questa specie appartengono il 43% in media dei fusti censiti nelle unità di campionamento, quasi il 54% se si considerano solo quelli di specie arbustive. I fusti di biancospino raggiungono anche i 3,5 m di altezza. Il rovo è la specie arbustiva più presente insieme al biancospino. Lo sviluppo del rovo ha influenzato soprattutto l'affermarsi della rinnovazione di cerro, farnetto e nespolo la cui densità di fusti nelle unità di campionamento è sensibilmente inferiore nella parcella 2 rispetto alle altre. La Tabella 8.26 fornisce indicazioni sulla distribuzione dei fusti per categorie dimensionali. Se per il diametro risulta una maggioranza in corrispondenza dei valori inferiori a 3 cm, per le altezze non c'è una classe predominante.

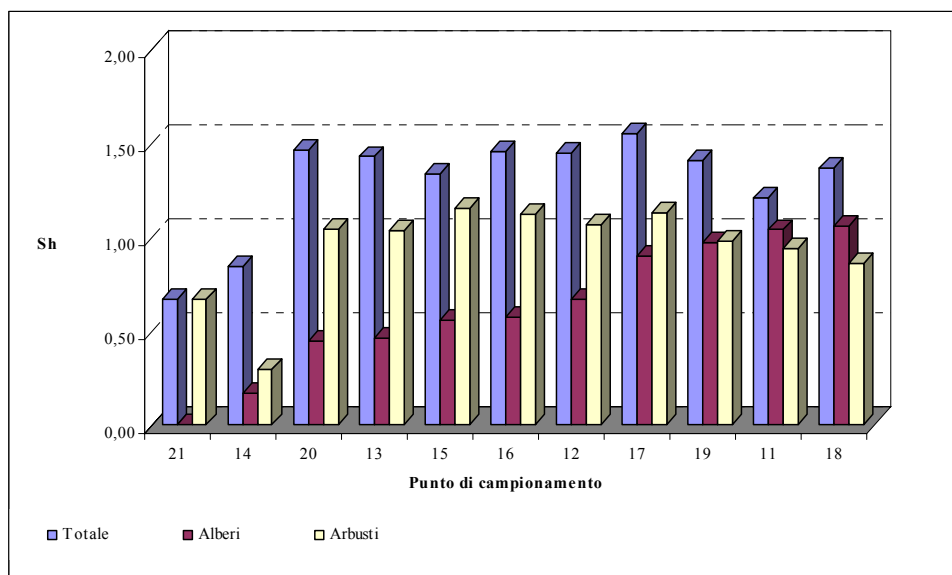


Figura 8.71b - Distribuzione dell'indice di Shannon calcolato per tutte le specie, le arboree e le arbustive all'interno della parcella 2.

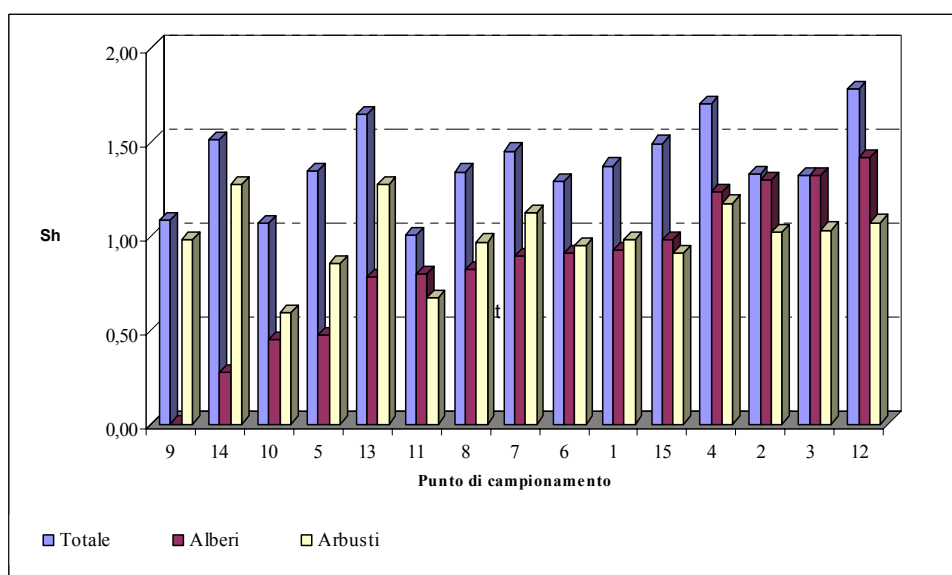
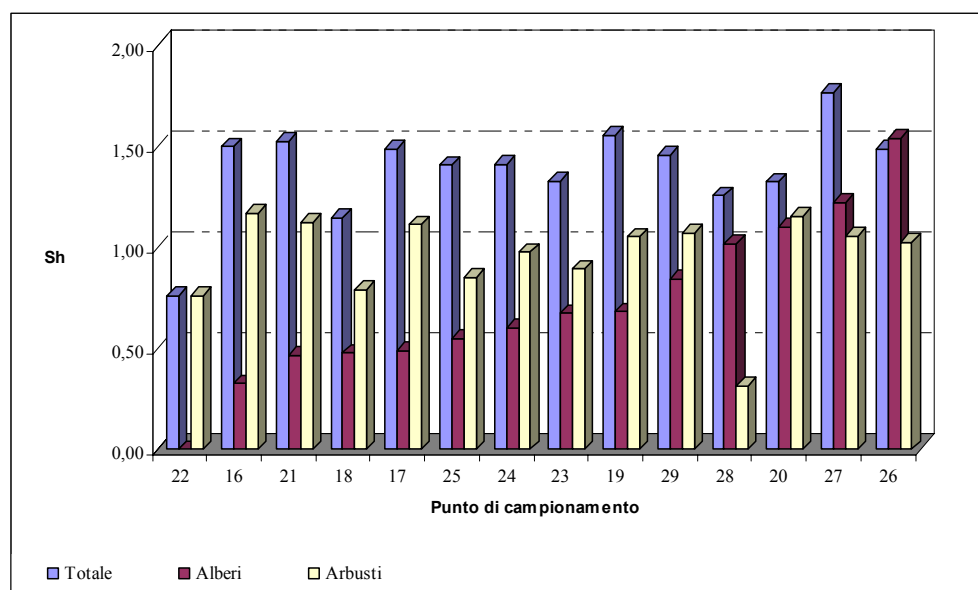


Figura 8.71c - Distribuzione dell'indice di Shannon calcolato per tutte le specie, le arboree e le arbustive all'interno della parcella 3.

La diversità specifica relativa allo strato inferiore, è stata quantificata attraverso la determinazione dell'indice di Shannon. L'indice è stato calcolato in corrispondenza di ciascuna unità di campionamento per tutte le specie, per le specie arboree e per le specie arbustive. L'indice mediamente assume il valore più alto in corrispondenza delle parcelle 3 e 4 e il valore più basso all'interno della parcella 1. Osservando le distribuzioni dei valori dell'indice nelle unità di campionamento si nota la variabilità dei valori, evidenziato anche dalle deviazioni standard calcolate e riportate in Tabella 8.27. L'indice calcolato per le specie arbustive è prevalentemente maggiore del valore riferito alle specie arboree all'interno di tutte

le parcelle. In 4 unità di campionamento si è verificato per le specie arboree un valore dell'indice nullo in corrispondenza di tutte le parcelle (Figure 8.71 a, b, c, d).



8.71d - Distribuzione dell'indice di Shannon calcolato per tutte le specie, le arboree e le arbustive all'interno della parcella 4.

8.2.1.7. Analisi storica

Nella Figura 8.72 è riportato l'andamento nel tempo della provvigione legnosa nella particella 14. I dati sono ricavati dal piano di assestamento realizzato nel 1985 (SAMPERI), dal cavallettamento per aree di saggio eseguito nel 1992 (BONINI), e dai rilievi effettuati nell'ambito del presente studio. Si tratta di valori medi indicativi in quanto derivano da rilievi che hanno riguardato superfici di diversa estensione. I volumi legnosi sono stati ricavati con diversi sistemi di cubatura. Al di là dei limiti di comparabilità dei dati, appare comunque evidente l'aumento della provvigione legnosa negli ultimi anni. Anche la particella 17 ha subito un incremento dei valori dendrometrici dal 1985 a oggi, come mostrato in Tabella 8.28.

		Dg	N	G	V
Particella	Anno	cm	NP ha ⁻¹	m ² ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹
14	1985	39	135	16	338
	2005	41	204	26	422
17	1985	42	270	37	420
	2005	47	212	37	593

Tabella 8.28 - Confronto dei dati dendrometrico misurati per la cerreta di Macchia Grande di Manziana. Anno 1985: risultati del rilievo del soprassuolo eseguito da Samperi per il Piano eco-agro-silvo-pastorale.

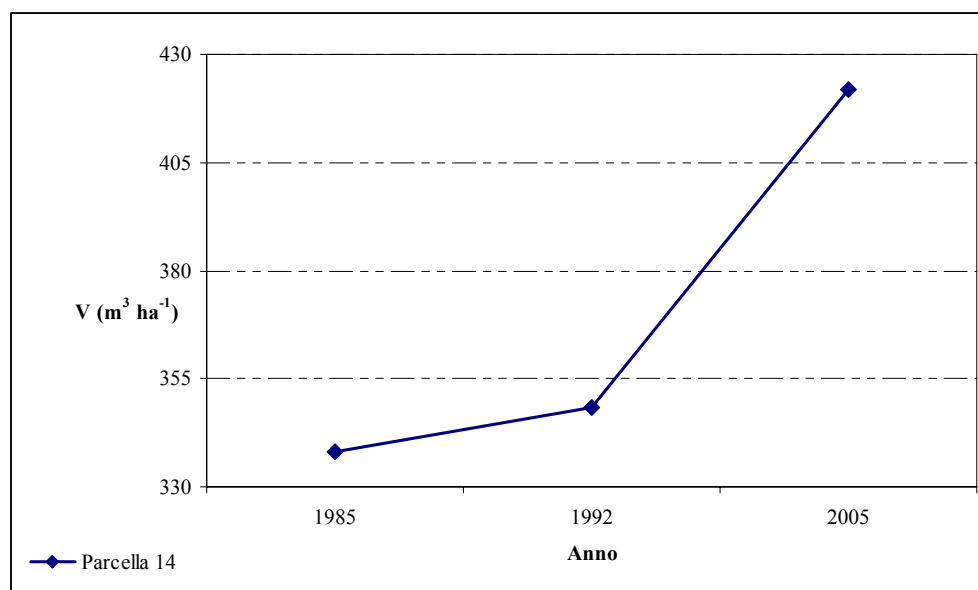


Figura 8.72 – Variazione del volume a ettaro all'interno della particella 14 della cerreta di Macchia Grande di Manziana dall'anno 1985.

8.2.2. Rapporti tra struttura puntuale e complessiva

8.2.2.1. Aree di saggio a superficie costante

L'analisi del sottocampione di alberi compreso in una serie di 15 quadrati (vd. Cap.6), ciascuno con una superficie pari a 800 m², ha fornito risultati riportati in Tabella 8.29.

I valori medi relativi al numero di alberi a ettaro, all'area basimetrica a ettaro, al diametro e all'altezza media, al volume a ettaro risultano inferiori ai valori relativi alle parcelle da cui è stato estratto ciascun sottocampione. I sottocampioni estratti all'interno delle parcelle 1 e 2, rispetto ai sottocampioni estratti all'interno delle parcelle 3 e 4, presentano valori più bassi sia in termini di dimensioni che di volume accumulato. Pur essendo inferiori, tali valori non forniscono nel complesso informazioni differenti rispetto ai valori calcolati a livello di parcella.

La differenza tra i valori totali dei diversi parametri dendrometrici delle 15 aree elementari e i rispettivi valori medi della parcella sperimentale è contenuta entro il 15 % nella maggior parte dei casi. Fanno eccezione il volume a ettaro delle parcelle 1 e 2 (40,80% e 29,75% rispettivamente). Per quanto riguarda gli altri parametri dendrometrici, dall'analisi del coefficiente di variazione risulta la minore variabilità dell'altezza media e del diametro medio, mentre maggiore è la variabilità del numero di alberi a ettaro e dell'area basimetrica a ettaro. In definitiva, all'interno della cerreta di Macchia Grande di Manziana, la fertilità

stazionario e le dimensioni medie degli alberi sono costanti mentre la densità è molto variabile.

Parcella 1								
		Totale	media	$\Delta\%$	dev std	CV	min	max
N	NP ha ⁻¹	198	174	12,12	47,15	0,27	102	255
G	m ² ha ⁻¹	28,29	27,72	2,01	6,87	0,25	18,88	39,28
Dg	cm	43	38	11,63	6,19	0,16	25	49
Hm	m	28,69	27,48	4,22	1,51	0,05	24,05	29,9
V	m ³ ha ⁻¹	472,3	279,6	40,80	111,72	0,40	123,3	467,8
Parcella 2								
		Totale	media	$\Delta\%$	dev std	CV	min	max
N	NP ha ⁻¹	210	194	7,62	59,48	0,31	128	344
G	m ² ha ⁻¹	24,59	28,18	-14,60	8,51	0,30	15,7	42,74
Dg	cm	39	36	7,69	6,83	0,19	23	49
Hm	m	25,46	24,3	4,56	2,38	0,10	19,1	28,23
V	m ³ ha ⁻¹	371,4	260,9	29,75	105,63	0,40	125,2	436,9
Parcella 3								
		Totale	media	$\Delta\%$	dev std	CV	min	max
N	NP ha ⁻¹	226	217	3,98	71,34	0,33	77	319
G	m ² ha ⁻¹	36,12	33,73	6,62	12,26	0,36	20,79	57,52
Dg	cm	45	42	6,67	5,06	0,12	33	48
Hm	m	30,74	29,76	3,19	1,63	0,05	26,8	31,65
V	m ³ ha ⁻¹	582,1	498,8	14,31	211,95	0,42	190	966,5
Parcella 4								
		Totale	media	$\Delta\%$	dev std	CV	min	max
N	NP ha ⁻¹	199	171	14,07	69,5	0,41	77	306
G	m ² ha ⁻¹	36,94	33,37	9,66	11,09	0,33	16,8	50
Dg	cm	49	48	2,04	5,45	0,11	42	59
Hm	m	33,8	33,67	0,38	1,26	0,04	31,53	36,05
V	m ³ ha ⁻¹	603,3	568,9	5,70	218,49	0,38	284	978,4

Tabella 8.29 – Statistiche relative ai parametri dendrometrico calcolati per quadrati di superficie costante pari a 800 m². $\Delta\%$ = scarto percentuale tra il valore totale e la media aritmetica, dev std = deviazione standard, CV = coefficiente di variazione, min = valore minimo, max = valore massimo. N = numero di alberi a ettaro, G = area basimetrica a ettaro, Dg = diametro medio, H_m = altezza media, V = volume a ettaro.

8.2.2.3. Aree di saggio a superficie variabile

L'indagine condotta per aree di saggio circolari e concentriche (vd. Cap.6) ha determinato i risultati riportati in Tabella 8.30. I dati sono stati confrontati in base all'aumento della superficie tra le singole aree di saggio e poi confrontati rispetto ai valori medi calcolati a livello di intera parcella.

I valori mostrano sostanziali differenze al variare della superficie. In corrispondenza delle aree di saggio più piccole (1000 m²), il numero di alberi a ettaro risulta superiore rispetto alle aree con superficie progressivamente più estesa ripercuotendosi sui valori medi dimensionali e sul volume accumulato.

Se i valori dendrometrici di densità all'interno delle aree elementari aventi estensione dell'ordine di un decimo di ettaro possono essere anche molto diversi tra

loro, all'aumentare della superficie considerata essi tendono ad avvicinarsi al valore della parcella sperimentale come dimostrano i risultati dell'analisi compiuta su aree circolari concentriche di superficie crescente.

Nella maggior parte dei sistemi di aree concentriche le maggiori differenze rispetto ai valori totali della parcella si registrano nell'area più piccola.

Parcella 1							
s	m ²	1000	2000	3000	4000	5000	totale
Dg	cm	60	49	45	44	43	43
N	NP ha ⁻¹	140	155	200	198	206	198
G	m ² ha ⁻¹	39,82	28,95	31,3	30,22	29,63	28,29
Hm	m	31,78	29,89	29,09	28,99	28,71	28,69
V	m ³ ha ⁻¹	680,3	489,9	530,1	510,2	498,9	472,3
Parcella 2							
s	m ²	1000	2000	3000	4000	5000	totale
Dg	cm	41	41	42	43	42	39
N	NP ha ⁻¹	300	250	227	233	214	210
G	m ² ha ⁻¹	38,88	33,74	31,6	33,49	29,85	24,59
Hm	m	28,25	28,43	28,57	28,72	28,58	25,46
V	m ³ ha ⁻¹	633,9	528,4	489,1	548,7	489,6	371,4
Parcella 3							
s	m ²	1000	2000	3000	4000	5000	totale
Dg	cm	42	41	43	42	42	45
N	NP ha ⁻¹	310	270	243	255	248	226
G	m ² ha ⁻¹	42,84	36	35,14	35,17	34,85	36,12
Hm	m	28,53	28,37	28,73	28,52	28,61	30,74
V	m ³ ha ⁻¹	686	577,4	569,5	567,2	559,9	582,1
Parcella 4							
s	m ²	1000	2000	3000	4000	5000	totale
Dg	cm	49	48	47	48	48	49
N	NP ha ⁻¹	280	235	197	190	198	199
G	m ² ha ⁻¹	52,29	42,54	34,09	33,97	35,27	36,94
Hm	m	29,89	29,75	29,55	29,69	29,67	33,8
V	m ³ ha ⁻¹	997,2	795,2	634,5	628,8	652,7	603,3

Tabella 8.30 – Confronto tra i parametri dendrometrici calcolati all'interno delle aree di saggio concentriche di superficie crescente e i parametri dendrometrici calcolati all'interno delle 4 parcelle della cerreta di Vetralla. s = superficie; Dg = diametro medio; N = numero di alberi a ettaro; G = area basimetrica a ettaro; H_m = altezza media; V = volume a ettaro. In rosso sono stati evidenziati i valori che più si discostano rispetto al valore totale.

9. Discussione dei risultati e proposte per la gestione futura

Le cerrete analizzate presentano una struttura somatica e cronologica alquanto semplificata a causa della monospecificità dei popolamenti e della ridotta diversità delle dimensioni e delle età degli alberi. Ciò è il risultato dell'applicazione passata di algoritmi colturali ispirati al modello di bosco normale coetaneo a tagli successivi per scopi prettamente produttivi. In riferimento alla cerreta di Vetralla, PATRONE (1970), nel piano di assestamento da egli redatto per il quindicennio 1971 – 1985, descriveva le particelle esaminate come fustaie in buone condizioni vegetative, a densità più o meno scarsa e costituite per lo più dal cerro. Il soprassuolo principale risulta, infatti, costituito prevalentemente dal cerro, mentre la presenza di altre latifoglie risulta molto bassa, soprattutto all'interno della cerreta di Vetralla dove queste raggiungono al massimo il 2% del numero di alberi; si tratta di acero campestre, acero opalo, castagno, carpino nero, ciavardello, ciliegio, faggio, orniello e robinia. La presenza di questi individui, sia pure numericamente ridotta e di dimensioni contenute, evidenzia il fatto che il popolamento principale potrebbe essere caratterizzato da una diversità specifica molto maggiore.

MONTELUCCI (1976), descrivendo la cerreta di Manziana, ne definiva il soprassuolo principale come un *arboreto composto essenzialmente di cerro*. Allo stato attuale, la percentuale di latifoglie diverse dal cerro è pari al 20%. Si tratta di individui per lo più di farnetto con acero campestre, agrifoglio, carpino nero, melo selvatico, nespolo, olmo e orniello che occupano le classi diametriche inferiori di 10 cm e 15 cm. Confrontando le due cerrete, gli alberi presentano, a livello di particella, dimensioni medie simili sia in termini di diametro che di altezza.

La distribuzione del numero di alberi per classi di diametro presenta in 6 parcelle su 8 l'andamento di tipo unimodale che contraddistingue i popolamenti coeteneiformi. D'altronde, lo studio della struttura elementare e il confronto tra di essa e la struttura complessiva del soprassuolo principale ha confermato il basso livello di diversificazione strutturale. Le tracce delle intense attività antropiche sono evidenti all'interno dei popolamenti forestali esaminati. Allo stesso tempo, però, se da un lato 6 parcelle presentano caratteristiche tipiche di boschi semplificati e poco diversificati, le parcelle 1 e 2 della cerreta di Manziana presentano tendenze diverse. Sono, infatti, caratterizzate da distribuzioni del numero di alberi per classi di diametro in cui le classi più numerose sono quelle più piccole (10 e 15 cm) e costituite per lo più da latifoglie differenti dal cerro (vd. Figura 8.38). Si tratta di un altro segno della maggiore diversità che potrebbe caratterizzare un bosco di cerro.

Anche le curve ipsometriche indicano una certa omogeneità dimensionale del soprassuolo principale, soprattutto all'interno della cerreta di Vetralla in cui le curve risultano più appiattite, e dunque caratterizzate da una minore variabilità, rispetto a Manziana.

In entrambe le cerrete, il numero di individui a ettaro non è molto alto però gli alberi presentano dimensioni medie, sia in termini di diametro che di altezza, elevati (Cap.8). Il diametro medio è sempre maggiore di 40 cm e le chiome sono ampie, da 15 a 23 volte il diametro a Vetralla e da 20 a 30 volte a Manziana. L'altezza media, tranne in un caso, è sempre superiore ai 27 m. La sospensione degli interventi per decenni ha inoltre fatto sì che si accumulasse un buon livello di volume a conferma della buona fertilità della stazione.

Osservando lo strato inferiore risultano delle situazioni interessanti che evidenziano tendenze evolutive dei popolamenti molto diverse rispetto alle condizioni conseguite attraverso le scelte del passato. Negli ultimi decenni, infatti, si sono innescate delle dinamiche auto-organizzative tendenti a favorire un più alto livello di diversificazione sia strutturale che specifico. Basti osservare che al di sotto del soprassuolo principale monospecifico è andato via via affermandosi nel tempo un denso strato inferiore costituito da un numero elevato di specie, e quindi molto diverso dal soprassuolo dominante; di tutte le specie rilevate, il cerro rappresenta una delle meno rappresentate.

Lo sviluppo delle chiome ha di fatto determinato una densa copertura (vd. Cap.8), che costituisce uno dei fattori che ostacolano l'insediamento della rinnovazione di cerro e ha favorito invece specie che sembrano tollerare meglio l'ombreggiamento, e questi cambiamenti a livello specifico sono stati già documentati in letteratura (AGRIMI *et al.*, 1991).

La presenza di specie differenti dal cerro, oltre ad arricchire il valore ambientale, consente anche di aumentare il valore economico perché interessanti da un punto di vista tecnologico come ad esempio il ciliegio, il castagno, il ciavardello e l'acero campestre. Altre specie, pur essendo meno interessanti tecnologicamente, risultano utili alla fauna selvatica aumentando il valore naturalistico delle cerrete. Ad esempio il moscardino (*Muscardinus avellanarius*), il topo selvatico (*Apodemus flavicollis*), i picchi muratore, terricolo e verde (*Sitta europea*, *Lynx torquilla* e *Picus viridis*). Bisogna infatti considerare che la cerreta di Macchia Grande di Manziana è un SIC (sito di interesse comunitario) inserito in una ZPS (zona a protezione speciale) il che aumenta l'esigenza di esaltare tutte quelle attitudini che

permettano alla cerreta di raggiungere un più alto valore naturalistico, ambientale, estetico.

9.1 Caratterizzazione strutturale del popolamento

La caratteristica principale del sistema di indici basati sulle relazioni tra alberi vicini (*neighbourhood based structural indices*) è di quantificare aspetti diversi della eterogeneità strutturale di un popolamento forestale. Una sperimentazione preliminare di tali indici all'interno dei soprassuoli esaminati ha mostrato come questi siano indipendenti sia tra loro, sia rispetto ai parametri dendrometrici convenzionali descrivendo in modo agevole e oggettivo le caratteristiche strutturali dei soprassuoli governati a fustaia (CORONA *et al.*, 2005a). L'applicazione di tali indici nelle 8 parcelle ha consentito di dedurre alcune utili indicazioni. L'indice di diversità dendrologica *SM* conferma di fatto i dati sulla composizione specifica delle cerrete analizzate, in cui si osserva una quasi nulla (a Vetralla) o bassa (a Manziana) mescolanza di specie arboree appartenenti al soprassuolo principale. La distribuzione dell'indice all'interno delle parcelle indagate sia nella modalità *reference tree* che nella modalità *reference point* conferma la presenza di un numero maggiore di aree caratterizzate da una certa diversità dendrologica all'interno della cerreta di Macchia grande di Manziana. L'applicazione di tale indice all'interno della cerreta di Macchia Grande, ha messo in evidenza che si ottiene una maggiore accuratezza attraverso la modalità *reference tree*. Il valore medio ottenuto attraverso la modalità *reference point* (vd. Cap.8), infatti, indica un popolamento completamente puro mentre il valore medio ottenuto attraverso la modalità *reference tree*, pur confermando la dominanza del cerro, evidenzia la presenza, seppur minima, di individui appartenenti ad altre specie. L'indice di dominanza diametrica *DBHDM* mostra all'interno di tutte le parcelle che non esiste una netta prevalenza diametrica, condizione attesa dopo aver constatato l'omogeneità dimensionale che caratterizza questi popolamenti. Per quanto riguarda l'indice *UAI*, che descrive il tipo di distribuzione degli alberi nello spazio orizzontale, fornisce una distribuzione media di tipo casuale. Questo risultato è concorde con il valore dell'indice di Morisita calcolato per tutti gli alberi presenti. In realtà l'applicazione per categorie dimensionali mostra la tendenza degli alberi di piccole e medie dimensioni ad aggregarsi. Tuttavia questa differenza non deve sorprendere, infatti lo *Uniform Angle Index* indica come i k (con $k = 4$) alberi più vicini ad un punto si distribuiscono attorno al punto stesso, sia esso un punto di sondaggio o un altro albero. Questo indice realizza quindi una descrizione puntuale. L'indice di Morisita invece è legato al numero di alberi presenti

nell'unità di superficie presa come riferimento e può essere calcolato per unità di superficie di dimensione crescente. Pertanto il dato dello *Uniform Angle Index* va analizzato come un dato descrittivo della situazione puntuale spaziale, mentre l'indice di Morisita fornisce un dato operativo relativo alla struttura complessiva del popolamento. Il rapporto calcolato per l'indice di Morisita (I_{875} / I_{825}) indica una dimensione media dei gruppi di alberi di piccole dimensioni pari a $100 \div 400 \text{ m}^2$. La situazione diventa più variabile per i gruppi di medie e grandi dimensioni, in cui a seconda del soprassuolo analizzato risultano gruppi di differenti dimensioni; gli alberi infatti si distribuiscono in gruppi di minore estensione all'interno della cerreta di Vetralla rispetto alla cerreta di Macchia grande in cui gli alberi formano gruppi più estesi. E questa rappresenta un'indicazione utile da considerare in fase di proposte di intervento selvicolturale. In generale si può far riferimento a gruppi di dimensioni pari a circa $100 \div 400 \text{ m}^2$ e gruppi di grandi dimensioni di superficie pari a circa $800 \div 1600 \text{ m}^2$.

9.2. Proposte per la gestione futura

Le diverse condizioni socio-economiche, le differenti richieste del mercato dei vari assortimenti legnosi nonché i mutati valori d'uso del bosco rispetto al passato hanno messo in luce la necessità di una gestione delle cerrete non più prettamente produttiva, ma mirata al raggiungimento di un livello più alto di stabilità ecologica. Ciò richiede la formazione di popolamenti diversificati dal punto di vista sia strutturale che compositivo rispetto a quelli che attualmente compongono le cerrete esaminate. I risultati dello studio condotto evidenziano che all'interno di una delle due cerrete, la cerreta di Macchia Grande, dal punto di vista cronologico si sono già innescate delle dinamiche indirizzate verso situazioni meno semplificate attraverso la graduale disetaneizzazione degli alberi presenti.

In tal senso, le cerrete devono essere sottoposte a forme di trattamento orientate verso un elevato grado di colturalità. Il modulo colturale dovrà essere caratterizzato da una sequenza di interventi gradualmente e ripetuti a brevi intervalli di tempo, al fine di controllare, orientare e guidare il processo evolutivo del soprassuolo, nell'intento di ottimizzare il processo di rinnovazione naturale. Gli interventi saranno adottati caso per caso, situazione per situazione, in funzione dell'effettiva capacità di reazione dei popolamenti e del processo di insediamento della rinnovazione. I tagli varieranno nel tempo e nello spazio in funzione delle modificazioni provocate e delle reazioni del popolamento ai singoli eventi. Si dovrà operare in modo da ridurre gradualmente la copertura e contemporaneamente controllare, orientare e

guidare l'insediamento e l'affermazione della rinnovazione per regolare la mescolanza con le specie diverse dal cerro.

Un'indicazione di carattere generale, già proposta per la cerreta di Vetralla (vd. PORTOGHESI *et al.*, 2005) è di *ridurre la copertura superiore per mezzo di un intervento a scelta che interessi soprattutto le classi diametriche più numerose, vale a dire quelle comprese tra 25 e 55 cm, e solo marginalmente le classi diametriche più grandi. Si potrebbe eliminare in questo modo il 25% degli alberi. Contemporaneamente, andrebbe operato lo sfollamento dello strato inferiore al fine di ridurre la densità della componente arbustiva più sviluppata, regolare la composizione arborea a favore delle specie meno frequenti e concentrare la crescita sugli individui più promettenti.*

La diminuzione della densità dello strato superiore otterrebbe anche l'effetto di ridurre la competizione per le risorse idriche tra gli alberi della fustaia adulta, attenuando il rischio di stress idrici estivi che favoriscono nel cerro la sindrome da deperimento causata da parassiti endofiti (VANNINI e SCARASCIA MUGNOZZA, 1991).

Una tale modalità di intervento però potrebbe comportare il rischio di distruggere lo strato arboreo inferiore attraverso le operazioni di abbattimento e di esbosco. A tal proposito è auspicabile che si intervenga al fine di creare delle buche per concentrare le utilizzazioni in pochi punti e permettere l'affermazione delle giovani piantine. In letteratura è stato dimostrato che in condizioni ecologiche analoghe a quelle esaminate, dando alle buche un'estensione compresa tra 300 e 700 m², si può facilmente ottenere la rinnovazione del cerro (AGRIMI *et al.*, 1991; cfr. anche VON LÜPKE, 1998) la cui affermazione verrebbe favorita proprio dalla distruzione dello strato inferiore. D'altronde, la tendenza degli alberi di piccole e medie dimensioni è proprio quella di formare gruppi di superficie non troppo estesa come indicato dall'indice di Morisita (100 ÷ 400 m²) (vd. § 9.1). All'interno dell'area della buca si avrebbe così l'affermazione di una nuova ondata di rinnovazione naturale di cerro, mentre ai margini della buca si creerebbero condizioni di maggiore illuminazione e favorire l'affermazione e la crescita delle latifoglie diverse dal cerro. Fattore comune e indispensabile in tutti i casi è l'attenta pianificazione delle operazioni di utilizzazione forestale.

La scelta dei punti dove aprire le buche (orientativamente in media circa 5 ÷ 7 buche per ettaro) dovrebbe essere guidata, oltre che dalle condizioni microstazionali e dalla composizione dello strato arboreo inferiore, anche, e soprattutto, dalla possibilità di abbattere ed esboscare le piante cadute al taglio

nella parte a sud della buca in modo da evitare danni alla porzione di bosco che risulterebbe più illuminata dopo il trattamento (PORTOGHESI *et al.*, 2005).

10. Considerazioni riepilogative e conclusioni

Le cerrete analizzate nella presente ricerca sono popolamenti oggi abbandonati e che risentono ancora degli intensi interventi avvenuti nel passato. Il trattamento a tagli successivi all'interno della cerreta di Vetralla e il taglio a scelta eseguito fino agli anni '70 nella cerreta di Macchia grande di Manziana a scopi esclusivamente mercantili hanno determinato nel tempo un elevato grado di semplificazione dei popolamenti che sono stati caratterizzati da un notevole aumento della suscettibilità verso gli stress e i patogeni. Allo stesso tempo si può però affermare che questi popolamenti presentano elevate potenzialità di rapida evoluzione. La chiusura uniforme della copertura, se da un lato ostacola la rinnovazione della specie che nel passato era considerata la più vantaggiosa in termini economici, il cerro, dall'altro ha contribuito all'affermazione di un ricco strato inferiore. Lo stadio evolutivo dei popolamenti è caratterizzato dunque da un maggiore livello di diversità specifica e, contemporaneamente, da un ambiente fertile in grado di garantire elevati saggi di crescita. LARSEN e JOHNSON (1998) definiscono questa fase evolutiva di un bosco come *window of opportunity*, poiché in questa fase maggiori sono le possibilità per il selvicoltore di ottenere in tempi brevi modifiche della struttura del popolamento. E' dunque opportuno, se non necessario, interrompere questo stato di abbandono gestionale che, altro non fa che aumentare la suscettibilità delle cerrete alle avversità. L'intento è mantenere e aumentare la resistenza e la resilienza verso gli eventi di disturbo e, di conseguenza, aumentare la stabilità fisica e biologica del bosco, senza apportare gravi turbative. La gestione deve essere inquadrata in un progetto aperto in modo che ogni intervento selvicolturale sia proposto alla luce della reazione del bosco a quello precedente. E' la logica del Sistema Modulare (CIANCIO 1991) che evidenzia la necessità di operare con cautela, capillarità e continuità soprattutto laddove molte sono le questioni che rimangono aperte circa la possibile evoluzione verso formazioni a maggior grado di mescolanza, come è il caso delle cerrete nelle condizioni ambientali tipiche dell'Alto Lazio.

Si dovrà inoltre operare sulle modalità di utilizzo del bosco e sull'uso civico di legnatico che ha rappresentato finora un ostacolo all'affermazione e alla crescita delle specie arboree diverse dal cerro coinvolgendo la popolazione locale sensibilizzandola ad una maggiore attenzione e cura verso il bosco, "fornitore" di molteplici beni e servizi, al di là di quelli esclusivamente economici.

Le considerazioni sopra riportate rappresentano una prima risposta agli interrogativi che sono alla base del presente lavoro (vd. Cap.2). Un'ultima considerazione è necessaria in merito all'utilizzazione degli indici basati sulle relazioni tra alberi vicini (*neighbourhood based structural indices*). Ciascun indice

fornisce un contributo alla descrizione quantitativa di diversi aspetti della diversità strutturale dei soprassuoli forestali, mettendone in risalto determinate peculiarità. L'impiego degli indici considerati è di facile e veloce rilievo in bosco avendo la possibilità di far riferimento, laddove possibile, a solo quattro alberi nell'intorno del punto di sondaggio, semplificando notevolmente le procedure operative. Tra gli indici strutturali applicati nelle condizioni esaminate (vd. § 6.3.1) quello che ha manifestato una maggiore sensibilità per è stato l'indice *Species Mingling (SM)* che quantifica la diversità dendrologica. Sono risultati molto utili nel differenziare strutturalmente i popolamenti arborei anche l'indice *Uniform Angle Index (UAI)* e l'indice *DBH Dominance Modified (DBHDM)*. Per ciò che riguarda gli indici di dispersione se ne consiglia l'impiego per categorie arboree dimensionali mettendo così in risalto, laddove si verifica, la presenza dei raggruppamenti arborei.

In conclusione, sulla base dei risultati esposti è possibile affermare che:

1. le cerrete esaminate presentano un soprassuolo principale monospecifico, omogeneo da un punto di vista dimensionale e distribuito nello spazio con una certa casualità; il basso livello di diversificazione strutturale è conseguente alla passata gestione basata su obiettivi prevalentemente produttivi;
2. il livello di semplificazione e il totale abbandono gestionale hanno contribuito ad aumentare la suscettibilità di questi popolamenti verso gli stress e i patogeni;
3. al di sotto dello strato principale a prevalenza di cerro si è affermato un denso strato inferiore costituito da un numero elevato di specie differenti dal cerro che, all'opposto, risulta scarso o quasi nullo. Gli anni di abbandono colturale hanno fatto sì che si innescassero delle dinamiche all'interno degli ecosistemi con la tendenza verso formazioni complesse e ben diverse dai popolamenti monospecifici e coetanei del passato suggerendo la necessità di riprendere la gestione allontanandosi da schemi predefiniti come quelli di bosco coetaneo o disetaneo;
4. l'impiego di strumenti che vanno oltre lo studio dei parametri dendrometrici convenzionali e l'associazione a questi di un sistema di indici che analizzano diversi aspetti della diversità strutturale permettono di avere una quantificazione del livello di diversità strutturale raggiunto all'interno del soprassuolo aumentando le informazioni a disposizione;
5. i popolamenti elementari, quali unità colturali per la selvicoltura sistemica, sono caratterizzati dalla tendenza degli alberi di piccole e medie dimensioni

di formare gruppi di $100 \div 400 \text{ m}^2$ superficie; in tal senso si ritiene opportuno e auspicabile intervenire creando buche di tali dimensioni, mediamente $5 \div 7$ per ettaro, scelte in funzione delle condizioni microstazionali, della composizione dello strato arboreo inferiore e delle possibilità di abbattimento e di esbosco degli alberi caduti al taglio.

Tutto evidenzia la necessità di una fase sperimentale che permetta la messa a punto delle modalità di intervento colturale più adatte, verificandone gli effetti sulle dinamiche evolutive del popolamento nelle aree interessate.

RINGRAZIAMENTI

Il presente lavoro è stato possibile grazie alla collaborazione e ai consigli di numerose persone a cui mi sento in dovere di porgere dei ringraziamenti.

Per i consigli preziosi e il costante supporto, non soltanto nell'ambito del presente lavoro, ma per l'intera durata del mio percorso formativo nei 3 anni di dottorato, ringrazio in modo particolare il Prof. LUIGI PORTOGHESI.

Per l'attenzione al mio operato, soprattutto nella parte metodologica, ringrazio il Prof. PIERMARIA CORONA.

Per l'accurata lettura critica ringrazio la Dott.ssa MARIAGRAZIA AGRIMI.

Ringrazio con molto affetto il Prof. GIULIANO MENGUZZATO per il costante incoraggiamento e per i cari e paterni consigli, senza cui non avrei avuto il coraggio di affrontare questo impegnativo percorso.

Ringrazio il Dott. SIMONE BOLLATI e la Dott.ssa BARBARA FERRARI per l'amichevole collaborazione in campo e in ufficio.

Ringrazio tutti coloro che hanno partecipato alla campagna di raccolta dati: Walter Mattioli, Geppino Carnevale, Riccardo Salvati, Giuseppe Clementi, Andrea Lamonaca, Diego Giuliarelli e Alessandro Montagni.

Ringrazio per l'affettuoso supporto Paolo Calvani e il Sig. Piero Cecchi.

Un affettuoso ringraziamento a Francesco Sestili; seppur inconsapevolmente, ha contribuito ad affrontare con maggiore serenità la conclusione del lavoro.

Un grazie a tutte le persone care e amiche che in questi tre anni mi hanno aiutato (e sopportato!) incitandomi ad andare avanti anche nei momenti più difficili e dissuadendomi a volte dal voler rinunciare.

Un particolare GRAZIE alla mia famiglia. Anche se lontani, rappresentano il mio punto fermo presente, sempre e comunque, indipendentemente dalle scelte e dagli obiettivi che mi prefiggo di raggiungere.

BIBLIOGRAFIA

- AGRIMI M., PORTOGHESI L., 1999 – *Esigenze di ricerca per la gestione delle foreste nelle aree Mediterranee*. In: Ciancio O. (a cura di), “Nuove frontiere nella gestione forestale”, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.
- AGRIMI M., CIANCIO O., PORTOGHESI L., POZZOLI R., 1991 – *I querceti di cerro e farnetto di Macchia Grande di Manziana: struttura, trattamento e gestione*. Cellulosa e Carta, 5: 25-49.
- AGRIMI M., BOLLATI S., GIORDANO E., PORTOGHESI L., 2002 – *Struttura dei popolamenti e proposte di gestione per le pinete di pino domestico del litorale romano*. L'Italia Forestale e Montana, 3: 244-260.
- AGRIMI M., LAMONACA A., PORTOGHESI L., 2003 (ined.) – *Evaluation of residual structural diversity of an hardwood forest in Central Italy*. IUFRO Conference “Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe – from ideas operationality”. Poster, Firenze.
- AGUIRRE O., HUI G., VON GADOW K., JIMENEZ J., 2003. *An analysis of spatial forest structure using neighbourhood-based variables*. Forest Ecology and Management, 183: pp. 137-145.
- AVOLIO S., CIANCIO O., 1986 – *Indagini strutturali su pioppeti di tremolo in Sila*. Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, XVII: 105-137.
- BAGNARESI U., GIANNINI R., GRASSI G., MINOTTA G., PAFFETTI D., PINI PRATO E., PROIETTI PLACIDI A.M., 2002 – *Stand structure and biodiversity in mixed, uneven-aged coniferous forests in the eastern Alps*. Forestry, 75: 357-364.
- BARBATI A., CORONA P., MARCHETTI M. (a cura di), 2001a – *Definizione delle linee guida per la gestione ecosostenibile delle risorse agrosilvopastorali nei Parchi Nazionali. Materiali di studio*. Ministero dell'Ambiente, Servizio Conservazione della Natura, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.
- BECK D.E., 1970 – *Effect of competition on survival and height growth of red oak seedlings*. USDA For. Serv. Res. Pap. SE-56.
- BERNETTI G., 1959 – *Note sul clima e sui terreni forestali dei M. Cimini*. In: “Scritti geopedologici in onore di Paolo Principi”. Tipografia Coppini & Co, Firenze: 6-40.
- BERNETTI G., 1983 – *Terminologia forestale*. CNR, Roma.
- BERNETTI G., 1995 – *Selvicoltura speciale*. UTET, Torino.
- BIDINI D., QUANTIN P., LORENZONI P., LULLI L., 1986 – *Studio pedologico dell'apparato vulcanico di Vico (Lazio). VII: Aspetti genetici dei suoli delle colate piroclastiche*. Annali Istituto Sperimentale Studio e Difesa del Suolo, 17: 127-158.
- BLASI C., FILESI L., ABBATE G., CORNELINI P. (1990) - *La vegetazione forestale dei Monti Cimini*. Doc. Phytosoc., N.S., 12: 305-320.
- BOBIEC A., 2002 - *Living stands and dead wood in the Bialowieza forest: suggestions for restoration management*. Forest Ecology and Management, 165: 125-140.
- BROCKAW, N.V.L., LENT R.A., 1999 – *Vertical structure*. In “Maintaining biodiversity in forest ecosystems, Hunter M.L. Jr. (a cura di), Cambridge

University Press, Cambridge, United Kingdom: 373-399.

- CAMPANILE D., MANICONE R.P., 1999 - *Interventi di miglioramento di querceti deperienti della Murgia barese e tarantina*. In Atti del II Congresso S.I.S.E.F. "Applicazioni e prospettive per la ricerca forestale italiana" Bucci G., Minotta G., Borghetti M (a cura di), Bologna, Ottobre 1999: 299-303.
- CAPPELLI M., 1991 – *Selvicoltura generale*. Edagricole, Bologna.
- CELLERINO G.P., ANSELMINI N., ESPOSITO L., 1992 – *Survey on selvicoltural treatment against decline of oak trees*. Proceeding of the International Congress on "recente advance in studies on oak decline", Selva di Fasano (Brindisi) Italy, 13-18 september 1992: 229-236.
- CIANCIO O., 1991 – *La gestione dei querceti di Macchia Grande di Manziana: la teoria del sistema modulare*. Cellulosa e Carta, 1: 31-34.
- CIANCIO O., 1998 - *Gestione forestale e sviluppo sostenibile*. In "Selvicoltura dell'Appennino centrale". Atti della giornata preparatoria al Secondo Congresso Nazionale di Selvicoltura per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani". Edizioni Regione Toscana, Firenze: 59-84.
- CIANCIO O., 1999 – *I moduli colturali nella gestione dei boschi*. In: Ciancio O. (a cura di), "Nuove frontiere nella gestione forestale", Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze: 15-28.
- CIANCIO O., 2002 – *Teoria della gestione sostenibile delle risorse ambientali e forestali*. In: Ciancio O., Corona P., Marchetti M., Nocentini S. (a cura di), "Linee guida per la gestione sostenibile delle risorse forestali e pastorali nei Parchi Nazionali". Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze: 13-46.
- CIANCIO O., 2006 – *La fine della selvicoltura*. In "Dibattiti e querelle". L'Italia Forestale e Montana, 3: 233-237.
- CIANCIO O., MERCURIO R., NOCENTINI S., 1981 – *Le specie forestali esotiche e le relazioni tra arboricoltura e selvicoltura*. Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo, 12: 1-103.
- CIANCIO O., CUTINI A., MERCURIO R., VERACINI A., 1986 - *Sulla struttura della pineta di pino domestico di Alberese*. Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, XVII: 171-231.
- CIANCIO O., CORONA P., IOVINO F., MENGUZZATO G., SCOTTI R., 1999 - *Forest management on a natural basis: the fundamentals and case studies*. Journal of Sustainable Forestry, 1/2: 59-72.
- CIANCIO O., CORONA P., MARCHETTI M., NOCENTINI S., 2002 – *Metodologia per la gestione delle risorse forestali nei parchi nazionali*. In: Ciancio O., Corona P., Marchetti M., Nocentini S. (a cura di), "Linee guida per la gestione sostenibile delle risorse forestali e pastorali nei Parchi Nazionali". Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze: 63-98.
- CIANCIO O., CORONA P., MARCHETTI M., 2002a - *Basi tecnico-scientifiche per l'ecocertificazione della gestione forestale*. L'Italia Forestale e Montana, 1: 40-57.
- CIANCIO O., NOCENTINI S., 1995 – *Nuovi orientamenti in selvicoltura*. In: Giornate di studio sul "Global Change, il verde per la difesa ed il ripristino ambientale". 6ª giornata: il ruolo della selvicoltura per la difesa e il

- ripristino dell'ambiente. I Georgofili. Atti dell'Accademia dei Georgofili, 7 ser., 42: 11-153.
- CIANCIO O., NOCENTINI S., 1996a – *Il bosco e l'uomo: l'evoluzione del pensiero forestale dall'umanesimo moderno alla cultura della complessità. La selvicoltura sistemica e la gestione su basi naturali*. In: Ciancio O. (a cura di), "Il bosco e l'uomo", Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze: 21-115.
- CIANCIO O., NOCENTINI S., 1996b – *Systemic silviculture: scientific and technical consequences. La selvicoltura sistemica: conseguenze scientifiche e tecniche*. L'Italia Forestale e Montana, 2: 112-130.
- CIANCIO O., NOCENTINI S., 1999 – *La gestione forestale sistemica e la conservazione della biodiversità*. L'Italia Forestale e Montana, 4: 165-177.
- CIANCIO O., NOCENTINI S., 2002 - *La conservazione della biodiversità nei sistemi forestali. 1. Ipotesi per il mantenimento degli ecosistemi*. L'Italia Forestale e Montana, 6: 505-512.
- CIANCIO O., NOCENTINI S., 2003 – *La conservazione della biodiversità nei sistemi forestali. 1: specie, strutture, processi*. L'Italia Forestale e Montana, 1: 1-6.
- CLATTERBUCK W.K., HODGES J.D., 1988 – *Development of charrybark oak and sweet gum in mixed, even-aged bottomland stands in central Mississipi*. Canadian Journal of Forest Research, 18: 12-18.
- CORONA P., 2000 – *Introduzione al rilevamento campionario delle risorse forestali*. Edizioni CUSL, Firenze.
- CORONA P., CALVANI P., FERRARI B., LAMONACA A., PORTOGHESI L., PLUTINO M., 2005a – *Sperimentazione di un sistema di indici per il monitoraggio della diversità strutturale in soprassuoli forestali*. L'Italia Forestale e Montana, 4: 447-462.
- CORONA P., D'ORAZIO P., LAMONACA A., PORTOGHESI L., 2005b. *L'indice Winkelmass per l'inventariazione a fini assestamentali della diversità strutturale di soprassuoli forestali*. Forest@, 2: 225-232.
- CORTI R., 1955 – *Ricerche sulla vegetazione dell'Etruria. Aspetti geobotanici della Selva Costiera. La selva pisana a San Rossore e l'importanza di questa formazione relitta per la storia della vegetazione mediterranea*. Nuovo Giornale Botanico Italiano, 62: 75-272.
- COX T.F., 1971 – *Dichtebestimmung und Strukturanalyse von pflanzenpopulationen mi hilfe der abstandsmessungen*. Mitt. Bundesforschungsanst. Forst-u. Holzw. 87: 1-182.
- COX T.F., 1976 – *The robust estimation of the density of a forest stand using a new conditioned distance method*. Biometrika, 63: 493-499.
- DE CAPUA E.L., NIGRO C., LABRIOLA F., 2005 – *Boschi, biodiversità, territorio e variazioni ambientali. Interventi e attività della provincia di Matera*. Forest@, 2: 110-129.
- DEL FAVERO R., POLDINI L., BORTOLI P.L., LASEN C., DREOSSI G., VANONE G., (1998) - *La vegetazione forestale e la selvicoltura nella regione Friuli-Venezia Giulia*. Vol. I. Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Direzione Regionale delle Foreste, Udine.
- DE LIOCOURT F., 1898 – *De L'aménagement des Sapinieres*. Bull. Soc. Franche-Comté et Belfort.
- DEL RIO M., MONTES F., CANELLAS I., MONTERO G. (2003) - *Revision: Indices de*

- diversidad estructural en masas forestales*. Invest. Agrar.: Sist. Recur. For., 1: 159-176.
- EMBORG J., 1998 – *Understorey light conditions and regeneration with respect to the structural dynamics of a near-natural temperate deciduous forest in Denmark*. Forest Ecology and Management, 106: 83-95.
- FRANKLIN S.E., VAN PELT R., 2004 – *Spatial aspects of structural complexity in old-growth forests*. Journal of Forestry, 102:22-28.
- FÜLDNER K., 1995 – *Zur Strukturbeschreibung in Mischbeständen*. Forstarchiv, 66: 235-240.
- GELLINI R., GROSSONI P., 1996 – *Botanica forestale*. CEDAM, Padova.
- GEMIGNANI G., 1966 - *Piano di assestamento per il decennio 1967-76*. Università Agraria di Manziana.
- GEORGESCU-ROEGEN N., 1976 – *Energy and Economic Myths*. Pergamon Press, New York e Oxford.
- GRANEY, D.L., 1987 - *Ten-year growth of red and white oak crop trees following thinning and fertilization in the Boston Mountains of Arkansas*. In: "Proceedings of the Fourth Biennial Southern Silvicultural Research Conference, Atlanta, GA". USDA Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station, Asheville, NC.
- HOLLING C.S., CARPENTER S.R., BROCKS W.A., GUNDERSON L.H. (2002) – *Discoveries for sustainable futures*. In: "Panarchy. Understanding transformations in human and natural systems". L.H. Gunderson and C.S. Holling (a cura di), Island Press, Washington D.C.: 395-417.
- HOSHINO D., NISHIMURA N., YAMAMOTO S., 2001 – *Age, size, structure and spatial patterns of major tree species in an old-growth Chamaeciparis obtuse forest, Central Japan*. Forest Ecology and Management, 152: 31-43.
- HUI G.Y., ALBERT M., VON GADOW K., 1998 – *Das Umgebungsmaß als Parameter zur Nachbildung von bestandesstrukturen*. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 1: 258-266.
- HUI G.I., VON GADOW K., 2002 – *Das Winkelmaß: Herleitung des optimalen Standardwinkels*. Allgemeines Forst-und Jagdzeitung, 10: 173-177.
- HUNTER M.L. Jr., 1990 – *Wildlife, forests and forestry: principles of managing forests for biological diversity*. Prentice - Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- HUNTER M.L. Jr., 1999 (a cura di) – *Maintaining biodiversity in forest ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- JOHNSON P.S., 1993 – *Sources of oak reproduction*. In: Loftis D.L., McGee C.E. (a cura di), "Oak Regeneration: Serious Problems Practical Recommendations". Gen. Tech. Rep. SE-84. USDA Forest Service: 11.
- KINT V., DE WULF R., LUST N., 2004 – *Evaluation of sampling methods for the estimation of structural indices in forest stands*. Ecological Modelling, 180: 461-476.
- KINT V., 2005 – *Structural development in ageing temperate Scots pine stands*. Forest Ecology and Management, 214: 237-250.
- LA MARCA O., 1999 – *Elementi di dendrometria*. Patron Editore, Bologna.
- LAMONACA A., 2006 – *Sperimentazione di analisi multilivello della diversità strutturale di soprassuoli forestali*. Tesi di Dottorato di Ricerca, Università

della Tuscia, Viterbo.

- LARSEN D.R., JOHNSON P.S., 1998 – *Linking the ecology of natural oak regeneration to silviculture*. Forest Ecology and Management, 106: 1-7.
- LARSON T.B., 2001 – *Biodiversity Evaluation Tools for European Forests*. Ecological Bulletins N. 50.
- LEIBUNG DUT H., 1961 – *Risultati delle ricerche in foreste vergini europee*. Annali dell'Accademia Italiana di Scienze Forestali IX: 277-287.
- LOFTIS D.L., 1988 – *Regenerating oaks on high-quality sites, an update*. In: Smith H.C., Perkey A.V., Williams J.W.E. (a cura di), "Proceedings of the Guidelines for Regenerating Appalachian Hardwood Stands". Soc. Am. Foresters: 199-209.
- LORIMER C.G., FRELICH L.E., 1989 – *A methodology for estimating canopy disturbance frequency and intensity in dense temperate forests*. Canadian Journal of Forest Research, 5: 661-663.
- LUISE N., MANICONE R.P., 1991 – *Aspetti epidemiologici di micromiceti associati al deperimento di querceti in Italia meridionale*. In: Atti del Convegno "Problematiche fitopatologiche del genere *Quercus* in Italia". Firenze, 19-20 novembre 1990: 110-116.
- MAF/ISAF, 1984 – *Inventario Forestale Nazionale Italiano (I.F.N.I.). Tavole di cubatura a doppia entrata*. Castellani C., Scrinzi G., Tabacchi G., Tosi V. (a cura di), Trento.
- MARCHETTI M., VANNUCCINI M., 2001 – *Esempio di strumenti di valutazione per la gestione della biodiversità forestale*. In: Ciancio O., Corona P., Morosi C. (a cura di), "Materiali e metodi di studio per la gestione sostenibile dei sistemi forestali", POM Misura 2, B28, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.
- MARINELLI A., CASINI L., 1989 – *Aspetti dell'economia del cerro in Italia*. In: "Prospettive di valorizzazione delle cerrete dell'Italia centro-meridionale": 75-94. Potenza.
- MASSELLA E., 1993 – *Ricerche sperimentali per la gestione delle cerrete di Vetralla*. Tesi di Laurea in Assestamento forestale, Università della Tuscia, Viterbo.
- MAZZAGLIA A., 1999 – *Studi su alcuni aspetti della biologia di Hypoxylon mediterraneum e sulla relativa diagnosi in fase endofitica mediante tecniche di biologia molecolare*. Tesi di Dottorato in Patologia vegetale forestale, Università della Tuscia, Viterbo, 117 pp.
- MCGEE, C.E., BIVENS, D.L., 1984 - *A billion overtopped white oak—assets or liabilities?* South. J. Appl. For., 8: 216–220.
- MERZ R.W., BOYCE S.G., 1956 - *Age of oak seedlings*. Journal of Forestry, 11: 774-775.
- MINCKLER, L.S., 1957 - *Response of pole-sized white oak trees to release*. Journal of Forestry, 55: 814–815.
- MINCKLER, L.S., 1967 - *Release and pruning can improve growth and quality of white oak*. Journal of Forestry, 65: 654–655.
- MIURA M., YAMAMOTO S., 2003 – *Effects of sprouting and canopy state on the structure and dynamics of a Castanopsis cuspidate var. sieboldii sapling population in an old-growth evergreen broad-leaved forest*. Forest Ecology and Management, 183: 387-400.

- MONTELUCCI G., 1973 – *Note preliminari sulla flora e sulla vegetazione delle cerrete di Manziana e di Canale-Monterano*. Accademia Nazionale dei Lincei, 227: 51-73.
- MORELLI F., 2003 – *Indagine sulla distribuzione di vari endofiti patogeni fungini su Quercus cerris L. nell'Abruzzo e nelle Marche*. Tesi di Laurea in Patologia vegetale forestale, Università della Tuscia, Viterbo, 114 pp.
- MOSANDL R., KLEINERT A., 1998 – *Development of oak (Quercus petraea (Matt.) Liebl.) emerged from bird-dispersed seeds under old-growth pine (Pinus silvestris L.) stands*. Forest Ecology and Management, 145: 91-106.
- MYIADOKORO T., NISHIMURA N., YAMAMOTO S., 2003 – *Population structure and spatial patterns of major trees in a subalpine old-growth coniferous forests, Central Japan*. Forest Ecology and Management, 182: 259-272.
- MORISITA M., 1959 – *Measuring of dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns*. Mem. Dac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E 2: 215-235.
- NEGRI G., 1931 – *Distribuzione geografica del castagno e del faggio in Italia*. L'Alpe, 12: 589-594.
- NEUMANN M., STARLINGER F. (2001) - *The significance of different indices for stand structure and diversity in forests*. Forest Ecology and Management, 145: 91-106
- NOCENTINI S., 2000 – *La rinaturalizzazione dei sistemi forestali: aspetti concettuali*. L'Italia Forestale e Montana, 4: 211-218.
- NOCENTINI S., 2001 – *La rinaturalizzazione come strumento di recupero dei sistemi forestali semplificati nell'Italia meridionale*. L'Italia Forestale e Montana, 5: 344-351.
- OLDEMAN R.A.A., 1994 – *Sur les écosistemès forestiers: quatre principes sylvologiques*. L'Italia Forestale e Montana, 4 : 425-435.
- OLIVER C.D., LARSON B.C. (1996) - *Forest stand dynamics*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- PACI M., 2004 – *Ecologia forestale. Elementi di conoscenza dei sistemi forestali*. Ed agricole, Bologna.
- PACI M., SALBITANO F., 1998 – *The role of studies on vegetation dynamics in undisturbed natural reserves towards the need of knowledge for close-to-nature silvicultural treatments: the case-study of Natural Reserve of Sasso Fratino (Foreste Casentinesi, northern-central Apennines)*. In: Morandini R., Merlo M. and Paivinnen R. (eds.), "Forest Management in Designated Conservation & Recreation Areas". AISF-EFI International Conference, 7-11 october, Florence, Italy. University of Padua Press: 145-156.
- PARKER A.J., PARKER K.C., 1984 – *Structural variability of mature lodgepole pine stands on gently sloping terrain in Taylor Park Basin, Colorado*. Canadian Journal Forest Research, 24: 2020-2029.
- PATRONE G., 1944 – *Lezioni di assestamento forestale*. Tipografia Mariano Ricci, Firenze.
- PATRONE G., 1958 – *Piano di assestamento del bosco del Comune di Vetralla per il decennio 1958-1967*. Tipografia R. Coppini & C., Firenze.
- PATRONE G., 1970 – *Piano di assestamento del bosco del Comune di Vetralla per il quindicennio 1971-1985*. Tipografia R. Coppini & C., Firenze.
- PAVARI A., 1916 – *Studio preliminare sulla coltura delle specie forestali esotiche in Italia*. I. Annali, R. Ist. Sup. For. Naz.

- PIGNATTI G., 1998 – *Struttura del popolamento forestale*. In “I boschi d’Italia”. Sinecologia e Biodiversità, Pignatti S., UTET, Torino.
- PIOVESAN G., PORTOGHESI L., 1994 – *Tecniche di analisi multivariate per lo studio strutturale di un bosco di faggio*. Atti del seminario “Ricerca ed esperienze nella pianificazione multifunzionale del bosco”, Brasiamone (Bologna), 23-24 novembre 1993. UNIF, ISAFA, AISF, ENEA. Trento.
- POMMERENING A. (2002) - *Approaches to quantifying forest structure*. Forestry, 75: 305-324.
- PRETZSCH H., 1997 – *Analysis and modelling of spatial stand structures. Methodological considerations based on mixed beech-larch stands in Lower Saxony*. Forest Ecology and Management, 97: 237-253.
- RENTCH J.S., FAJVAN M.A., HICKS R.R.J., 2003 - *Oak establishment and canopy accession strategies in five old-growth stands in the central hardwood forest region*. Forest Ecology and Management, 183: 285-297.
- RIPLEY B.D., 1981 – *Spatial statistics*. New York, John Wiley and sons.
- SANDER I.L., 1971 – *Height growth of new oak sprouts depend on size of advance reproduction*. Journal of Forestry, 69: 809-811.
- SCHIRONE B., PIOVESAN G., 1992 – *La frammentazione forestale e la conservazione della biodiversità*. In: Meandri G., Conte G. (a cura di), “Ambiente Italia”, Vallecchi, Firenze: 170-179.
- SCHLESINGER, R.C., 1978 - *Increased growth of released white oak poles continues through two decades*. Journal of Forestry, 76: 726-727.
- SCHOENEMBERGER, 2002 – Report in merito al progetto *Multifunctional Forest Management – Evaluation of policy and silvicultural means for mountainous regions*. (A.A. V.V.).
- 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.
- STEWART G.H., 1986 – *Population dynamics of a montan conifer forest, western Cascade range, Oregon, USA*. Ecology, 67: 534-544.
- SUSMEL L., 1980 – *Normalizzazione delle foreste alpine: basi ecosistemiche, equilibrio, modelli colturali, produttività*. Liviana Editrice, Padova.
- TRYON E.H., POWELL D.S., 1984 – *Root ages of advanced hardwood reproduction*. Forest Ecology and Management, 8: 293-298.
- UNITED NATIONS CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (UNCED), 1992 – *Agenda 21, Rio Declaration, Forest Principles: drafts*. Geneva, Switzerland, United Nations Publications.
- UNITED NATIONS (UN), 2000 – *Forest resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and New Zealand (industrialized temperate/boreal countries)*. UN/ECE/FAO Contribution to the Global Forest Resources Assesment 2000. Main Report. Geneva Timber and Forestry Study Papers, 17. United Nation Publication, New York and Geneva.
- VANNINI A., 1987 – *Osservazioni preliminari sul deperimento del cerro (Quercus cerris L.) nell’Alto Lazio*. Informatore fitopatologico, 9: 54-59.
- VANNINI A., SCARASCIA MUGNOZZA G., 1991 – *Waterstress: a predisposing factor in the pathogenesis of Hypoxylon mediterraneum on Quercus cerris*. Eur. J. For. Path., 21: 193-201.

- VON GADOW K. (1999) - *Waldstruktur und diversitat*. Allgemeine Forst und Jagdzeitung, 170 (7): 117-122.
- VON GADOW K., HUI G., ALBERT M., 1998 – *Das Winkelmass – ein Strukturparameter zur Beschreibung der Individualverteilung in Waldbeständen*. Centralbl. Fur das ges. Forstw., 115: 1-10.
- VON LUPKE B. – *Silvicultural methods of oak regeneration with special respect to shade tolerant mixed species*. Forest Ecology and Management, 106: 19-26.
- WHITTAKER R.H., 1972 – *Evolution and measurement of species diversity*. Taxon, 21:213-251.
- WOHLGEMUT T., BURGI M., SCHEIDEGGER C., SCHUTZ M., 2002 – *Dominance reduction of species through disturbance – a proposed management principle for central European forests*. Forest Ecology and Management, 166: 1-15.
- ZANI A., 1992 – *I boschi del Comune di Vetralla; analisi dei modelli gestionali in 50 anni di assestamento*. Tesi di Laurea in Assestamento forestale, Università della Tuscia, Viterbo.
- ZENNER E.K., HIBBS D.E., 2000 – *A new method for modeling the heterogeneity of forest structure*. Forest Ecology and Management, 129: 75-87.