

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI AGRARIA

Dipartimento TERRITORIO E SISTEMI AGRO-FORESTALI
Corso di Laurea in TECNOLOGIE FORESTALI E AMBIENTALI

TESI DI LAUREA

**Dendromicrohabitat di *Carpinus betulus L.* nella riserva naturale di Bosco Fontana.
Considerazioni sul metodo di indagine**

Relatore:
Prof. Emanuele LINGUA
Correlatore:
Dott. Emma MINARI

Laureando:
Francesca RIOLFI
Matricola 1191679

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

INDICE

1. RIASSUNTO - ABSTRACT	pag. 5
2. INTRODUZIONE E OBIETTIVI	pag. 9
3. BOSCO FONTANA	
3.1. CENNI STORICI	pag. 12
3.2. INQUADRAMENTO SITO DI STUDIO	pag. 14
4. I DENDROMICROHABITAT	pag. 20
5. MATERIALI E METODI	pag. 31
6. RISULTATI E DISCUSSIONE	pag. 34
7. DISCUSSIONE E CONCLUSIONE	pag. 57
8. BIBLIOGRAFIA	pag. 60

1. RIASSUNTO

La presenza di dendromicrohabitat su un albero è un elemento molto importante che arricchisce la biodiversità di un ecosistema forestale. Ogni microhabitat ospita una particolare comunità di organismi adatti a perpetuarsi sfruttando le risorse presenti. Negli ambienti a spiccata naturalità, dove la salvaguardia delle piante rappresenta un elemento importante, l'individuazione di questi habitat ha un rilevante valore ecologico accentuato dalla presenza di specie animali rare o di importante interesse comunitario. Il protocollo sviluppato nell'ambito del progetto Integrate + per la valutazione dei dendromicrohabitat, ad oggi utilizzato in tutta Europa, prevede l'osservazione diretta da terra delle piante interessate. Si tratta di un metodo speditivo e molto immediato che può tuttavia presentare un limite dovuto alla scarsa visibilità della parte alta della pianta, soprattutto se la valutazione viene effettuata in piena stagione vegetativa. Questo studio, condotto su 33 coppie di *Carpinus betulus* L. nella Riserva Naturale di Bosco della Fontana (MN), ha l'obiettivo di mettere a confronto la valutazione dei dendromicrohabitat rilevati su alberi in piedi e su alberi a terra recentemente schiantati, la cui posizione permette un'indagine completa di tutta la struttura della pianta. I risultati hanno permesso di quantificare le discrepanze dovute alla limitata rilevabilità dei dendromicrohabitat sugli alberi in piedi.

ABSTRACT

The presence of Trees microhabitat on one of those is an essential element that enriches the biodiversity of a forestal ecosystem. Each microhabitat hosts a particular community of organisms suited in order to survive exploiting its the limited resources. In environments that stand out their naturalism, where the protection of these particular plants has a crucial importance, the identification of these habitats has an important ecological value emphasized by the rarity or by the danger of extinction of the species involved.

The procedure that has been developed as part of the Integrate+ project for the evaluation of Trees microhabitat, currently used all around Europe establish the directed observation from the ground of the plants concerned. This is a practical and instant method that shows, however, some limits due to the problematics of the poor visibility of the upper part of the plant. This can be noticed especially if the evaluation has to be carried out during the growing season. This particular study has been conducted on 33 pairs of *Carpinus betulus* L. sited in the Natural Reserve of Bosco della Fontana (MN) aims to compare the evaluation of Trees microhabitat detected on standing trees and trees that have crashed on the ground recently. This last part can lead to an accurate investigation on the entire structure of the plant.

The results are expected to show and to quantify the gaps linked to the limited detectability of Trees microhabitat on standing trees.

2. INTRODUZIONE E OBIETTIVI

Le singole peculiarità morfologiche degli alberi portano alla creazione di zone di riparo, zone di svernamento o di nutrimento per una moltitudine di specie forestali. A queste è stato attribuito il nome di “dendromicrohabitat” in quanto sono collegate agli alberi e sono di piccole dimensioni. Cavità marcescenti, depressioni, legno con funghi in differenti stadi di sviluppo, branche terminanti a forma di “corni di cervo” o grosse cortecce parzialmente distaccate rappresentano alcune tipologie di tali habitat. L’importanza di alcune di queste è riferita alla loro esistenza necessaria per la sopravvivenza di specie saproxiliche, quali alcune larve di Stratiomidi che si possono ritrovare in piccole cavità marcescenti o su detriti fradici, mentre in cavità più grandi con un accumulo temporaneo di acqua può essere rinvenuto il *Myatropa florea*. È risaputo che gli alberi più grandi e più vecchi ospitano il maggior numero di microhabitat così come gli alberi presenti nelle foreste lasciate allo stato naturale.

Per questo motivo si è scelto di effettuare questo studio nella Riserva Naturale “Bosco della Fontana”: un antico querceto-localizzato in provincia di Mantova, Lombardia, che ad oggi viene considerato una delle più importanti aree boschive residue dell’Italia Settentrionale. Grazie alla tutela da parte del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali e al costante lavoro di studio e gestione da parte del Corpo Nazionale dei Carabinieri Forestali ospitati nel Centro Nazionale per lo Studio e la Conservazione della Biodiversità Forestale sito nel parco.

L’obiettivo di questo lavoro è di effettuare un’analisi del metodo d’indagine utilizzato per l’individuazione dei dendromicrohabitat, vista la loro importanza in campo ecologico. Utilizzando i dati forniti dal lavoro in campo sono stati individuati i diametri, le altezze e le categorie di microhabitat delle coppie di carpini.

Sono state poi realizzate, per mezzo dei programmi Excel e Past4, delle elaborazioni dei dati al fine di individuare la differenza di categorie rilevate tra le due tipologie di alberi e relativi grafici e le relazioni che intercorrono dai parametri standard misurati in bosco e i vari microhabitat.

In questo modo si è ottenuta una descrizione approfondita delle differenze di microhabitat rilevati sui soggetti in piedi e sui soggetti a terra che hanno dato modo di effettuare una valutazione sulla metodologia d'indagine.

3. BOSCO DELLA FONTANA

3.1 CENNI STORICI

Il Bosco della Fontana risale all'epoca medioevale come riserva di caccia dei signori di Mantova, i Gonzaga, dove gli unici interventi che venivano effettuati erano prevalentemente di aperture di piste o di sistemazioni dei corsi d'acqua. Il prestigio di questa foresta è testimoniato dalla partecipazione dell'Imperatore Carlo V ad una battuta di caccia con Federico II Gonzaga nel 1530 (Mason, 2004). I duchi di Nevers che subentrarono ai precedenti signori non portarono grandi modifiche, al contrario degli austriaci arrivati nel 1757, i quali tracciarono e realizzarono il reticolo di viali e piazzette circolari che rimangono tutt'ora percorribili.

A partire dalla fine del Settecento si è assistito ad un graduale isolamento del bosco con l'eliminazione delle aree forestali satellite che lo circondavano, sostituite da terreni agricoli. Ulteriori depauperamenti sono stati apportati a seguito della Prima Guerra Mondiale, in quanto il bosco è stato utilizzato per fornire legname all'esercito in mobilitazione ed alla popolazione mantovana. In particolare, un grave danno è stato il taglio dei migliori individui di farnia utilizzati per ricostruire i ponti sul Piave e sul Tagliamento (Mason, 2004).

Verso la fine del 1800 gli interventi di utilizzazione boschiva di Bosco della Fontana non seguivano nessun piano di gestione: si effettuava saltuariamente un taglio a scelta sia per l'altofusto che per il ceduo. Il legno d'opera più pregiato e di maggiore qualità veniva adoperato dalla Marina Militare e dall'Artiglieria, mentre quello che restava veniva impiegato in produzioni di mobili, carri, traversine ferroviarie, carbone e legna da ardere. Questo fino al 1881 quando venne approvato dal Ministero dell'Agricoltura, Industria e Commercio un piano regolatore che suddivideva la superficie in varie particelle. In questo piano la gestione forestale prevedeva un governo a ceduo composto con turni di 9 anni per la parte a ceduo mentre gli individui governati a fustaia venivano tagliati al

120° anno di vita. Già nel 1940 però venne formulato un nuovo piano prevedendo un allungamento del turno a ceduo fino ai 15 anni e la riduzione del turno a fustaia a 90 anni per un progressivo instaurarsi del carpino bianco e dell'eccessivo invecchiamento e decadimento della fustaia (Mason, 2004).

Dal 1955 queste attività sono state interrotte consentendo la ripresa delle naturali dinamiche successionali della foresta. È evidente come nel corso dei secoli l'area della tenuta coperta da bosco ha subito una lenta e progressiva riduzione e abbandono passando da una superficie originale di 1200 ha fino agli attuali 235 ha.

Negli anni '70 divenne una Riserva Naturale Orientata e Riserva Biogenetica e dall'ottobre del 1998 è diventata Zona di Protezione Speciale (ZPS) ai sensi della direttiva Uccelli (79/409/CEE) e dal dicembre del 2004 è un Sito di Importanza Comunitaria (SIC) ai sensi della direttiva Habitat (92/43/CEE). È inoltre inclusa sia nella Lista delle Foreste Europee di Importanza per le Faune Saproxiliche sia nella Rete Nazionale per il Controllo degli Ecosistemi Forestali (CONECOFOR).

La riserva è ora gestita dal Corpo dei Carabinieri Forestali dello Stato con base nel Centro Nazionale per lo Studio e la Conservazione della Biodiversità Forestale di Verona.

3.2 INQUADRAMENTO DEL SITO DI STUDIO

Il quadro in cui si inserisce la foresta è interessato dal tipico clima della Pianura Padana, con lunghi e rigidi inverni e calde estati afose e un periodo di aridità concentrato principalmente nel mese di luglio (Campanaro *et al*, 2014). La temperatura media annua è di 13,1°C, quella del mese più freddo (gennaio) è di -0,8°C e quella del mese più caldo (giugno) è di 26,2°C. L'escursione media annua è di 23,6°C (Tabella 1). Per quanto riguarda le precipitazioni la media annua è di 602,6 mm (Tabella 2).

La combinazione di questi fattori indica i mesi di Luglio e Agosto come i periodi di aridità (Figura 1), dovuto alla presenza contemporanea delle temperature più elevate e la scarsa piovosità.

I venti dominanti provengono generalmente da est e nord-est, soprattutto in primavera e in estate (Bonisoli, 1985)

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
Media	2,8	7,0	9,2	13,3	21,1	25,0	27,4	23,9	22,6	16,8	10,1	4,3
Min	0,5	3,7	5,3	8	13,9	21,9	22,0	17,8	17,6	12,5	7,2	1,3
Max	6,9	10,2	13,7	16,6	25,8	27,8	31,4	28,8	26,2	19,6	13,7	7,4

Tabella 1: Temperature medie mensili (°C) registrate nel periodo 1999-2012 (Arpa Lombardia)

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
P (mm)	21.3	32.5	33.4	40.2	42.6	64.1	52.3	51.2	49.8	50.7	63.6	58.1

Tabella 2: Precipitazioni medie mensili (mm) registrati nel periodo 199-2012 (Arpa Lombardia)

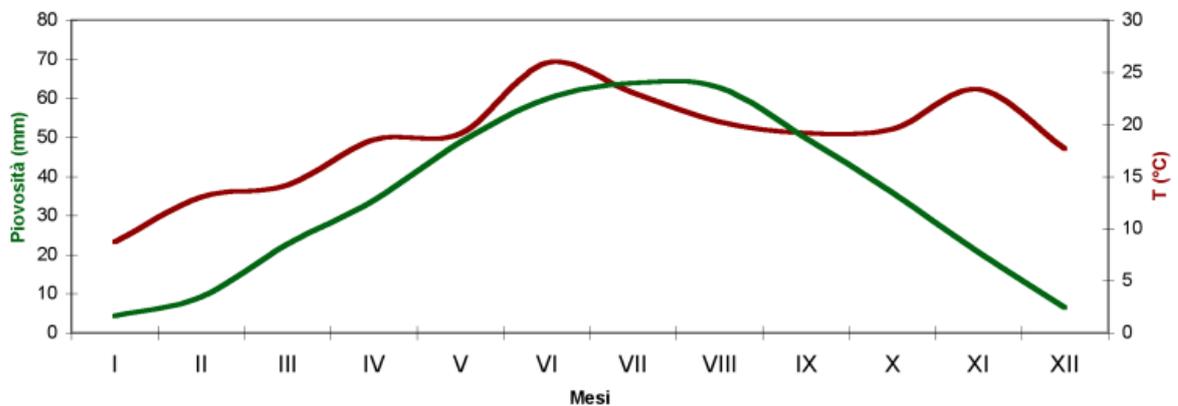


Figura 1: Climatogramma rappresentante la piovosità e la temperatura registrati nel periodo 1999-2012 (Arpa Lombardia)

Le caratteristiche geomorfologiche del sito sono conseguenza dello scioglimento dei ghiacciai quaternari di Garda e Adige, ma soprattutto delle alluvioni che si sono susseguite durante i periodi interglaciali pleistocenici. Da questi eventi si è generato uno strato sabbioso-ghiaioso con frequenti intercalazioni di banchi di ciottoli e massi lisci che oggi costituiscono le pianure mantovane. In questo scenario Bosco della Fontana si situa nella zona di transizione tra l'alta e la bassa pianura ghiaiosa del mantovano.

Possono essere individuati tre tipi di suolo:

- Nel settore orientale: suoli sottili, scarsamente calcarei a tessitura moderatamente grossolana ed alta impermeabilità;
- Nel settore occidentale: suoli rossi, per l'alto contenuto di ossidi di ferro, più profondi, a tessitura media e moderata permeabilità;
- In una fascia ad adattamento diagonale NO-SE del settore occidentale: suoli scuri per l'accumulo di sostanza organica a tessitura grossolana e che spesso includono strati torbosi con permeabilità elevata (Campanaro *et al.*, 2014)

All'interno del parco Bosco della Fontana si trovano diversi habitat di interesse comunitario SIC, opportunamente descritti nelle "Relazioni tecniche del monitoraggio degli habitat nei SIC della provincia di Mantova" (Regione Lombardia 2004). In base all'inquadramento fitosociologico di Andreatta (2002) viene descritto in seguito uno dei tre habitat caratteristici del parco: il quercocarpinetto.

Questa area si estende su 189,8 ha (Campanaro *et al.*, 2014) e fa parte del seguente syntaxa:

Classe: Quercio - Fagetea

Ordine: Fagetalia sylvaticae

Alleanza: Carpinion betuli

Associazione: Polygonatum multiflori - Quercetum roboris

Sottoassociazione: Carpinesotum betuli

Si tratta quindi della flora tipica del quercocarpinetto. Le specie caratterizzanti lo strato arboreo sono la farnia (*Quercus robur* L.) ed il carpino bianco (*Carpinus betulus* L.), accompagnate principalmente da ciliegio (*Prunus avium* L.), orniello (*Fraxinus ornus* L.), acero campestre (*Acer campestre* L.), melo selvatico (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) ed olmo (*Ulmus minor* (L.) Mill.). Diffuse sono pure le specie arbustive, quali nocciolo (*Corylus avellana* L.), biancospino (*Crataegus oxyacantha* L. e *Crataegus monogyna* Jacq.), prugnolo (*Prunus spinosa* L.) e pungitopo (*Ruscus aculeatus* L.) mentre le specie erbacee più significative sono il bucaneve (*Galanthus nivalis* L.), il sigillo di salomone (*Polygonatum multiflorum* (L.) All.), l'asparago selvatico (*Asparagus tenuifolius* Lam.), la pervinca (*Vinca minor* L.), l'anemone giallo (*Anemone ranunculoides* L.), l'anemone bianco (*Anemone nemorosa* L.), ed il narciso (*Narcissus poeticus* L.). Presenti in tutto il bosco edera (*Hedera elix* L.) e vitalba (*Clematis vitalba* L.). All'interno di questa associazione è presente una variante mesoxerica peculiare di Bosco della Fontana, caratterizzata dalla presenza di cerro (*Quercus cerris* L.) che sostituisce la farnia, nonché di orniello (*Fraxinus ornus* L.), ciavardello (*Sorbus torminalis* L.), corniolo (*Cornus mas* L.) e violetta bianca (*Viola alba* Besser). Questa variante si concentra nella parte

settentrionale della foresta, in quanto essa si trova ad una quota leggermente più elevata (26 m s.l.m.) rispetto alla parte meridionale (24 m s.l.m.). Tale dislivello, seppur lieve, condiziona la profondità della falda e di conseguenza anche la vegetazione deve sopportare una minor disponibilità idrica. Questo perché, nello specifico, i quercu-carpineti planiziali, costituiscono sistemi di tipo A (Del Favero, 2004) che sono strettamente condizionati dalla dinamica idrica del suolo. Il suolo adiacente ai grandi corsi d'acqua è generalmente costituito da materiale grossolano, trasportato da esondazioni, e da un materiale più fine, sabbioso-limoso, nella parte meno soggetta ad esondazioni.

In questo habitat si sta assistendo negli ultimi tempi ad una regressione della farnia dovuto al raggiungimento del piano dominante da parte dei polloni di *Carpinus betulus* L. Si sta quindi procedendo verso il Carpineto puro. Nei sistemi naturali il quercu-carpineto si manifesta come una struttura biplana, con grandi chiome di farnia (circa 70-100 individui ad ettaro) ed un fitto piano dominante di *Carpinus betulus* L. (Del Favero, 2004). Questo progredire delle dinamiche forestali ha portato ad un invecchiamento del ceduo con i polloni portati nel piano dominante che entra in concorrenza con la farnia. Questa fase di stabilizzazione rappresenta un problema per la rinnovazione della farnia.

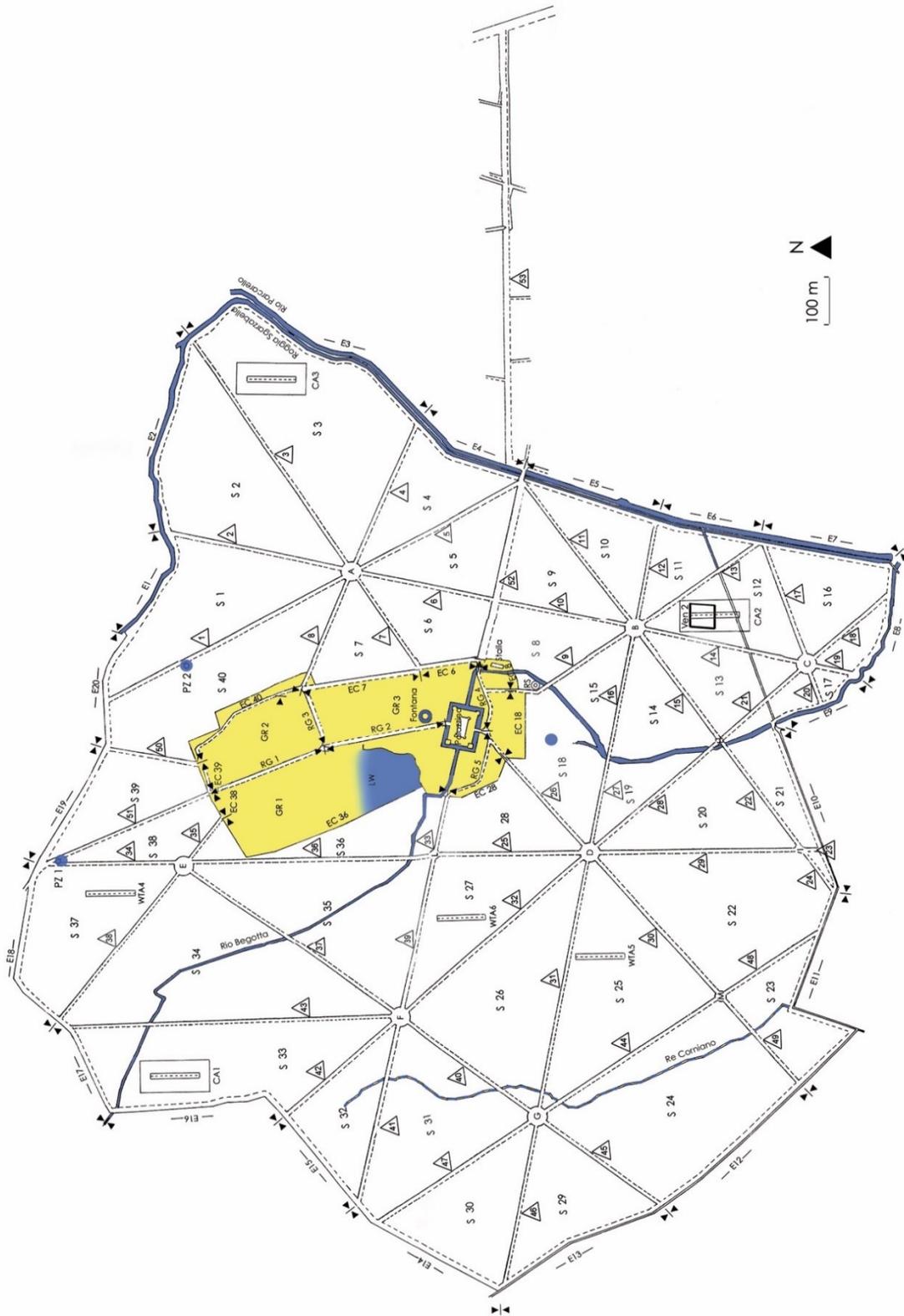


Figura 2: Mappa della Riserva Naturale “Bosco della Fontana” rappresentante i principali corsi d’acqua e la suddivisione delle particelle numerate

4. I DENDROMICROHABITAT

La produzione scientifica internazionale verte intorno allo studio dei microhabitat (Asbeck, 2021; Froidevaux, 2022; Kozák, 2018; Kraus, 2016; Vuidot, 2010) e degli altri alberi habitat (Kirby, 2015). Tra questi gli alberi vetusti (Kirby, 2015; Lansdale ed, 2013) provvedono ad arricchire le foreste di una vasta gamma di habitat fondamentali, molti dei quali sono molto rari e non possono essere rimpiazzati in nessun modo. La conservazione e il mantenimento di questi alberi dipendono da una buona informazione sulla gestione del paesaggio (Davies, 2000). Durante il processo di invecchiamento questi alberi hanno sviluppato delle caratteristiche morfologiche come presenza di necromassa, formazione di microsuolo o permanenza di acqua stagnante. Queste peculiarità vanno a creare una serie di habitat con combinazioni uniche che rendono possibile l'insediarsi di particolari organismi. In una visione puramente selvicolturale queste caratteristiche risultano essere dei difetti per il mercato del legno, ma per l'individuo queste strategie gli permettono di resistere e sopravvivere. Dal punto di vista ecologico proteggere questi individui è fondamentale per permettere una continuità degli habitat che arricchiscono una foresta per il maggior tempo possibile. Anche il mantenimento della necromassa, sia in piedi che a terra, dovrebbe essere salvaguardata il più possibile per permettere la persistenza di importanti specie saproxitiche. Infine, bisognerà anche supportare una certa quantità di individui giovani che possono succedere gli individui vetusti per consentire il progredire del bosco (Lasdale, 2013).

Ad oggi il principale strumento a disposizione del tecnico forestale rimane la predisposizione di una scheda parametrica in cui siano riportate le diverse tipologie di microhabitat da individuare per sottoporle poi a tutela (Perella, 2022).

Il nuovo progetto siglato BIOΔ4, finanziato dal Fondo europeo di sviluppo regionale, ha tra i vari obiettivi la valorizzazione degli ecosistemi forestali,

favorendo il rallentamento della perdita di diversità e ricchezza vegetale e animale, e sostenendo allo stesso tempo una gestione forestale attiva e sostenibile. Per permettere tutto ciò sono stati messi a punto 12 indicatori come nuovo metodo di valutazione della biodiversità con il proprio prototipo di schema di certificazione a supporto degli standard diffusi per la Gestione Forestale Sostenibile. Per ogni indicatore viene attribuito un giudizio tramite un criterio generale in modo da ottenere una valutazione complessiva della loro combinazione. Per questo studio è stato preso in considerazione l'indicatore 7, i dendro-microhabitat (Barbieri. 2022).

Per una comprensione del significato ecologico dei principali microhabitat normalmente considerati occorre una descrizione degli stessi e delle relazioni che questi ambienti istituiscono con altri esseri viventi articolati sia nelle diverse classi zoologiche, sia nei confronti del regno fungino quale importante anello della catena dei detritivi decompositori della biomassa. Molti microhabitat sono riscontrabili nei tronchi marcescenti in piedi che supportano una serie di nicchie ecologiche la cui importanza naturalistica dipende principalmente dal diametro che condiziona la sua permanenza temporale negli ambienti forestali. Ugualmente, se non più importante, è la presenza dei microhabitat sugli alberi vivi, sia perché la presenza di questi è generalmente più duratura nel tempo, sia perché andranno a reintegrare il contingente degli alberi morti in piedi che man mano si degradano.

I microhabitat sono una parte distinta di un albero che ospita insieme di diverse specie di piccole dimensioni adatti a sfruttare le risorse limitate per un susseguirsi di molteplici generazioni. Per l'identificazione dei microhabitat si è utilizzato il "*Catalogo dei microhabitat degli alberi*" (Kraus, 2016) sviluppato dal Ministero Tedesco dell'Alimentazione e dell'Agricoltura (BMEL) per il progetto INTEGRATE+. Questo include 20 categorie di microhabitat organizzati con un approccio gerarchico.

La prima suddivisione si ha con la differenziazione dei microhabitat in saproxilici e epixilici. I primi fanno parte dei microhabitat per antonomasia e sono

rappresentati dalle diverse cavità presenti a diversa lunghezza lungo il fusto degli alberi. Il ruolo che queste cavità giocano nei confronti della fauna di diverso ordine è da sempre conosciuto. Un'importante parte di questo ruolo ecologico è legata sia alla diversa ampiezza delle stesse, che alla diversa posizione in altezza lungo il fusto. Se l'ampiezza della cavità è spesso direttamente legata allo stato di degradazione e consunzione del legno del fusto, l'altezza a cui si sviluppa la cavità condiziona diversi aspetti ecologici che sono legati al legno deperiente o morto di alberi senescenti, tronchi e rami caduti.

La prima categoria riguarda le cavità, in particolare quelle formate da picidi. Vi si riconoscono i seguenti codici

- **CV11:** Diametro d'ingresso della cavità di 4 cm. Cavità più ampia all'interno. Le cavità scavate da *Dendrocopos minor* si trovano nei rami della chioma.
- **CV12:** Diametro d'ingresso della cavità di circa 5-6 cm, cavità più ampia all'interno. *Picus viridis* costruisce le cavità nei tronchi in corrispondenza dell'inserzione di rami spezzati. L'entrata è rotondeggiante.
- **CV13:** Cavità sul tronco scavata da *Dryocopus martius*. La cavità ha un ingresso con diametro > 10 cm e si allarga all'interno. Il picchio nero costruisce cavità con apertura ovale in tronchi privi di rami.
- **CV14:** Fori scavati di forma conica: l'ingresso è generalmente più largo dell'interno.
- **CV15:** Presenza sul tronco di almeno tre cavità riproduttive di picidi connesse tra loro. Se la connessione non è verificabile: presenza di tre aperture di cavità in meno di 2 m di tronco.

Nella seconda parte sono riportate le cavità del tronco con rosura, ovvero un composto costituito da legno marcescente, funghi, resti di animali e resti di nidi che possono essere o meno a contatto con il terreno.

- Cavità nel tronco con rosura, il fondo della cavità è a contatto con il terreno e pertanto l'umidità del suolo raggiunge la cavità. Notare che l'ingresso della cavità può trovarsi più alto sul tronco.

- CV21: $\varnothing \geq 10$ cm (a contatto con il terreno)
- CV21: $\varnothing \geq 30$ cm (a contatto con il terreno)
- Cavità del tronco con rosura non a contatto con il terreno.
 - CV23: $\varnothing \geq 10$ cm
 - CV24: $\varnothing \geq 30$ cm
- Cavità del tronco semiaperta, con o senza rosura, l'interno della cavità non è completamente protetto dal microclima esterno e può entrare la pioggia. Notare che l'ingresso della cavità può trovarsi più alto sul tronco.
 - CV25: $\varnothing \geq 30$ cm / semiaperta
- Grande cavità nel tronco aperta alla sommità, con o senza contatto col terreno.
 - CV26: $\varnothing \geq 30$ cm / aperta alla sommità

In questi habitat troviamo una moltitudine di abitanti. Nella parte di callo è possibile trovare: *Procræus tibialis*, *Rhyncolus ater*, *Phlaeophagus lignarius*; nella carie bruna si possono trovare: *Ampedus cardinalis*, *Tenebrio opacus* o *Pentaphyllus testaceus*; nella rosura decomposta possiamo trovare: *Ctenophora ornata*, *Pseudocistela ceramboides* o *Ischnodes sanguinicollis* mentre nella rosura poco decomposta troviamo: *Elater ferrugineus*, *Osmoderma eremita* o *Gnorimus variabilis*.

Nella categoria delle cavità dei rami distinguiamo:

- Fori da carie originati dal distacco di un ramo dal tronco che si formano quando la degradazione fungina del legno è più veloce della chiusura della ferita.
 - CV31: $\varnothing \geq 5$ cm
 - CV32: $\varnothing \geq 10$ cm
- Ramo più o meno orizzontale, cavo in seguito a rottura. Crea un riparo di forma tubolare dal microclima esterno.
 - CV33: Ramo cavo, $\varnothing \geq 10$ cm

Una categoria a parte sono i dendrotelmi, ovvero cavità non a contatto con il terreno dove si accumula acqua di scorrimento e dove si forma una lettiera di substrato per molteplici specie di funghi e alcuni macroinvertebrati:

- L'apertura e la cavità hanno lo stesso diametro. Cavità a forma di coppa che a causa della loro forma, trattengono la pioggia per un certo periodo (finché non si asciuga).
 - **CV41:** $\varnothing \geq 3$ cm / base del tronco
 - **CV42:** $\varnothing \geq 15$ cm / base del tronco
- L'ingresso e la cavità interna hanno lo stesso diametro. Cavità a forma di coppa, che a causa della loro forma, trattengono la pioggia per un certo periodo (finché non si asciuga).
 - **CV43:** $\varnothing \geq 5$ cm / chioma
 - **CV44:** $\varnothing \geq 15$ cm / chioma

Infine, come ultima categoria riguardante le cavità si trovano le gallerie scavate da insetti e fori d'uscita:

- Il diametro di ingresso o di uscita è uguale a quello interno. Una rete di fori di uscita di insetti xilofagi indica la presenza di un sistema di gallerie. La galleria di un insetto è un sistema complesso di fori e camere creati da una o più specie in uno stesso tronco.
 - **CV51:** Gallerie con singoli piccoli fori di uscita
 - **CV52:** Grossi fori di uscita $\varnothing \geq 2$ cm

Si passa così alla catalogazione delle lesioni e delle ferite. La prima categoria riguarda in particolare lo scortecciamento o l'alburno esposto:

- La perdita di corteccia porta all'esposizione dell'alburno; causata da taglio, caduta di alberi per cause naturali. Alla base del tronco lo scortecciamento può essere causato anche dal trascinarsi di tronchi, o dall'azione di roditori o picidi.
 - **IN11:** Scortecciamento 25 - 600 cm² , stadio decadimento < 3
 - **IN12:** Scortecciamento > 600 cm² , stadio decadimento < 3
 - **IN13:** Scortecciamento 25 - 600 cm² , stadio decadimento = 3
 - **IN14:** Scortecciamento > 600 cm² , stadio decadimento = 3

La seconda categoria riguarda le fratture sul tronco e nella chioma:

- L'albero, ancora vivo, è spezzato all'altezza del tronco, sta sviluppando una chioma secondaria. Parti del tronco marcescenti vicino alla ferita: l'albero presenta una combinazione di elevate quantità di legno in decomposizione e flussi xilematici e floematici ancora attivi.
 - **IN21:** Tronco spezzato, $\varnothing \geq 20$ cm all'estremità spezzata
- Durame esposto a causa della rottura nell'inserzione della chioma sul tronco. La carie comincia a degradare il substrato in un albero ancora vivo.
 - **IN22:** Albero con chioma / biforcazione spezzata. Superficie di legno esposta ≥ 300 cm²
- Si è spezzata una branca principale. La ferita è sufficientemente grande da consentire l'ingresso di organismi e può evolversi in una cavità (foro da carie) con flussi floematici e xilematici attivi.
 - **IN23:** Branca rotta, $\varnothing \geq 20$ cm alla base della frattura.
- Frattura da vento, a causa dell'elevata forza di rottura si formato schegge che forniscono particolari condizioni.
 - **IN24:** Fusto scheggiato, $\varnothing \geq 20$ cm alla base della frattura

La terza categoria riguarda invece le fessure e cicatrici:

- Ferita lineare Fessura nella corteccia che raggiunge l'alburno, che viene esposto insieme al cambio (da non registrare nel caso in cui la ferita si sia richiusa). Larghezza min. 1 cm, profondità min. 10 cm:
 - **IN31:** lunghezza ≥ 30 cm
 - **IN32:** lunghezza ≥ 100 cm
 - **IN33:** Lesione da fulmine. Scortecciamento e fessura provocati da un fulmine, alburno esposto (da non registrare se della nuova corteccia ha coperto la cicatrice).
 - **IN34:** Lesione da fuoco. Generalmente hanno forma triangolare e si trovano alla base dell'albero, sul lato sottovento del tronco. Alle cicatrici da fuoco si associa la presenza di legno carbonizzato ed occasionalmente flusso di resina sull'alburno esposto o sulla corteccia.

La quarta categoria riguarda le tasche nella corteccia differenziando:

- Lo spazio fra corteccia e alburno forma un riparo (aperto alla base).

- **BA11:** Riparo nella corteccia, larghezza > 1 cm; profondità > 10 cm; altezza > 10 cm
- Lo spazio fra corteccia e alburno forma una tasca (aperta all'apice), che può contenere rosura.
 - **BA12:** Riparo nella corteccia, larghezza > 1 cm; profondità > 10 cm; altezza > 10 cm
- Corteccia grossolana e fessurata, caratteristica talvolta specie-specifica
 - **BA21:** Corteccia grossolana

L'ultima sottocategoria dei microhabitat saproxilici riguarda il legno morto. In particolare tratta di rami morti o legno morto nella chioma, quindi legno in decomposizione di dimensioni ridotte (>10 cm diametro), spesso orizzontale od obliquo, spesso all'ombra della chioma residua; in contatto con legno vivo (con flussi floematici e xilematici attivi).

- **DE11:** \varnothing 10 - 20 cm, \geq 50 cm, esposto al sole
- **DE12:** \varnothing > 20 cm, \geq 50 cm, esposto al sole
- **DE13:** \varnothing 10 - 20 cm, \geq 50 cm, non esposto al sole
- **DE14:** \varnothing > 20 cm, \geq 50 cm, non esposto al sole
- **DE15:** Cima secca $\varnothing \geq$ 10 cm

Si passa così alle categorie riguardanti i microhabitat epixilici, a partire dalla sottocategoria delle deformazioni o delle forme di crescita riguardanti le cavità nei contrafforti radicali:

- Cavità naturale alla base del tronco formata dalle radici dell'albero. Può essere densamente ricoperta da briofite. Non vi sono ferite e buchi di roditori.
 - **GR11:** $\varnothing \geq$ 5 cm
 - **GR12:** $\varnothing \geq$ 10 cm
- Fenditura formata dalla crescita dell'albero, nessuna ferita o fessura aperta. Localizzata più in alto sul tronco e quindi non è parte dei contrafforti radicali.
 - **GR13:** Scissione del tronco, lunghezza \geq 30 cm

- Si passa poi alle deformazioni o alle forme di crescita degli scopazzi e dei riscoppi, quindi distinguendo un denso agglomerato di ramuli causato da parassiti (es. i funghi *Melampsorella caryophyllacerum* o *Taphrina betulina*) o da emiparassiti (genere *Arceuthobium*, Fam. Viscaceae).
 - **GR21:** Scopazzo batterico, $\varnothing > 50$ cm
- Denso agglomerato di germogli sul tronco o sui rami di un albero. Si formano da gemme latenti visibili o incluse nella corteccia come rami epicormici.
 - **GR22:** Riscoppi
- Deformazioni e forme di crescita che riguardano i cancri, quindi la proliferazione cellulare con corteccia rugosa e danneggiata sulla superficie del cancro. Oppure un cancro in decomposizione con tessuto necrotico esposto, es. causato da *Nectria* spp. su faggio.
 - **GR31:** Crescita tumorale, $\varnothing > 20$ cm
 - **GR32:** Cancro in decomposizione, $\varnothing > 20$ cm

Si passa così alla sottocategoria riguardante le epifiti

In particolare riguardanti corpi fruttiferi fungini a partire da

- Polyporales con corpi fruttiferi della durata di qualche settimana, generalmente hanno una consistenza elastica e soffice (non hanno parti legnose). Es.: *Fistulina*, *Polyporus*, *Trametes*
 - **EP11:** Polyporales annuali, $\varnothing > 5$ cm
- Corpi fruttiferi legnosi o comunque duri. I corpi fruttiferi perenni indicano la degradazione del legno dovuta a carie bianca (es. *Fomes*, *Ganoderma*, *Phellinus*) o carie bruna (es. *Fomitopsis*, *Daedalea*).
 - **EP12:** Polyporales perenni, $\varnothing > 10$ cm
- Corpi fruttiferi grandi, spessi e carnosi con lamelle, cappello con lamelle e distinto dal gambo (es. *Armillaria*, *Pleurotus*, *Megacollybia*, *Pluteus*).
 - **EP13:** Agaricales carnosi, $\varnothing > 5$ cm
- Funghi coriacei, bruno neri ed emisferici, simili a pezzi di carbone (es. *Daldinia*, *Hypoxylon*).
 - **EP14:** Grandi ascomiceti, $\varnothing > 5$ cm

Altra parte della sottocategoria delle epifite riguarda i mixomiceti, descritte come una massa mucillaginosa ameboide o plasmodio, ha l'aspetto di una massa gelatinosa quando è fresca

- **EP21:** Myxomycetes, $\varnothing > 5$ cm

Ultimo argomento delle epifite riguarda le fanerogame e crittogame

- Tronco dell'albero coperto da muschi ed epatiche.
 - **EP31:** Briofite epifite, copertura > 25 %
- Tronco dell'albero coperto da licheni fogliosi e fruticosi (spesso associati a briofite).
 - **EP32:** Licheni epifiti fogliosi e fruticosi, copertura > 25 %
- Liane ed altre piante rampicanti che ricoprono la superficie del tronco (es. *Hedera helix*, *Clematis vitalba*).
 - **EP33:** Liane, copertura > 25 %
- Felci epifite sul tronco e su grossi rami, spesso associate a briofite.
 - **EP34:** Felci epifite, > 5 fronde
- Specie epifite ed emiparassite nella chioma dall'albero (*Viscum* spp., *Arceuthobium* spp., *Amyena* spp., *Loranthus* spp.).
 - **EP35:** Vischio

I licheni rappresentano un importante gruppo sistematico, oggi ampiamente utilizzato quale affidabile indicatore dell'inquinamento atmosferico. In questo ruolo di indicatore sono spesso analizzati anche nelle indagini riguardanti l'eutrofizzazione, la gestione forestale ed i cambiamenti climatici. I licheni sono una simbiosi mutualistica tra un fungo ed un'alga verde o cianobatterio. Pertanto i licheni non solo non danneggiano gli alberi su cui si sviluppano, ma costituiscono un microhabitat importante perché lo status di molte specie è in declino in quanto risentono negativamente dell'inquinamento ambientale e della gestione forestale intensiva.

Si arriva quindi alla sottocategoria riguardante i nidi

- Strutture costruite da grandi uccelli, localizzati su rami, biforcazioni o scopazzi.

- **NE11:** Nidi di grandi vertebrati, $\varnothing > 80$ cm
- Nidi costruiti da piccoli uccelli, moscardini, topi o scoiattoli.
 - **NE12:** Nidi di piccoli vertebrati, $\varnothing > 10$ cm
- Nidi larvali della processionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*), di formiche del legno (*Lasius fuliginosus*) o di api selvatiche sul tronco dell'albero.
 - **NE21:** Nido di invertebrati

Ultima sottocategoria riguarda le fuoriuscite di linfa e resina che fanno parte dei microhabitat minori. Questi essudati forniscono nutrimento per diverse specie di insetti, come ditteri, coleotteri o imenotteri. È suddivisa in

- **OT11:** Flusso di linfa >50 Consistente flusso di linfa fresca:
- **OT12:** Flusso di resina >50 cm Flusso consistente di resina fresca

E quindi si tratta di microsuolo come prodotto della micro-pedogenesi dovuta a muschi o licheni epifiti, alghe, cortecce necrotiche.

- **OT21:** Microsuolo nella chioma
- **OT22:** Microsuolo nella corteccia

La biodiversità di un sito è favorita se la popolazione è ricca di specie diverse e include alberi vecchi.

5. MATERIALI E METODI

Per la realizzazione di questo studio sono stati censiti complessivamente 33 coppie di *Carpinus betulus* L. L'individuazione degli alberi è avvenuta in modalità casuale percorrendo a piedi i viali della Riserva Naturale. Sono stati prima individuati gli esemplari a terra che mostrassero segni di uno schianto avvenuto fino al 2021. Per fare questo ci si è basati sulla presenza di pungitopo sulla zolla sollevata dalle radici o per la visibile presenza di ripresa vegetativa. Si procedeva geolocalizzando, con apposito GPS Garmin, in primis la pianta al piede definendola con un codice univoco con il numero della coppia e a seguito la sigla "CBM" (*Carpinus Betulus* Morto). Con il cavalletto forestale è stato poi rilevato il diametro della pianta a 1,30 metri e l'altezza con l'ipsometro a ultrasuoni Vertex III. Si è anche deciso di calcolare il diametro medio delle sezioni di 5 metri del fusto per l'individuazione dei microhabitat. Si sono poi riportati in un'apposita tabella i codici e la frequenza dei microhabitat rilevati nella sezione contrassegnando con un "!" quegli elementi che se l'albero fosse stato in piedi non sarebbe stato possibile individuare. Si è poi proceduto schematicamente per tutta la lunghezza del fusto all'analisi delle sezioni.

Per l'individuazione del soggetto in piedi si è preso l'albero più vicino alla pianta a terra con una differenza di diametro a petto d'uomo entro i 5 cm. Si è geolocalizzato il soggetto, si è preso il diametro e l'altezza con appositi strumenti; grazie all'utilizzo del Vertex III si è comunque diviso in sezioni di 5 metri l'altezza della pianta.

L'elaborazione dei dati con software Excel ha permesso il confronto dei dati per i campioni a terra (CBM) e in piedi (CBV) e tra varie categorie di microhabitat tramite la realizzazione di tabelle e grafici. Si è partiti dall'analisi descrittiva con la classificazione delle altezze e i diametri delle piante campionate, rilevando i valori medi, minimi e massimi della popolazione. Lo stesso metodo è stato

utilizzato per l'elaborazione dei dati relativi ai microhabitat e poi si è ampliata l'analisi cercando le diversità e le congruenze.

L'analisi statistica, svolta con il programma Past4, per il confronto dei dati rispettivi ai due popolamenti di piante a terra (CBM) e piante in piedi (CBV) è stato utilizzato il test di Wilcoxon. Questo è un test non parametrico che può essere utilizzato per individuare differenze significative di un singolo campione che presenta due misure accoppiate. Per applicare questo metodo si deve prendere in considerazione una variabile di tipo quantitativo che quindi può essere espressa in numeri; la variabile dipendente deve essere composta da solo due gruppi che devono essere stati estratti tra di loro indipendentemente rispetto alle loro rispettive popolazioni. Se il valore del P-value è superiore a 0,05 allora la differenza tra le due popolazioni non è considerata significativa, se invece è inferiore ad alpha la disparità è considerata statisticamente significativa.

6. RISULTATI E DISCUSSIONE

I valori del diametro e dell'altezza ricavati durante il campionamento delle 33 coppie di piante sono riportati schematicamente nella tabella sottostante distinti tra individui a terra (CBM) e in piedi (CBV) in base al loro codice univoco (Tabella 3)

CODICE UNIVOCO	DIAMETRO (cm)	ALTEZZA (m)
1CBM	43,5	25
1CBV	53	23
2CBM	46	22,5
2CBV	54	27
3CBM	33	22
3CBV	35	30
4CBM	30	10
4CBV	25	24
5CBM	32	20
5CBV	37	26
6CBM	55	29
6CBV	50	26,5
7CBM	46	22
7CBV	44	27
8CBM	57	20
8CBV	50	22,5
9CBM	42	21
9CBV	42	23
10CBM	18-22	12
10CBV	32-23	16
11CBM	40	23
11CBV	39	25
12CBM	54	20
12CBV	58	22
13CBM	21	15
13CBV	26	14
14CBM	34	19
14CBV	34	21
15CBM	18	12
15CBV	20	15
16CBM	33	6
16CBV	33	19
17CBM	42	18
17CBV	46	20
18CBM	43	25
18CBV	48	21
19CBM	33	15
19CBV	37	19
20CBM	30	19
20CBV	31	14
21CBM	35	23
21CBV	31	13
22CBM	36	21
22CBV	40	14
23CBM	25	13
23CBV	30	13
24CBM	35	15
24CBV	32	24
25CBM	47	15
25CBV	43	19
26CBM	34	19
26CBV	31	23
27CBM	33	15
27CBV	30	16
28CBM	21	11
28CBV	26	16
29CBM	23	12
29CBV	24	14
30CBM	18	9
30CBV	19	10
31CBM	39	19
31CBV	42	22
32CBM	40	24
32CBV	36	22
33CBM	36	18
33CBV	32	17

Tabella 3: Diametri e altezze delle piante a terra (a sinistra) e in piedi (a destra)

La distribuzione delle altezze e dei diametri delle piante campionate a terra (CBM) viene messa in evidenza nella Figura 3a

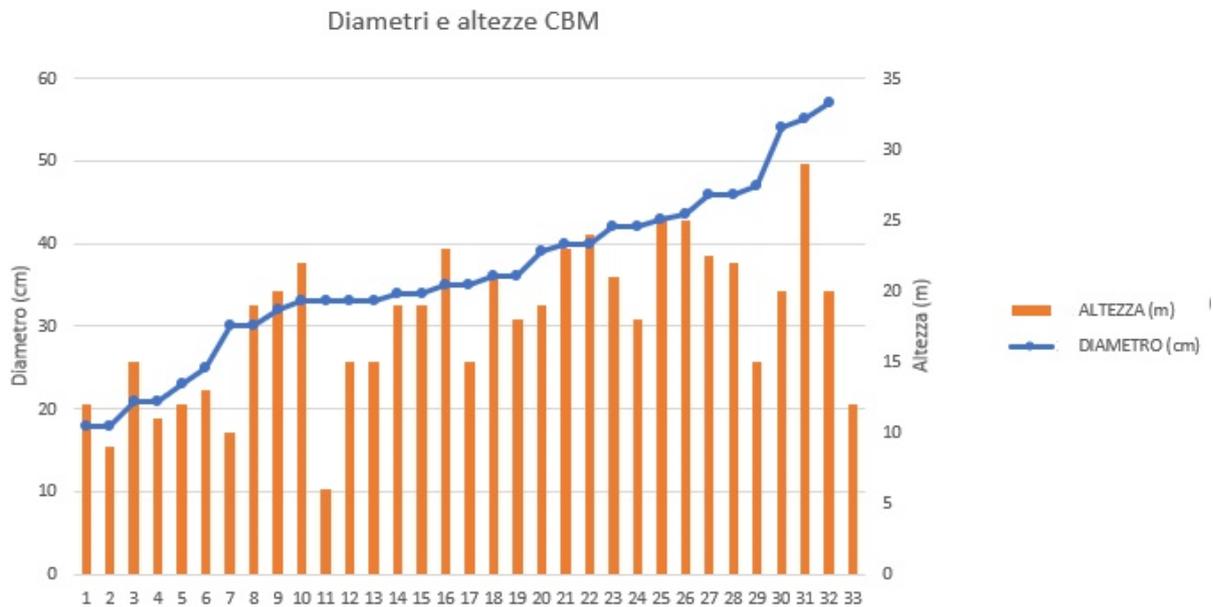


Figura 3a: Diametri e altezze delle piante a terra (CBM)

Le stesse misure, ma riferite alle piante in piedi (CBV) sono riportate nella Figura 3b sottostante

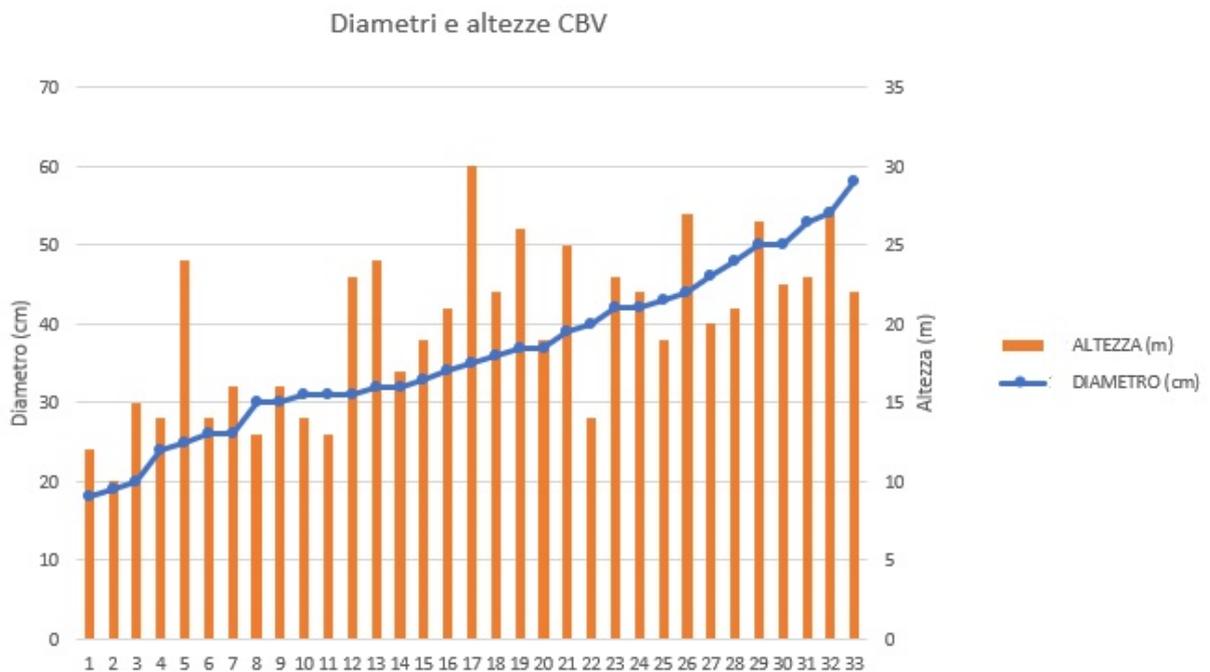


Figura 3b: Diametri e altezze delle piante in piedi (CBV)

Le piante campionate a terra (CBM) mostrano un diametro medio di 36,08 cm con l'altezza media di 17,86 metri. Le medie ricavate dai dati inerenti alle piante in piedi (CBV) corrispondono a 36,81 cm per il diametro e 19,94 metri per l'altezza. Come riportato in Tabella 4 e mostrato con il grafico (Figura 4)

	Diametro (cm)	Altezza (m)
MEDIA CBM	36,08	17,86
MEDIA CBV	36,81	19,94

Tabella 4: Media delle piante campionate a terra (CBM) e in piedi (CBV)

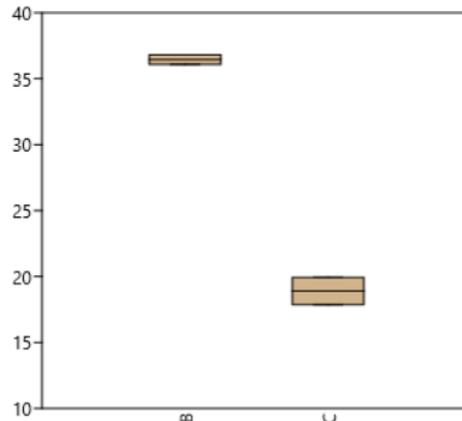


Figura 4: Media diametri piante in piedi e a terra e media altezze piante in piedi e a terra

Il Wilcoxon test risulta essere $p=0.17971$

Gli alberi campionati a terra (CBM) hanno mostrato una variazione di diametro che va da 18 cm a 57 cm con un'altezza compresa dai 6 metri ai 29 metri. Per gli individui complementari in piedi (CBV) il diametro è compreso tra i 19 cm e i 58 cm con un'altezza che varia dai 10 m ai 30 (Tabella 5).

	Diametro (cm)	Altezza (m)
Min CBM	18	6
Min CBV	19	10
Max CBM	57	29
Max CBV	58	30

Tabella 5: Valori minimi e massimi delle piante campionate a terra (CBM) e in piedi (CBV)

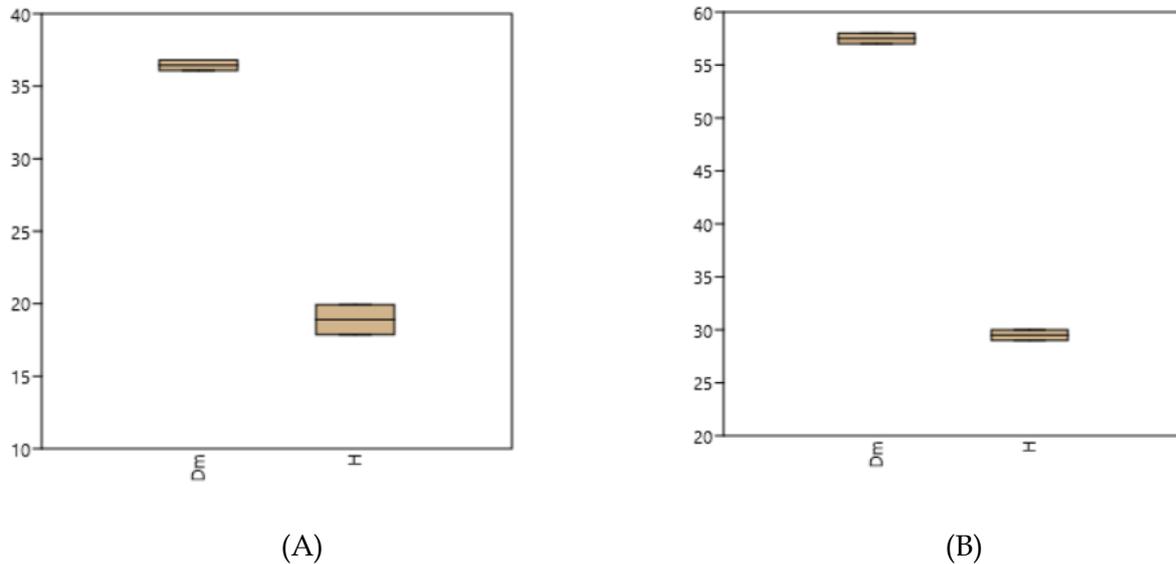


Figura 5: Valori minimi (A) e massimi (B) delle piante campionate a terra (CBM) e in piedi (CBV)

Anche in questo caso il test di Wilcoxon da un valore pari a $p=0.1573$

Ponendo in sistema le altezze e i diametri rispettivamente sugli assi delle ordinate e delle ascisse si ottengono le curve ipsometriche, utilizzate per descrivere graficamente la variazione dell'altezza degli alberi in funzione del loro diametro.

Questo confronto viene sviluppato sia per gli alberi a terra (CBM) che per gli alberi in piedi (CBV) come mostrato rispettivamente in Figura 6a e Figura 6b.

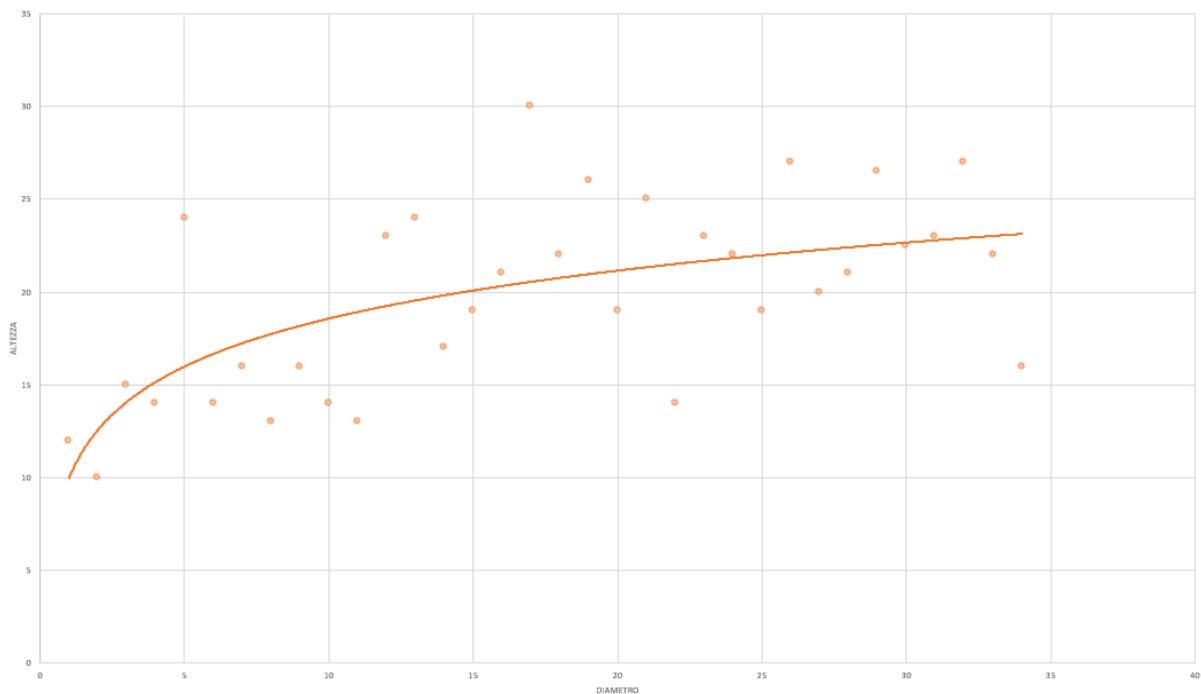


Figura 6a: Curva ipsometrica alberi a terra (CBM)

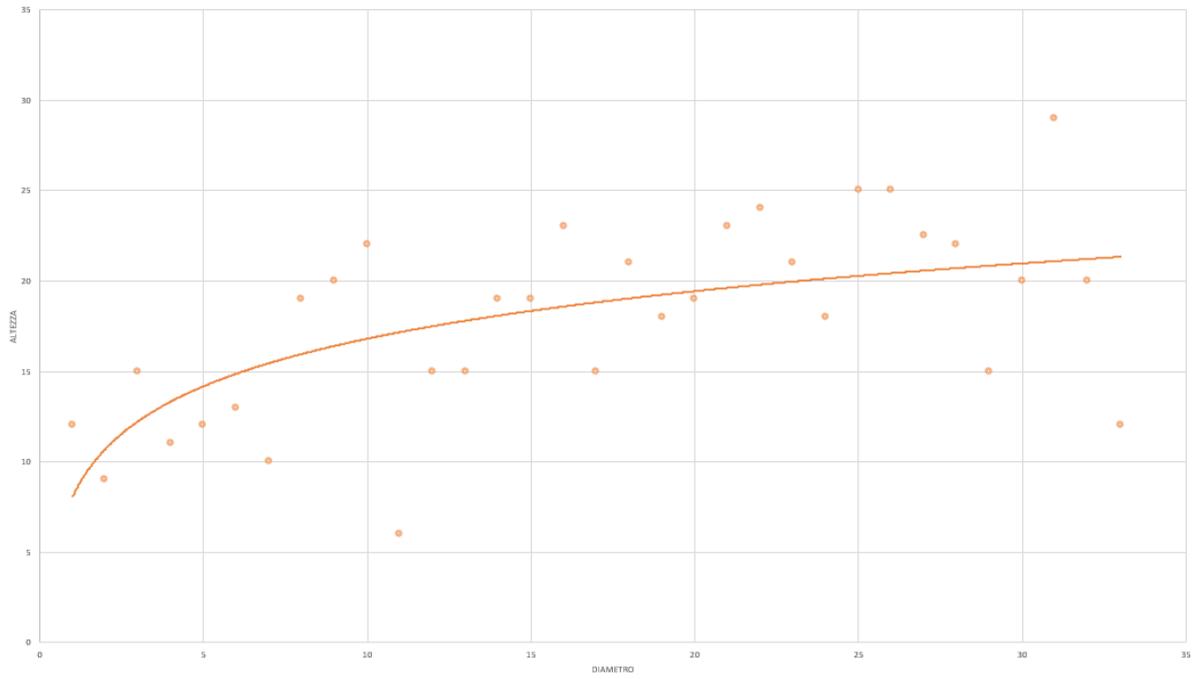


Figura 6b: Curva ipsometrica alberi in piedi (CBV)

La sezione riferita all'analisi di ogni albero è stata effettuata utilizzando come guida il *Catalogo dei microhabitat degli alberi* (Kraus et al., 2016) prestando particolare attenzione alla frequenza di ognuno di essi. In totale sono stati rilevati 453 microhabitat di cui 271 su alberi a terra (CBM) e 182 su alberi in piedi (CBV) come riportato in Tabella 6 e rappresentato in Figura 7.

	0-5	5-10	10-15	15-...	TOT
CBM	78	106	73	14	271
CBV	80	54	43	5	182
TOT	158	160	116	19	453

Tabella 6: Frequenza microhabitat totali, suddivise per sezioni di fusto e per tipologia di albero (CBM, CBV)

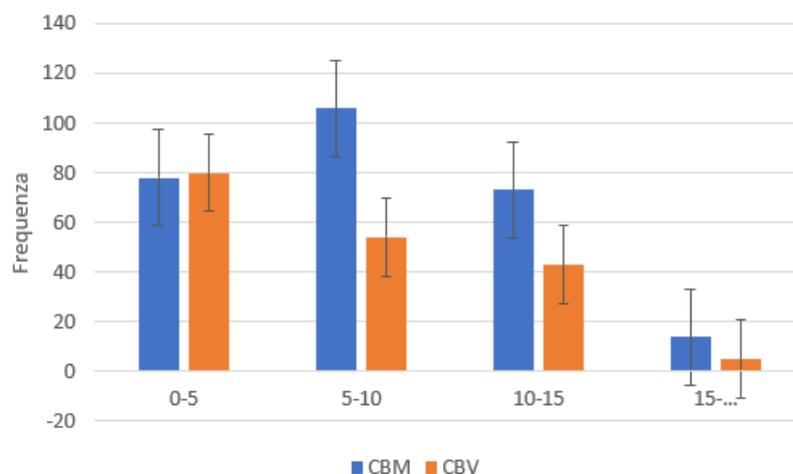


Figura 7: Frequenza dei microhabitat per sezioni (sezione 0-5 m, sezione 5-10 m, sezione 10-15 m, sezione 15-... m) e per tipologia di albero (CBM, CBV)

Il Wilcoxon test risulta essere $p=0.14413$, quindi la differenza tra le due popolazioni è significativa.

Di tutti i microhabitat presenti nel catalogo durante la fase di campo ne sono stati rilevati solo 34 (Tabella 7) di cui 16 hanno dimostrato una frequenza superiore alla media (Tabella 8).

Codice	TOT	CBM	CBV
CV11	8	7	1
CV15	5	4	1
CV23	2	2	0
CV25	2	2	0
CV31	54	37	17
CV32	11	6	5
CV33	35	22	13
CV41	10	4	6
CV42	5	3	2
CV43	12	12	0
CV44	2	2	0
IN12	2	2	0
IN13	2	2	0
IN21	6	4	2
IN22	4	2	2
IN23	20	9	11
IN31	6	3	3
IN32	1	0	1
BA11	2	2	0
BA12	1	1	0
DE11	10	6	4
DE12	1	0	1
DE13	33	16	17
DE14	1	1	0
GR11	30	14	16
GR12	16	6	10
GR22	31	12	19
EP11	4	2	2
EP12	3	3	0
EP31	30	19	11
EP33	49	21	28
NE21	52	44	8
OT21	2	1	1
OT22	1	0	1

Tabella 7: Frequenza microhabitat totale o per CBM e CBV

	TOT	CBM	CBV
MEDIA	13,3	8,0	5,4

Tabella 8: Frequenza media dei microhabitat totale o per CBM e CB

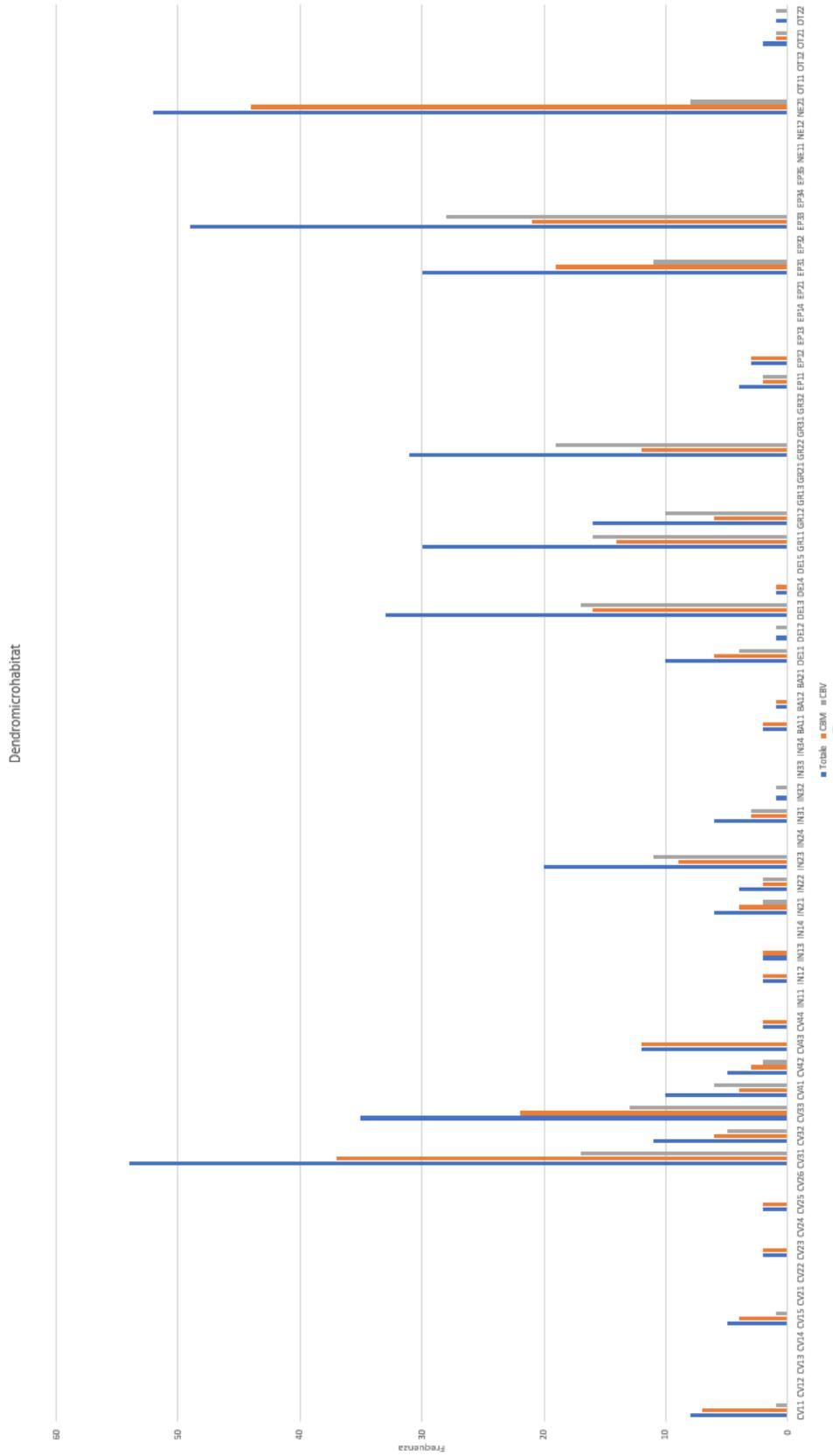


Figura 8: Frequenza dei dendromicrohabitat per l'intera popolazione

Un'ulteriore classificazione dei dati avviene per suddivisione delle sezioni del fusto rilevate (Tabella 9).

Codice	0-5	5-10	10-15	15-...
1CBM	1	1	3	0
2CBM	5	8	7	0
3CBM	3	4	2	0
4CBM	2	6	3	0
5CBM	3	4	2	0
6CBM	5	5	4	0
7CBM	4	3	2	0
8CBM	8	3	4	0
9CBM	4	2	7	0
10CBM	0	3	0	0
11CBM	2	6	8	8
12CBM	2	4	2	0
13CBM	1	1	4	0
14CBM	2	2	0	1
15CBM	2	4	0	0
16CBM	4	2	0	0
17CBM	1	2	0	0
18CBM	4	4	2	1
19CBM	1	3	0	0
20CBM	2	1	0	0
21CBM	3	3	2	0
22CBM	0	2	1	1
23CBM	0	2	0	0
24CBM	3	3	4	0
25CBM	4	5	2	0
26CBM	1	2	2	0
27CBM	0	3	2	3
28CBM	1	3	2	0
29CBM	2	3	0	0
30CBM	3	4	0	0
31CBM	3	3	5	0
32CBM	1	1	3	0
33CBM	1	4	0	0

Codice	0-5	5-10	10-15	15-...
1CBV	2	3	4	0
2CBV	4	1	3	0
3CBV	1	3	2	0
4CBV	3	0	1	0
5CBV	5	4	4	1
6CBV	3	2	3	0
7CBV	2	1	1	3
8CBV	5	2	1	0
9CBV	2	1	2	0
10CBV	7	0	0	0
11CBV	2	1	0	0
12CBV	2	1	1	0
13CBV	2	2	4	0
14CBV	2	2	0	0
15CBV	0	1	0	0
16CBV	2	2	0	0
17CBV	3	2	0	0
18CBV	3	1	2	1
19CBV	1	3	2	0
20CBV	4	1	1	0
21CBV	2	1	3	0
22CBV	2	1	0	0
23CBV	1	1	0	0
24CBV	4	1	3	0
25CBV	2	6	1	0
26CBV	2	0	0	0
27CBV	2	2	0	0
28CBV	1	1	0	0
29CBV	0	1	0	0
30CBV	1	3	0	0
31CBV	5	1	2	0
32CBV	0	3	1	0
33CBV	3	0	2	0

Tabella 9: Dendromicrohabitat suddivisi per sezioni su alberi a terra (a sinistra) e in piedi (a destra)

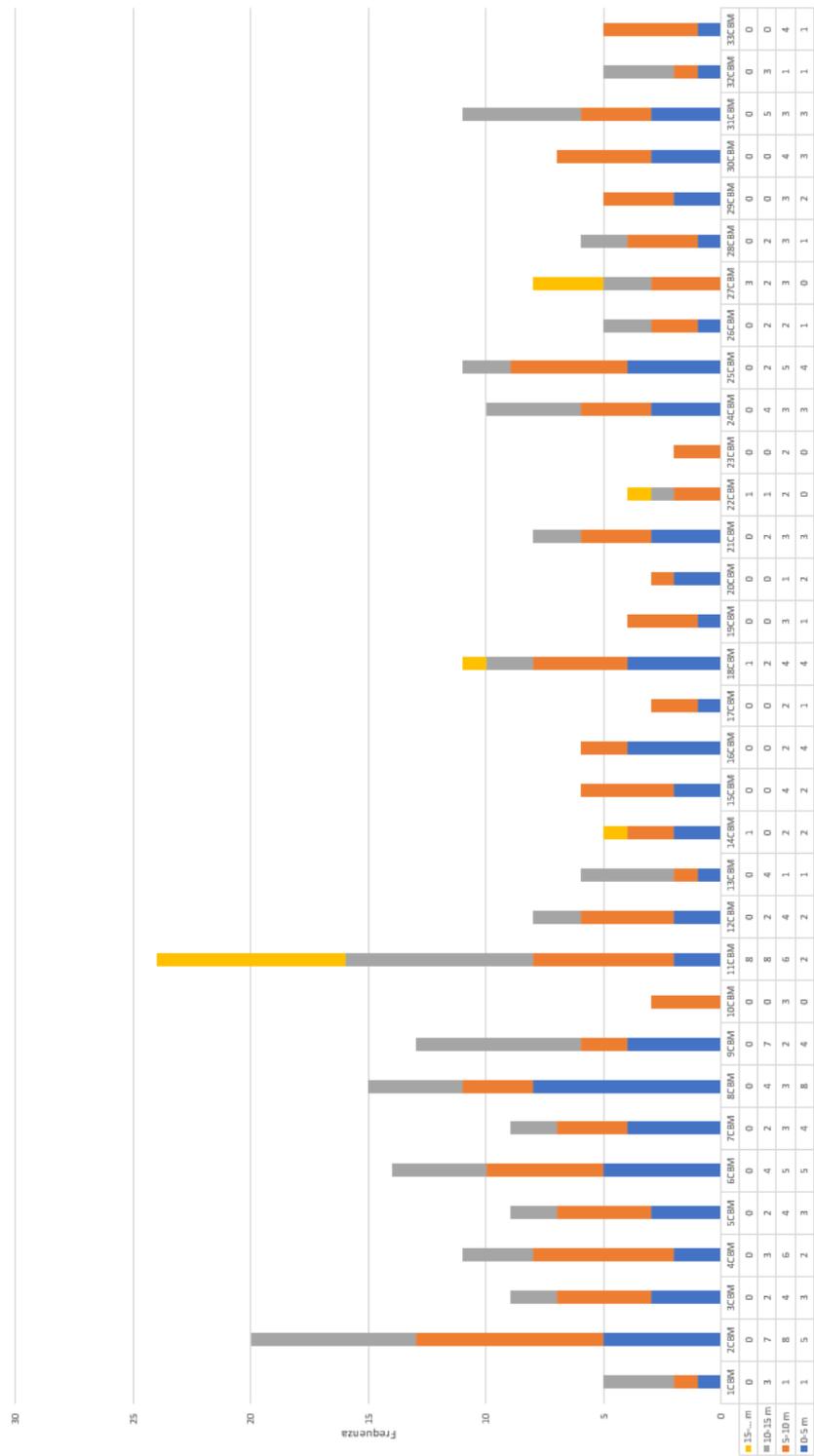


Figura 9a: Dendromicrohabitat delle piante a terra (CBM) suddivisi per sezione della lunghezza del fusto

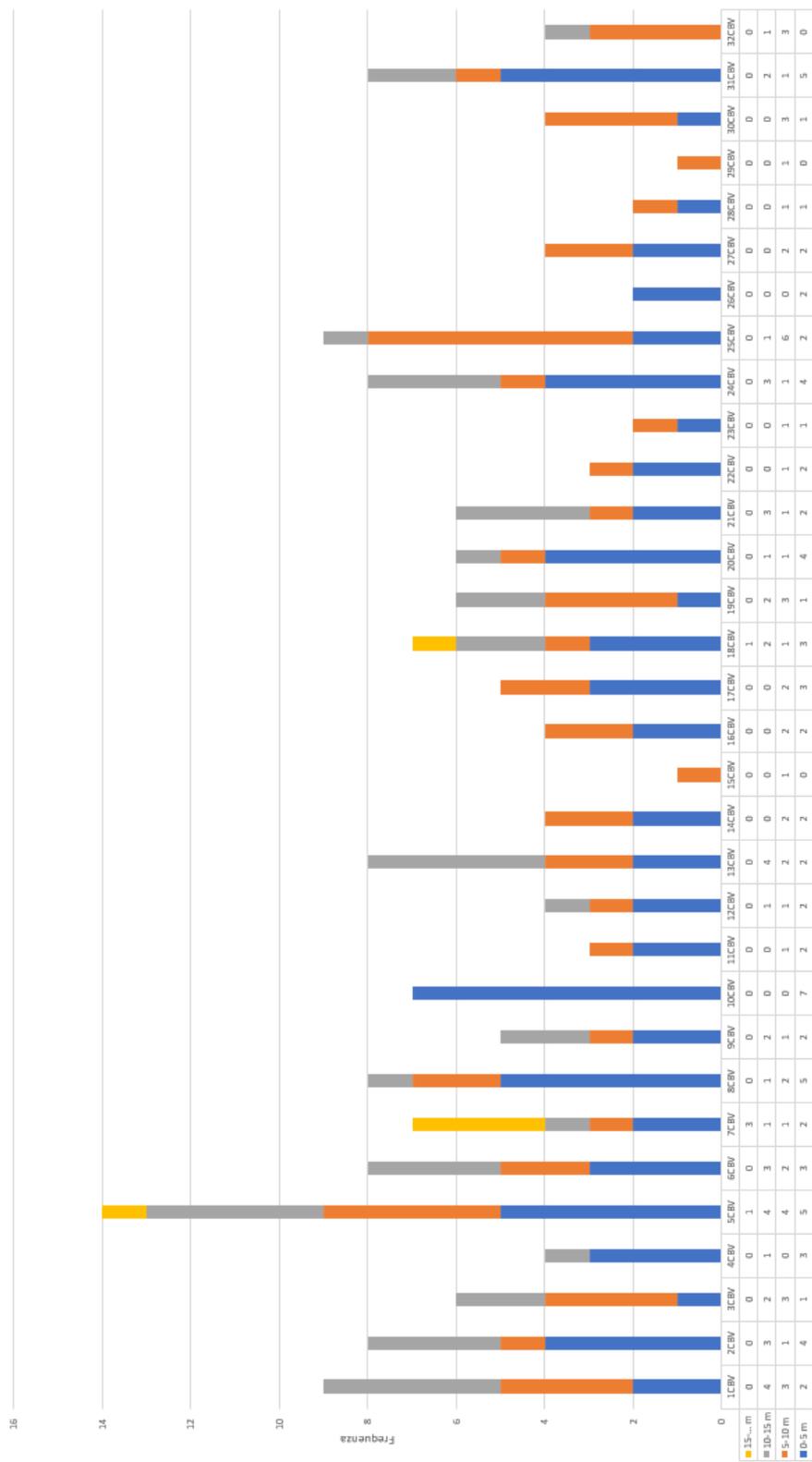


Figura 9b: Dendromicrohabitat delle piante in piedi (CBV) suddivisi per sezione della lunghezza del fusto

Ponendo in relazione l'altezza del popolamento, sull'asse delle ordinate, e la diversità dei microhabitat, sull'asse delle ascisse, intesa come totale delle categorie rilevate, per le piante a terra (CBM) e in piedi (CBV), si analizza il rapporto tra queste due variabili. I risultati sono mostrati nelle Figure 10a e 10b

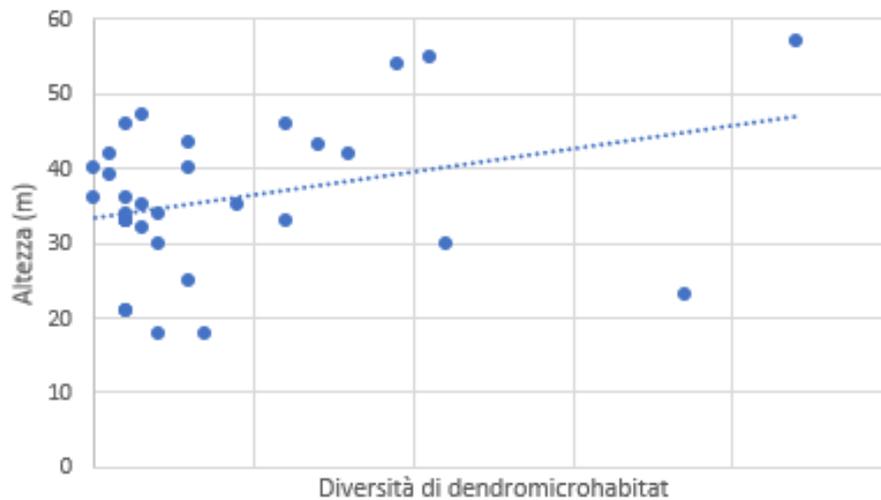


Figura 10a: Rapporto tra la diversità dei microhabitat e l'altezza degli alberi a terra (CBM)

$$R^2 = 0,0428$$

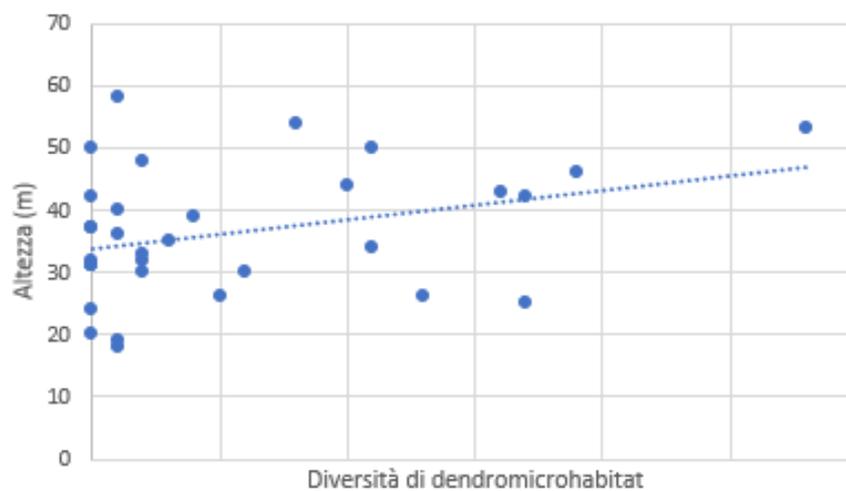


Figura 10b: Rapporto tra la diversità dei microhabitat e l'altezza degli alberi in piedi (CBV)

$$R^2 = 0,107$$

Sulla stessa linea dell'analisi precedente si è deciso di porre al posto delle altezze, sull'asse delle ordinate, i diametri seguendo sempre la divisione per piante a terra (CBM) e in piedi (CBV), come nelle Figure 11a e 11b

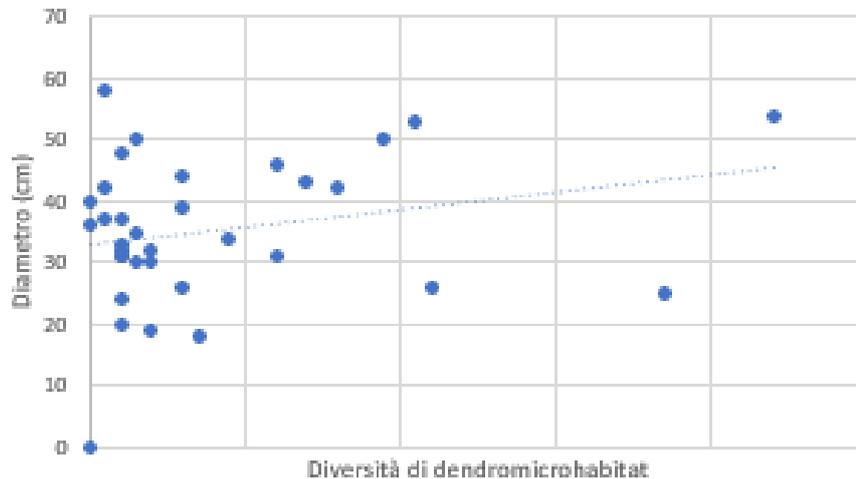


Figura 11a: Rapporto tra la diversità dei microhabitat e il diametro degli alberi a terra (CBM)
 $R^2 = 0,0691$

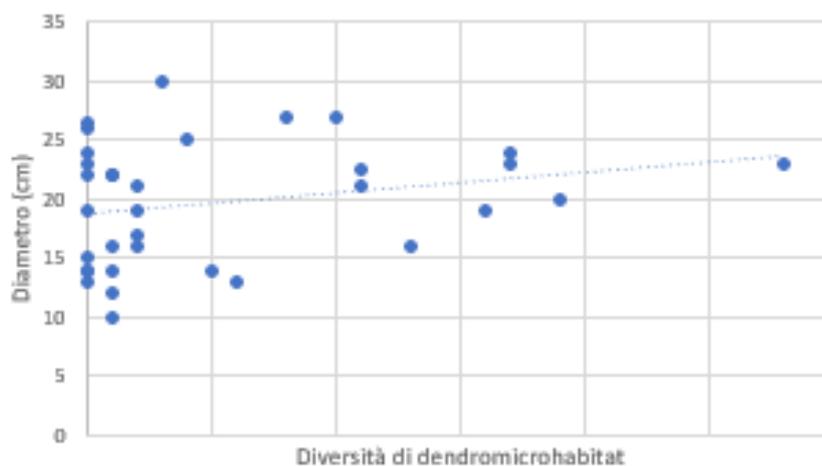


Figura 11b: Rapporto tra la diversità dei microhabitat e il diametro degli alberi in piedi (CBV)
 $R^2 = 0,0586$

Si è deciso di mettere in relazione con il totale dei microhabitat rilevati i due parametri indipendenti di diametro (Figura 12a) e altezza (Figura 12b) del popolamento

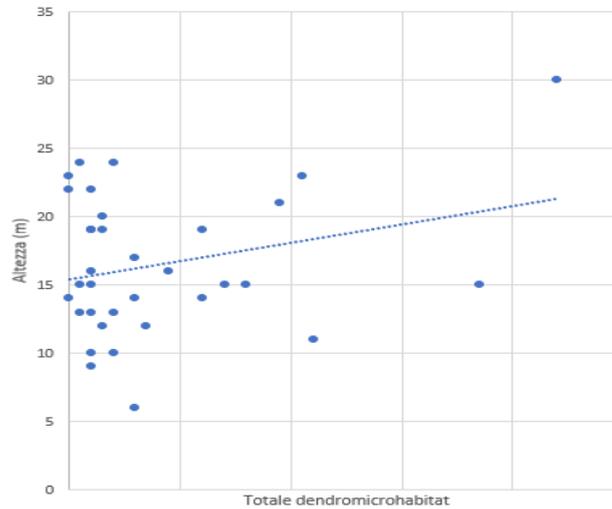


Figura 12a: Rapporto tra il totale dei microhabitat rilevati e le altezze del popolamento

$$R^2 = 0,071$$

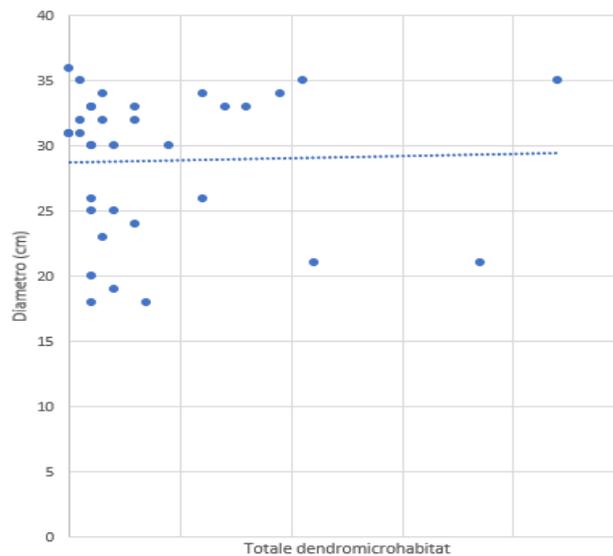


Figura 12b: Rapporto tra il totale dei microhabitat rilevati e i diametri del popolamento

$$R^2 = 0,0009$$

Le cavità principali riscontrate sono quelle formate da picidi, in particolare i fori con un diametro uguale a 4 cm o il cosiddetto flauto. L'unica cavità con rosura che è stata trovata è classificata con codice CV23 tra quelle con il fondo non a contatto con il terreno e con un diametro maggiore o uguale a 10 cm. Invece sono presenti molte cavità dei rami, molto spesso connesse alla presenza di nidi di insetti al loro interno. Tra questi il più frequente è quello contraddistinto da codice CV31, quindi cavità del ramo con diametro maggiore o uguale a 5 cm (Tabella 10).

	CV11	CV15	CV23	CV25	CV31	CV32	CV33	CV41	CV42	CV43	CV44
CBM	7	4	2	2	37	6	22	4	3	12	2
CBV	1	1	1	0	17	5	11	6	1	0	0

Tabella 10: frequenza cavità delle piante a terra (CBM) e delle piante in piedi (CBV)

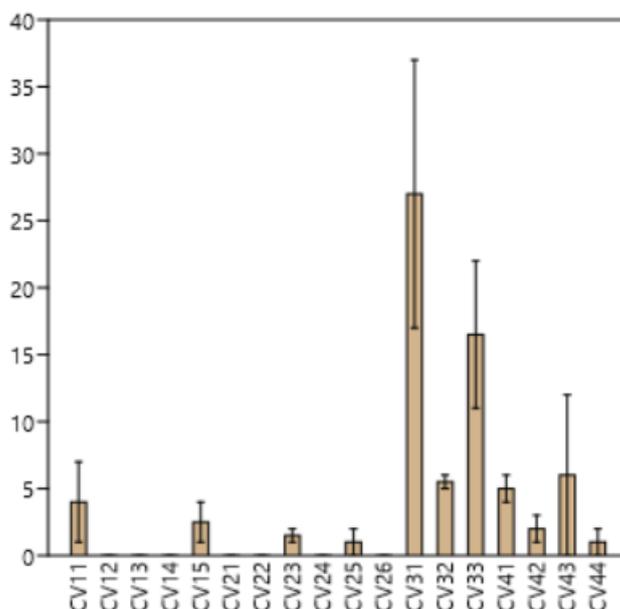


Figura 13: Frequenza presenza cavità per l'intero popolamento

Della categoria dei dendrotelmi i più frequenti sono quelli presenti nella chioma, in particolare nella parte del castello dell'albero. Questi differiscono in due categorie in base al diametro della loro apertura. Viene assegnato il codice CV43 alle cavità con diametro ≥ 5 cm nella chioma, mentre il codice CV44 si riferisce alle cavità con diametro ≥ 15 cm nella chioma (Tabella 11). Questi sono stati riscontrati solo negli individui a terra.

	CV43	CV44
CBM	12	2
CBV	0	0

Tabella 11: Presenza di dendrotelmi su piante a terra (CBM) o in piedi (CBV)

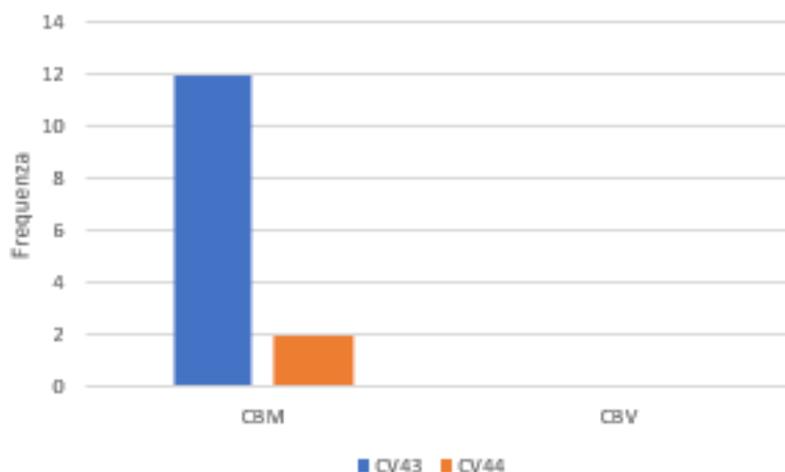


Figura 14: Presenza di dendrotelmi su piante a terra (CBM) o in piedi (CBV)

Nella categoria delle lesioni o le ferite delle piante la categoria più frequente è la rappresentata dal codice IN23, spesso riscontrata nelle piante vive. Alcuni microhabitat non sono stati riscontrati perché implicavano il passaggio di un disturbo che non si è verificato all'interno del parco, come possono essere le lesioni da fulmine o da fuoco.

Una caratteristica particolare invece è la presenza più o meno costante di rami morti, in particolare quelli non esposti al sole con un diametro compreso tra i 10 e i 20 cm (DE13). Questo carattere ha una frequenza relativamente costante sia per le piante a terra che per le piante in piedi. Invece non si è mai trovata una cima secca (DE15), al massimo qualche ramo secco esposto al sole (DE14) come da Tabella 12 sottostante.

	DE11	DE12	DE13	DE14	DE15
tot	10	1	33	1	0

Tabella 12: Frequenza dei rami morti

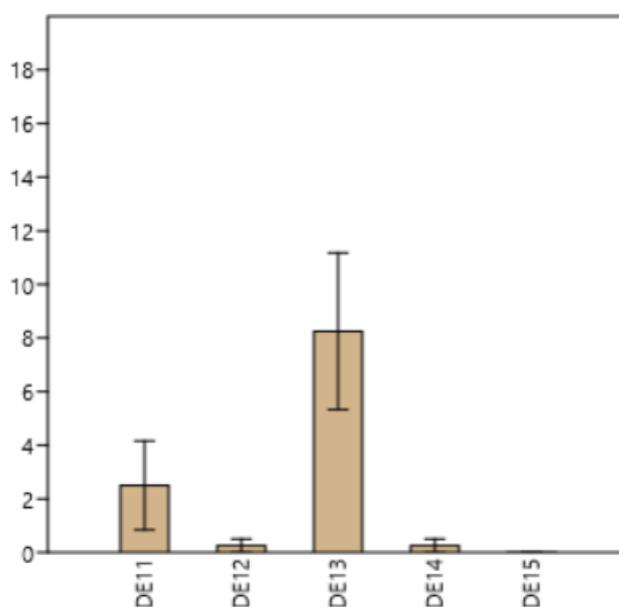


Figura 15: Frequenza di rami morti per l'intero popolamento

L'individuazione delle cavità nei contrafforti radicali invece risulta essere più presente nell'analisi delle piante in piedi. Generalmente la tipologia più frequente è quella con il diametro inferiore, ovvero maggiore o uguale a 5 cm definita con il codice GR11 (Tabella 13)

	GR11	GR12
CBM	14	6
CBV	16	10

Tabella 13: presenza di cavità nei contrafforti su alberi a terra (CBM) o alberi in piedi (CBV)

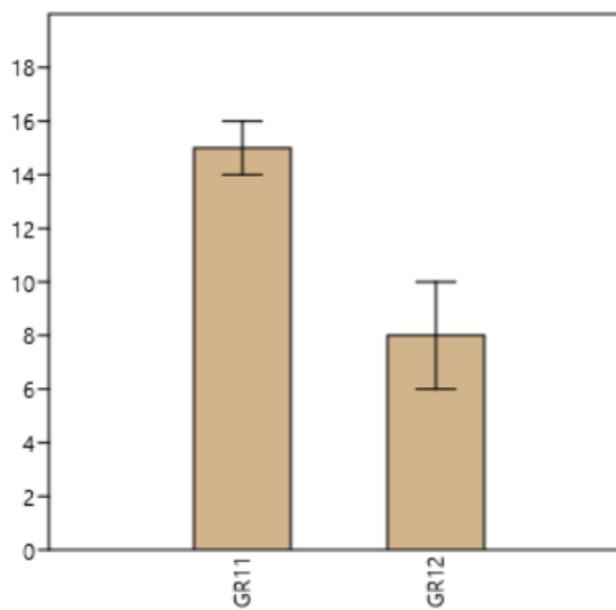


Figura 16: Frequenza di cavità nei contrafforti per l'intero popolamento

Relativamente frequenti sono i riscoppi, rilevati sulle piante in piedi in particolare nella prime due sezioni della pianta, quindi fino ai 10 metri. Completamente assenti sono i cancri e le crescite tumorali.

Per quanto riguarda le epifite la presenza di fanerograme o crittograme epifite è un carattere molto comune, in particolare per le piante a terra è spesso presente una copertura di briofite, indicata con il codice EP31, mentre per le piante in piedi spesso risultano coperte da liane o piante rampicanti, codice di riferimento EP33, in particolare della specie *Hedera helix*. I licheni non sono stati individuati durante la fase di ricerca, mentre stati riscontrati anche dei corpi fruttiferi fungini della classe dei Polyporales annuali e perenni (Tabella 14).

	EP31	EP33	NE21
0-5 m	16	6	17
5-10 m	10	27	15
10-15 m	4	14	14
15-... m	0	2	6

Tabella 14: Relazione presenza epifiti e nidi suddivisa per sezione di fusto

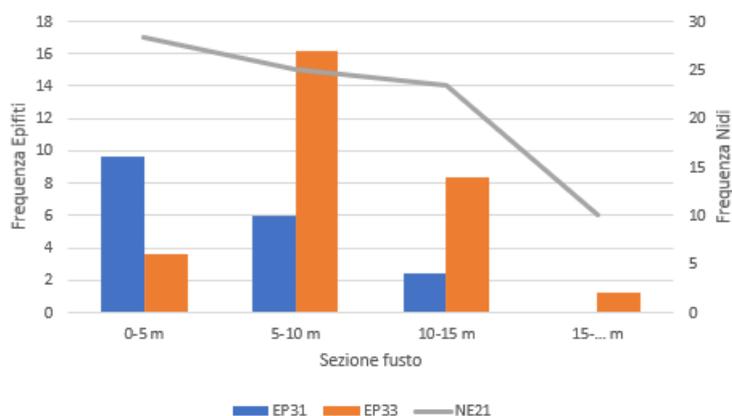


Figura 17: Relazione presenza epifiti e nidi

Gli unici nidi che sono stati individuati appartengono all'attività degli invertebrati, in particolare di insetti saproxilici, riconosciuti con il codice NE21 (Tabella 14). La loro presenza risulta essere nettamente maggiore nelle piante a terra e per tutto il fusto.

Un carattere relativamente raro è riferito al microsuolo, riscontrato sia nella chioma, identificato con codice OT21, che nella corteccia, codice OT22.

7. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La finalità di questo studio propone un'analisi empirica sulla modalità di indagine dei dendromicrohabitat nel quercu-carpineto della Riserva Naturale di Bosco Fontana, il quale è riconosciuto essere uno dei siti rappresentativi delle foreste della Pianura Padana. L'individuazione di microhabitat tramite parametri oggettivi espressi con indicatori alfanumerici permette di ottenere un'importante mole di dati che può essere facilmente elaborata ed interpretata. Innanzitutto, è evidente come questa ricerca eseguita su una popolazione costituita da 33 coppie di *Carpinus betulus* L. non ha portato all'individuazione di tutte le classi di dendromicrohabitat presenti nel *Catalogo dei microhabitat degli alberi*, ma solamente a 34 di esse. Questo può essere attribuito sia a proprietà specie-specifiche, come l'assenza di corteccia grossolana e fessurata non tipica della specie indagata, che a fattori ambientali, come possono essere le lesioni provocate da fulmini o da fuoco e comunque altri fattori dipendenti dal passaggio di un disturbo.

Lo studio tramite comparazione di due individui con caratteristiche dendrometriche similari possibili e situate nella stessa area ha permesso di sottolineare i punti di forza e di debolezza propri di questo metodo di indagine.

Normalmente l'individuazione dei dendromicrohabitat andrebbe effettuato in funzione dei soli alberi in piedi. La maggiore limitazione deriva dal loro sviluppo verticale, ovvero la loro altezza, e quindi dall'impossibilità di raggiungere la parte apicale, se non tramite l'utilizzo di un binocolo, per l'individuazione di microhabitat che spesso vengono nascosti dalla vegetazione o da altri fattori fisici di disturbo. Questo carattere viene evidenziato nella parte di analisi riguardante la relazione tra epifiti e nidi di insetto dove la diminuzione di frequenza di rilevazione del parametro NE21 risulta essere decisamente inferiore nelle piante in piedi rispetto a quelle a terra. Altro esempio eclatante di questa limitazione è evidenziato dalla comparazione della presenza di dentrotelmi nella chioma dove negli alberi in piedi non viene riportata nessuna rilevazione. Sugli alberi in piedi però è possibile analizzare la pianta per tutta la sua circonferenza con la possibilità di cambiare prospettiva per ottenere un'analisi più approfondita della pianta nella sua interezza e valutare al meglio la parte basale della stessa.

Per gli alberi a terra la difficoltà invece è insita proprio nella loro posizione orizzontale che rende spesso impossibile l'individuazione dei microhabitat per tutta la circonferenza. Questa caratteristica viene evidenziata nell'analisi delle cavità nei contrafforti radicali, i quali risultano essere meno frequenti rispetto agli individui ancora in piedi. Al contrario su questi individui è molto più facile individuare dati per tutta la lunghezza della pianta, riuscendo ad andare ad analizzare sezione per sezione il fusto con grande attenzione e scrupolosità. Infatti l'analisi ha mostrato come nella prima sezione l'individuazione dei microhabitat risulti essere relativamente omogenea, mentre già dalla seconda sezione del fusto la differenza tra le due categorie è molto più marcata.

Durante l'analisi di campo è importante prestare attenzione durante l'analisi delle piante a terra in quanto sono il risultato di uno schianto avvenuto per disturbi meteorologici o per fattori indiretti come la caduta di una pianta vicina che cadendo le ha trascinate a terra. Un esempio pratico può essere l'analisi che la presenza di rotture nella chioma risalga al periodo precedente l'evento di schianto a terra o sia stato causato dallo stesso.

Data questa analisi il metodo criticato risulta essere sottostimativo nella individuazione dei dendromicrohabitat in quanto le differenze mostrate dall'elaborazione dei dati mostra una diversità di quantificazione relativamente significativa tra le piante a terra e quelle in piedi. Questa sottostima però può venire compensata dalla consapevolezza che l'utilizzo di tale metodo presenta un margine di errore che va crescendo in relazione all'altezza della pianta e quindi alla sua visibilità.

In conclusione, è comunque doveroso sottolineare l'importanza dei microhabitat all'interno delle foreste per cui si rende necessario puntare ad un cambiamento di atteggiamento nella pratica forestale quotidiana per la loro salvaguardia, attraverso la conservazione di alcune piante di grande diametro, anche in considerazione del fatto che "ecosistemi forestali complessi sono generalmente più produttivi e producono più beni e servizi rispetto a quelli con bassa diversità" (Thompson et al., 2009)

8. BIBLIOGRAFIA

Asbeck T., Grossmann J., Paillet Y., Winiger N., Bauhus J., 2021, The Use of Tree-Related Microhabitat as Forest Biodiversity Indicators and to Guide Integrated Forest Management. *Ecological Function*, Springer

Asbeck T., Pyttel P., Frey J., Bauhus J., 2018, Predicting abundance and diversity of tree-related microhabitats in Central European montane forests from common forest attributes. *Forest Ecology and Management*, Elsevier

Agostini R., 1965, Il Bosco Fontana a Mantova; considerazioni geobotaniche e selvicolturali, *L'Italia Forestale e Montana* 3

Campanaro A., Hardersen S., Minari E., Toni I., Mason F., 2007, Piano di Gestione della Riserva Naturale e Sito Natura 2000 "Bosco della Fontana". Aggiornamento 2014-2020. Cierre Edizioni, Verona, pp. 265

Cappelli M., 1991, Elementi di selvicoltura generale. Governo, trattamento e cure colturali ai boschi, II ed., Edagricole

Cavalli R., Mason F., 2003, Tecniche di ripristino del legno morto per la conservazione delle faune saproxiliche. Il progetto LIFE Natura NAT/IT/99/6245 di "Bosco della Fontana" (Mantova, Italia). Rapporti scientifici 2. Centro Nazionale per lo Studio e la Conservazione della Biodiversità Forestale Verona – Bosco della Fontana, Arcari Editore, Mantova, pp.112

Davies C., Fay N., Mynors C., *Veteran Trees: a guide to risk and responsibility*. English Nature, Northminster House, Peterborough

Emberger C., Gonin P., Larrieu L., 2018, Les bois morts et vieux ou gros arbres en forêt: quel atout pour le forestier? Seminario "La biodiversité en forêt: qu'est-ce que ça rapporte?", St Brisson

Froidevaux J.S.P., Laforge A., Larrieu L., Barbaro L., Park K., Fialas P.C., Jones G., 2022, Tree size, microhabitat diversity and landscape structure determine the value of isolated trees for bats in farmland. *Biological Conservation*, Elsevier

Hardersen S., Zapponi L., 2017, Wood degradation and the role of saproxylic insects for lignoforms, *Applied Soil Ecology*, Elsevier B.V.

Hardersen S., Macagno A.L.M., Chiari S., Audisio P., Gasparini P., Lo Giudice G., Nardi G., Mason F., 2020, Forest management, canopy cover and geographical distance affect saproxylic beetle communities and small-diameter beech deadwood. *Forest Ecology and Management*, Elsevier

Kirby K. J., Watkins C., 2015, Europe's Changing Woods and Forests - From Wildwood to Managed Landscapes. Cabi, pp.351

Kozák D., Mikolas M., Svitok M., Bace R., Paillet Y., Larrieu L., Nagel T.A., Begovic K., Cada V., Diku A., Frankovic M., Janda P., Kameniar O., Keren S., K jucukov P., Labusova J., Langbehn T., Malek J., Mikac S., Morrissey R.C., Novakova M.H., Schurrman J.S., Svobodova K., Synek M., Teodosiu M., Toromani E., Trotsiuk V., Vitkova L., Svoboda M., 2018, Profile of tree-related microhabitats in European primary beech-dominated forests. *Forest Ecology and Management*, Elsevier

Kraus D., Butler R., Krumm F., Lachat T., Laurrieu L., Mergner U., Paillet Y., Rydkvist T., Schuck A., Winter S., 2016, Catalogo dei microhabitat degli alberi – Elenco di riferimento da campo. *Integrate+ Documento Tecnico 13*. Pp.16

Lonsdale D., 2013, Ancient and other veteran trees: further guidance on management. *The Tree Council*, London, pp.212

Mason F., Ferrari G., 2000, *Forest Monitor 1.0 – Monitoraggio della dinamica forestale e del compartimento del legno morto – Manuale d'uso*, Corpo Forestale dello Stato, Ufficio Foreste Demaniali, Verona

Mason F., 2004, *Dinamica di una foresta della Pianura Padana. Bosco della Fontana. Primo contributo 1995. Seconda edizione con Linee di gestione forestale. Rapporti scientifici 1*. Centro Nazionale per lo Studio e la Conservazione della Biodiversità Forestale Verona – Bosco della Fontana, Arcadri Editore, Mantova, pp.224

Vuidot A., Paillet Y., Archaux F., Gosselin F., 2010, Influence of tree characteristics and forest management on tree microhabitats. *Biological Conservation*, Elsevier