



LIFE21-NAT-IT-LIFE GOPROFOR MED 101074738

Improvement of the conservation status of forest habitats in the Mediterranean Biogeographical Region applying restoration and conservation techniques and close to nature management

WWW.LIFEGOPROFORMED.EU



Definizione del grado di disturbo in foreste mediterranee

Inquadramento metodologico e strumenti di monitoraggio

A cura di:

Tommaso Anfodillo e Gaia Pasqualotto

Università degli Studi di Padova, Dipartimento Territorio e Sistemi Agroforestali (TESAF)

Contatti:

tommaso.anfodillo@unipd.it

gaia.pasqualotto@unipd.it

Data:

Novembre 2023

Sommario

1	Predizione del grado di disturbo	3
2	Inquadramento teorico dell'H-model.....	4
3	Materiali e metodi	6
3.1	Raccolta dati in campo	6
3.2	Rilevamento delle aree relascope e dei transetti di rinnovazione	7
3.2.1	Individuazione dei punti di campionamento.....	7
3.2.2	Metodo di campionamento per aree relascope diametriche (piante >2 m di altezza)	8
3.2.3	Metodo di campionamento per transetti di 10 m x 1 m (piante <2 m di altezza)	9
3.3	Rilevamento dei volumi di chioma	11
4	Elaborazione dati e risultati attesi.....	13
4.1	Condivisione dei dati di campo con il gruppo di supporto UniPD-TESAF.....	13
4.2	Risultati giugno 2023	13
4.2.1	<i>Scaling</i> allometrico a livello di individuo.	14
4.2.2	Distribuzione reale delle classi diametriche del popolamento nelle <i>core areas</i>	16
4.2.3	Distribuzione reale delle classi diametriche del popolamento nelle <i>senescence areas</i>	21
5	Schede tecniche per la raccolta dati.....	23

1 Predizione del grado di disturbo

Tutti gli ecosistemi sono soggetti ad eventi più o meno frequenti che ne alterano la struttura e la funzione (definiti in ecologia come “disturbi”). Se la frequenza di rilevanti disturbi è molto bassa (i.e. ogni qualche secolo) le fitocenosi possono evolvere verso comunità molto complesse dal punto di vista somatico-cronologico, con la compresenza sulla medesima superficie di specie/individui di diverse dimensioni. Queste comunità vengono spesso definite foreste vetuste (*old-growth forests*). Il raggiungimento di tale condizione, comunque dinamica, potrebbe essere dovuto al fatto che la comunità nel suo complesso cresce fino a che gli individui che la compongono hanno ancora risorse disponibili da utilizzare. Il fatto che le risorse siano sempre finite (ad esempio le precipitazioni corrispondono ad uno specifico ammontare annuo) dovrebbe determinare che la crescita della comunità è anch’essa limitata e che quindi, ad un certo punto, la comunità satura tutta la disponibilità di risorse cosicché i processi di natalità-fissazione di carbonio equivalgono a quelli di mortalità-degradazione.

Dal punto di vista teorico la cosa interessante è che è possibile predire, utilizzando gli strumenti della meccanica statistica con un sistema semplificato, la distribuzione delle dimensioni degli individui di una comunità in grado di ottimizzare l’uso delle risorse (luce, acqua o altro) analogamente a quanto accade in uno stato di vetustà della foresta.

Il modello proposto (Modello H, Simini et al 2010, Anfodillo et al 2013) rappresenta una applicazione dell’approccio allometrico che consente di quantificare quanto “distante” sia la condizione strutturale **attuale** della foresta da quella di massima funzionalità teorica. E’ uno strumento generale ed universale che si può applicare a tutte le foreste e, quindi, in linea teorica anche alle foreste mediterranee. Una ulteriore semplificazione è che il modello è specie-ascpecifico per cui è importante solo il tasso di consumo delle risorse di un individuo ma non a che specie appartiene.

L’obiettivo del manuale è quello di fornire gli strumenti teorici e pratici per un corretto rilevamento dello stato attuale delle foreste coinvolte nel progetto e per trasferimento dei relativi dati di campo all’unità di ricerca TESAF - Università degli Studi di Padova. Quest’ultima avrà in carico l’elaborazione dati delle 9 stazioni coinvolte nel progetto LIFE:

- Toscana (IT) Site IT5180011- Pascoli montani e cespuglieti del Pratomagno
- Catalunya (ES) Site ES5120001 - Alta Garrotxa-Massís de les Alberes, foresta di Muntanya de les salines, fucimanya i balló
- Catalunya (ES) Site ES5120050 - Litoral del Baix Empordà, foresta di Paratge i pla de castell
- Catalunya (ES) Site ES5140008 - Muntanyes de Prades, foresta di Poblet
- Catalunya (ES) Site ES5140008 - Muntanyes de Prades, foresta di Plans i baridana
- Kentriki Makedonia (GR) Site GR1220009 - Limnes koroneias - volvis, stena rentinas kai evryteri periochi
- Provence-Alpes-Côte d’Azur (FR) Site FR9301585- Massif du Luberon
- Provence-Alpes-Côte d’Azur (FR) Site FR9301570 - Préalpes de Grasse
- Provence-Alpes-Côte d’Azur (FR) Site FR9302007 - Valensole

L’obiettivo finale è determinare il grado di scostamento dal rispettivo potenziale delle foreste nei diversi siti per poter riflettere sulle strategie gestionali con una migliore conoscenza dello stato attuale della struttura.

2 Inquadramento teorico dell'H-model

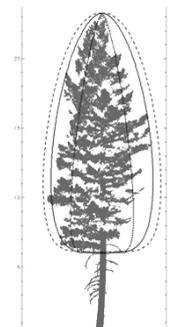
Il modello-H è un modello allometrico, sviluppato presso l'Università degli studi di Padova e basato su principi di meccanica statistica. Il modello-H predice la distribuzione potenziale della frequenza degli individui arborei per classe dimensionale in una foresta al suo massimo stato di utilizzo delle risorse disponibili (Anfodillo et al., 2013; Sellan et al., 2017; Simini et al., 2010). Il rilievo dello strato arboreo in una determinata foresta target in funzione del confronto con il modello-H ci permette di determinare il grado di scostamento tra la situazione attuale e il suo massimo potenziale funzionale. Il modello poggia su quattro assunti fondamentali che vengono brevemente riassunti di seguito, i primi due riguardanti il singolo albero, i secondi due l'intera foresta:

Singolo albero

1.
Il volume di chioma dipende dall'altezza

$$r_{cro} \propto h^H$$

2.
Il tasso metabolico (ovvero quante risorse vengono usate) dell'albero varia insieme al volume di chioma

$$B \propto V_{cro} \propto h^{a(1+2H)}$$


Foresta

3.
La foresta ottimizza le risorse utilizzandole tutte al massimo. Le chiome tendono a riempire tutto lo spazio disponibile. Il metabolismo della foresta è proporzionale al volume riempito.

$$B_{tot} \propto V_{tot} \propto A_{tot} h_c$$

4.
La distribuzione delle dimensioni degli alberi non è una pura legge di potenza, ma è **finita (finite size-scaling)**, cioè ha un limite all'altezza massima. *Il cutoff della curvatura rappresenta l'altezza massima h_c*



In sintesi il processo applicativo del modello ad una foresta è schematizzabile in tre passaggi fondamentali:

- 1. Definire come cambia la forma della chioma in funzione dell'altezza.** L'uso delle risorse a livello individuale (tasso metabolico) è espresso dal volume di chioma. È quindi necessario definire lo sviluppo del volume di chioma per la specie target. Si misura quindi la variazione del

volume di chioma in funzione dell'altezza. In particolare il raggio di chioma r_{cro} è proporzionale all'altezza dell'albero h e varia con quest'ultima secondo un esponente H durante l'ontogenesi.

$$r_{cro} \propto h^H$$

Il tasso metabolico B del singolo individuo scala isometricamente con il volume di chioma V_{cro} ovvero con l'area fogliare totale che è funzione della capacità fotosintetica dell'individuo:

$$B \propto V_{cro} \propto r_{cro}^2 \propto h^{1+2H}$$

L'isometria tra attività metabolica e area fogliare è preservata durante l'ontogenesi, ovvero la proporzionalità si conserva con lo sviluppo in altezza. Si può approssimare che l'uso delle risorse dipende dal volume di chioma, il quale a sua volta viene stimata semplicemente come un cilindro (ma qualsiasi altra forma sarebbe possibile ed i risultati non cambierebbero):

$$V_{cro} \propto I_{cro} \times r_{cro}^2$$

dove I_{cro} è l'altezza della chioma e dipende a sua volta dall'altezza totale dell'individuo (Sellan et al. 2017), e quindi otteniamo le seguenti relazioni:

$$I_{cro} \propto h^a$$

$$B \propto V_{cro} \propto h^{a(1+2H)}$$

Tale variazione esprime il tasso di consumo di risorse per albero. L'esponente $a(1+2H)$ esprime il tasso di variazione tra il volume e l'altezza totale dell'albero ed è anche l'indicatore dell'uso delle risorse a livello individuale per la specie indagata.

È stato dimostrato che il metabolismo di una singola pianta dipende dal volume della singola chioma, quindi il metabolismo dell'intera foresta B_{tot} dipende dall'area fogliare totale della foresta. In condizioni ottimali, si suppone che le foglie siano la quantità massima compatibile con le risorse disponibili e che occupino un volume proporzionale all'area del bosco A_{tot} per il valore della statura in cui vale la rappresentazione della legge di potenza h_c :

$$B_{tot} \propto V_{tot} \propto A_{tot} h_c$$

2. Applicazione dell'H model, ovvero definire la probabilità di distribuzione diametrica della foresta costituita da piante con le proporzioni metaboliche sopra descritte.

Quando si verifica questa condizione in cui l'area fogliare metabolica è la massima compatibile con le risorse presenti è stato dimostrato che la probabilità di distribuzione delle grandezze segue la seguente relazione:

$$P(h) \propto B^{-1} \propto V_{cro}^{-1} \propto h^{-a(1+2H)}$$

In questa relazione è guidata dal parametro relativo all'altezza h , spesso non facile da misurare in modo sistematico in foresta. Pertanto è necessario ricorrere ad una conversione dove si utilizza al posto dell'altezza il diametro alla base (r) come parametro sintetico di riferimento:

$$h \propto r^b$$

e si ottiene che la probabilità di distribuzione dei diametri è definita da:

$$P(r) = P(h) \frac{dh}{dr} \propto r^{-ba(1+2H)} \frac{r^b}{r} \propto r^{-ba(1+2H)+b-1}$$

- 3. Confronto della curva potenziale con quella reale.** Si predispose un inventario dello strato arboreo includendo la rinnovazione mediante aree relascopiche diametriche e si definisce la curva di distribuzione diametrica reale nel sito d'indagine. Individuata la struttura reale, si confronta con quella potenziale definita al punto 2.

3 Materiali e metodi

3.1 Raccolta dati in campo

Squadre e tempi di lavoro. Per il monitoraggio di una tipologia forestale si raccomandano almeno 60 aree di saggio. Ciascuna area di saggio include un rilievo relascopico e un transetto di rilievo per la rinnovazione. Inoltre è necessario un rilievo per identificare i parametri del volume di chioma, misurando circa 80-100 piante da un'altezza di 2 m all'altezza massima rilevabile. Con una squadra di 4 persone è possibile svolgere il lavoro in 7 giorni di lavoro compatibilmente con le condizioni meteorologiche l'accessibilità al sito e alle pendenze.



Strumenti

- Relascopio di Bitterlich, selezione sulla banda n. 1
- Cordella metrica con conversione a diametri
- Cavalletto dendrometrico (80 cm)
- Calibro
- Asta di lunghezza 1 metro

- Corda di lunghezza 10 metri
- Ipsometro (es. TruPulse)
- Scheda con numeri random (per la selezione in loco delle aree di saggio)
- Bussola
- Schede di rilievo
- Carte tecniche forestali

3.2 Rilevamento delle aree relascopiche e dei transetti di rinnovazione

3.2.1 Individuazione dei punti di campionamento

I punti di campionamento dovrebbero essere selezionati in modo da essere rappresentativi della condizione media della foresta che si vuole valutare. Se vi è stata una gestione forestale pregressa differenziale sulle superfici che sono soggette a monitoraggio sarebbe opportuno suddividere i campionamenti per queste aree come a considerarle due foreste diverse. Ad esempio, se abbiamo una lecceta (*Q.ilex*) ad alto fusto in transizione da ceduo insieme a una lecceta naturaliforme, si suggerisce di trattare queste due aree come appartenenti a due foreste diverse. Sarà così possibile individuare il grado di disturbo dell'una e dell'altra formazione e indirizzare la gestione in modo specifico per ciascuna di esse.

Spesso le foreste mediterranee sono realtà in cui sono presenti numerosi disturbi quali il fuoco o pascolo brado di animali domestici selvatici come il cinghiale (*Sus scrofa meridionalis*) e il muflone (*Ovis aries musimon*) che troviamo nell'isola di Sardegna. In conseguenza di ciò la copertura forestale può rivelarsi spesso rada o discontinua (a *patch*). In situazioni di *patch*, è possibile collocare i rilevamenti del soprassuolo forestale laddove quest'ultimo è continuo. In questo caso la valutazione del grado di disturbo della foresta sarà da riferirsi alle *patch* forestate. Se invece andremo a selezionare tutta la foresta comprese le *patch* pascolate o percorse dal fuoco (quindi attualmente a prato o arbusti), avremo una descrizione rappresentativa dell'intero sistema inclusi i disturbi sopra elencati. A questo punto sarà da valutare se riconsiderare l'area come silvo-pastorale nel caso del pascolo.

Le aree di rilevamento dovrebbero essere circa 60 per tipologia di foresta. La loro individuazione è auspicabile che sia randomizzata. La randomizzazione può essere fatta:

- con una selezione di punti GPS da remoto ricadenti nell'area di selezione oppure *in loco*. Nel primo caso saranno necessari aggiustamenti sul campo per evitare zone inaccessibili oppure impostare una selezione esclusiva basata sul DTM;
- con una semplice scheda numerica di campo che presenta numeri casuali per collocare le aree di campionamento. A questo scopo sono state generate tre serie di numeri: una da 1 a 150, le altre due da 1 a 360. La prima rappresenta il numero di passi per raggiungere il centro di ogni area di saggio. In tal caso il punto di partenza è sempre il centro dell'area di saggio precedente. La seconda serie da l'indicazione dei gradi relativi al nord magnetico. La terza serie determina la direzione sempre in gradi rispetto al nord magnetico verso la quale eseguire il rilevamento del transetto per la rinnovazione. La scheda relativa viene fornita in appendice a questo manuale come **scheda A**.

3.2.2 Metodo di campionamento per aree relascopiche diametriche (piante >2 m di altezza)

Individuato casualmente il punto centrale dell'area di rilievo, mediante relascopio di Bitterlich si effettua un'area relascopica diametrica virtuale. Il relascopio di Bitterlich è provvisto di tre fondamentali bande di numerazione corrispondenti a $\Phi = 1$, $\Phi = 2$ e $\Phi = 3$. Per tali rilievi si utilizzerà la banda dell'1, posta all'estrema sinistra dello strumento (Figura 2).



Figura 2. Foto del mirino interno del relascopio di Bitterlich. Banda n.1 a sinistra.

La scelta del fattore di numerazione porta a stabilire la dimensione delle aree di saggio virtuali. L'adozione di $\Phi = 1$ comporta aree tendenzialmente grandi ed un risultato sperabilmente preciso. Per determinare se una pianta è inclusa in un'area virtuale, si visualizza la sezione del fusto a 1.30 m da terra (DBH):

- $DBH > \Phi 1$. La sezione a 1.30 è più larga rispetto alla banda dell'1, la pianta è considerata appartenente all'area virtuale e se ne misurerà il diametro alla base del fusto e ad 1.30 m mediante cordella metrica per la circonferenza o cavalletto dendrometrico per il diametro. Alla misura viene attribuito un valore intero di 1.
- $DBH < \Phi 1$. La sezione a 1.30 è più stretta rispetto alla banda dell'1, la pianta non risulta inclusa nell'area di saggio.
- $DBH = \Phi 1$. Qualora la sezione del fusto sia di larghezza pari a quella della banda dell'1, l'albero viene considerato come "limite" e pertanto si procede con la misurazione dei due diametri ortogonali e con l'attribuzione di un valore pari a 0.5.

Nel caso in cui la visuale sia occultata da altre piante più vicine è possibile effettuare piccoli spostamenti oppure attuare una strategia alternativa in collaborazione con il collega addetto alla misurazione dei diametri. Nello specifico la misura del fusto non visibile con relascopio dal centro dell'area di saggio può essere presa con il cavalletto dendrometrico per poi mostrare l'ampiezza di quest'ultimo al relascopista al di fuori dell'ostacolo che preclude la visione dell'albero. Si raccomanda tuttavia di aver cura di non arretrare nel retrocedere la posizione del cavalletto rispetto al fusto reale per evitare di creare errori per esempio facendo ricadere la pianta al limite dell'area di saggio.

Diversamente dai rilievi per scopi dendrometrici e di produzione forestale, è necessario riportare i diametri in classi di ampiezza 1 cm per consentire maggiore precisione di stima dell'esponente della curva diametrica.

Nella progressione delle misurazioni a 360° rispetto al punto in cui si colloca il relascopista, si raccomanda di segnare sempre con gesso o marcatore forestale tutte le piante conteggiate e a cui è stato attribuito un valore (1 o 0.5) e un diametro, in modo da non incorrere in doppie misurazioni.

Successivamente, verranno calcolati l'area basimetrica (g_i) per ciascuna classe diametrica ed il rapporto tra il valore appartenente alla banda 1 del relascopio di Bitterlich ($\Phi = 1$) e g_i , per ottenere il numero di piante all'ettaro.

3.2.3 Metodo di campionamento per transetti di 10 m x 1 m (piante <2 m di altezza)

A parte casi particolari di piante molto piccole appartenenti alla rinnovazione che si trovino molto vicine all'obiettivo, il relascopio tende ad escludere tutte le piante di piccole dimensioni. Per tale motivo si esegue un rilevamento della rinnovazione e delle piante al di sotto di un'altezza di 2 m.

Preso come riferimento il centro di ogni area di saggio, con il metodo casuale ed una bussola, si sceglie la direzione (in gradi N) verso la quale creare il transetto di 10 m di lunghezza per 1 m di larghezza per la misurazione della rinnovazione (Figura 3). Il numero del transetto di rinnovazione da riportare sulla scheda di rilievo è lo stesso dell'area relascopica nella quale si colloca, preceduto dalla lettera R. Esempio: area relascopica "61", transetto di rinnovazione "R61".

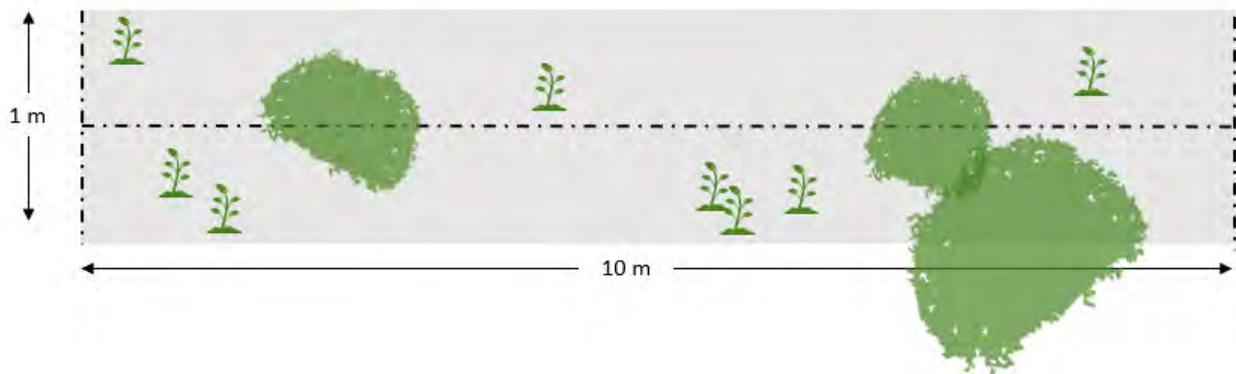


Figura 3. Esempio di transetto per la rinnovazione.

All'interno della striscia definita dal transetto si rilevano tutte le piante in maniera sistematica in esso ricadenti. È possibile semplificare i seguenti casi:

- 1- Nel caso in cui abbiamo piante monocauli (singolo fusto) di altezza < 2 m si misura il diametro alla base mediante calibro e se ne riporta la specie (segnalando il nome scientifico).
- 2- Nel caso in cui tali piante siano rappresentate da rinnovazione estremamente giovane con diametri ≤ 1 cm basterà riportare semplicemente il numero complessivo degli individui.
- 3- Nel caso in cui le piante ricadenti all'interno del transetto siano individui dal portamento arbustivo a cuscino (ovvero non è possibile identificare un fusto principale di cui rilevare il diametro alla base) si misureranno i seguenti parametri per poi verificare il volume di chioma e riportarlo al modello:

- Altezza totale della pianta
- Lunghezza del ramo più lungo
- Lunghezza del ramo posizionato a 180° rispetto al più lungo

In tal caso si richiede anche all'operatore di stimare visivamente (e riportare in scheda di campo), oltre alla specie, anche la percentuale di chioma ricadente nel transetto (es. 50%, si riporta il valore 0.5). Se la chioma dell'arbusto ricade completamente nel transetto non sarà necessario aggiungere alcuna specifica.

Infatti, le foreste mediterranee possono presentare zone con abbondante presenza di arbusti di varie specie spesso appartenenti alla macchia mediterranea (Figura 4). In questi casi quasi sempre l'altezza del primo ramo vivo corrisponde al suolo e talvolta potrebbe non essere possibile rilevare il diametro alla base del fusto sia perché non identificabile come fusto primario, sia perché irraggiungibile per la misura a causa di eccessiva spinosità (es. *Juniperus*).

In tal caso, nella sezione di tabella dedicata al diametro alla base va contrassegnata la casella con "n.r." (non rilevabile). Nel caso in cui l'area totale di chioma dall'arbusto ricada parzialmente fuori dall'area del transetto (vedi Figura 3), è possibile riportare solo l'area di base totale della proiezione di chioma dell'arbusto in maniera semplificata (approssimare alla forma geometrica più simile) e la sua altezza (Figura 5).



Figura 4. Esempi di rilievi in campo. A sinistra un arbusto (*Rosmarinus officinalis*) ricade parzialmente nel transetto delimitato dall'asta del cavalletto dendrometrico.

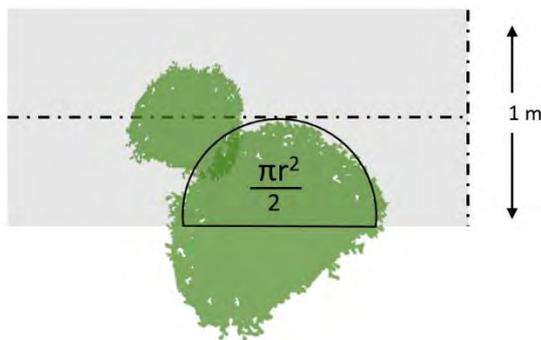


Figura 5. Esempio di un arbusto parzialmente ricadente all'interno del transetto di rinnovazione. In questo caso si approssima l'area all'area di un semicerchio come indicato dall'equazione.

Nel caso in cui le piantine abbiano un diametro <1 cm sarà sufficiente conteggiare il numero totale di individui con queste caratteristiche ricadenti dell'area di transetto, tralasciando il rilievo di tutti gli altri parametri sopra descritti.

3.3 Rilevamento dei volumi di chioma

È necessario campionare circa 80-100 alberi in tutto l'intervallo dimensionale con almeno cinque repliche per ciascuna classe di altezza. Le classi di altezza possono essere suddivise di 2 m in 2 m come illustrato in Tabella 1 e nella scheda B per il rilievo delle altezze. È auspicabile che tali individui siano distribuiti in modo omogeneo all'interno dell'area totale di rilievo e non confinati solo in prossimità di poche aree relascopeiche.

È possibile che il popolamento sia costituito da più specie diverse (es. *Castanea* e *Fagus*). In tal caso il rilievo dei volumi di chioma può includere individui dell'una e dell'altra specie se entrambe presenti. È probabile che individui di una specie siano maggiormente presenti in classi di altezza più piccole e che individui della specie 2 siano maggiormente presenti con altezze maggiori. Il rilievo sarà descrittivo dei volumi di chioma del popolamento, ovvero dell'utilizzo dello spazio da parte delle specie che lo compongono. Non è necessario fare delle schede separate specie specifiche ma semplicemente indicare la specie nell'apposita colonna della Scheda B.

Tabella 1. Scheda per il rilievo delle altezze

range h	H (m)	DBH (cm)	DB (cm)	H 1°ramo vivo	R1 (m)	R2 (m)	R1 @ $\frac{1}{2}I_{cro}$	R2 @ $\frac{1}{2}I_{cro}$
0-2mt	1.2		5	0	1.3	0.25		
	0.9		4	0	0.45	0.15		
	1.9		6	1.1	0.4	0.55		
	1.8		5	1.1	1.4	0.8		
	1.3		3	0.8	0.7	0.3		
	1.9		5	1.6	1.1	1.2		
	1.5	3	4	0.6	0.4	0.3		
	1.6	3	4	0.7	0.4	0.2		
2-4mt	2.2		6	1.4	1.3	1.1		
	3.6	5	9	2.1	0.8	0.5		
	3.6	6	9	1.7	1.1	0.6		
	3.7	4	4	1.5	0.9	0.7		

Il rilevamento viene eseguito con due operatori mediante sensore laser (Trupulse) per le misure di altezza totale dell'albero, altezza del primo ramo vivo da terra, raggi di chioma, mentre i diametri sono rilevati alternativamente con cavalletto dendrometrico o cordella diametrica ad un'altezza di 1.30 m e alla base, evitando la presenza di contrafforti.

La lunghezza di chioma I_{cro} è derivata per differenza tra l'altezza totale e l'altezza del primo ramo vivo da terra. Il raggio di chioma deriverà dalla media dei raggi di chioma rilevati in modo tale da definire l'area di base del cilindro in cui è contenuta il volume di area fogliare totale dell'albero.

I raggi di chioma è importante che vengano rilevati i due raggi più lunghi presenti alla base orientati a 180° l'uno rispetto all'altro. Nel caso in cui le chiome siano fortemente asimmetriche da un l'atro e dall'altro rispetto al fusto principale o nel senso verticale, suggeriamo di rilevare anche i due raggi a metà della lunghezza della chioma.

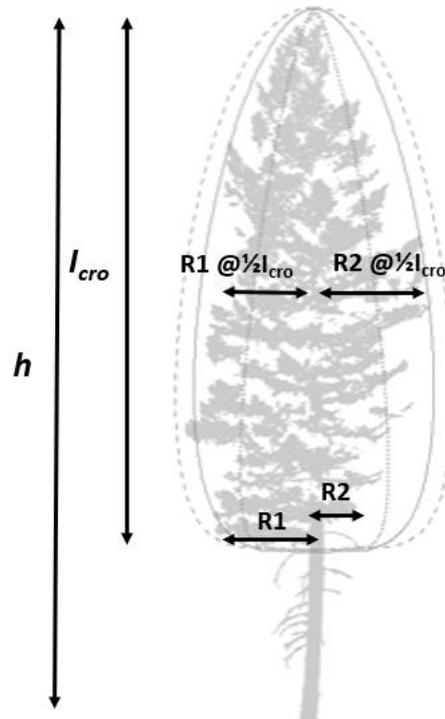


Figura 1. Figura esplicativa delle misure necessarie per valutare il volume di chioma in un caso di chioma parzialmente asimmetrica con il rilievo di due raggi di chioma opposti relativi a rami vivi alla base e di due raggi di chioma a metà della lunghezza della stessa.

4 Elaborazione dati e risultati attesi

4.1 Condivisione dei dati di campo con il gruppo di supporto UniPD-TESAF

Per ogni sito coinvolto nella raccolta dati (Tabella 2) sarà individuato un referente incaricato della trasmissione dei dati raccolti in campo per via telematica. I dettagli verranno discussi durante un apposito incontro di coordinamento.

I dati verranno raccolti dal gruppo di ricerca dell'Università degli Studi di Padova che eseguirà le elaborazioni.

Per informazioni e chiarimenti, oltre al personale DREAM, contattare Gaia Pasqualotto all'indirizzo: gaia.pasqualotto@unipd.it.

Tabella 2. Identificazione siti di rilievo appartenenti al progetto

Nome completo del sito	ID
Toscana (IT) Site IT5180011- Pascoli montani e cespuglieti del Pratomagno	IT5180011
Catalunya (ES) Site ES5120001 - Alta Garrotxa-Massís de les Alberes, foresta di Muntanya de les salines, fucimanya i balló	ES5120001
Catalunya (ES) Site ES5120050 - Litoral del Baix Empordà, foresta di Paratge i pla de castell	ES5120050
Catalunya (ES) Site ES5140008 - Muntanyes de Prades, foresta di Plans i baridana	ES5140008
Catalunya (ES) Site ES5140008 - Muntanyes de Prades, foresta di Poblet	ES5140008
Provence-Alpes-Côte d'Azur (FR) Site FR9301585- Massif du Luberon	FR9301585
Kentriki Makedonia (GR) Site GR1220009 - Limnes koroneias - volvis, stena rentinas kai evryteri periochi	GR1220009
Provence-Alpes-Côte d'Azur (FR) Site FR9301570 - Préalpes de Grasse	FR9301570
Provence-Alpes-Côte d'Azur (FR) Site FR9302007 - Valensole	FR9302007

4.2 Risultati giugno 2023

Un esempio viene illustrato in seguito per il caso studio della foresta demaniale di Montes (NU, Sardegna, Italia). L'attività di rilievo forestale si è svolta dal 6 al 16 giugno 2023 con il supporto del personale Fo.Re.STAS.

Le aree di rilievo sono state effettuate sulle superfici appartenenti alla categoria forestale "Boschi di Leccio" individuata nella Carta delle Categorie Forestali allegata al piano forestale del Supramonte (Regione Sardegna, 2014) o altrimenti definite come *core areas*. In particolare sono stati effettuate aree relascopiche e transetti per rilevare la rinnovazione sulle seguenti particelle: 134-133-135-136-11-97-95-96-18-19-20-7. Le *core areas* sono caratterizzate da una struttura multi stratificata, con un'ampia variabilità in età e dimensioni degli esemplari di leccio (Figura 6a e 6b)

Inoltre, una parte del rilevamento si è concentrata sul monitoraggio dello stato di aree di foresta in transizione definite isole di senescenza. In queste ultime la struttura è prevalentemente monoplana, con un ridotto numero di stadi successionali che si riflette sul ridotto numero di classi dimensionali (Figura 6c).



Figura 6. Da sinistra a destra: Figure a e b lembi di *core areas* mostrano strutture multistratificate con segni di vetustà quali legno morto a terra e in piedi, piant di grandi dimensioni. Figura c, a destra mostra un tipico tratto di area di senescenza, monoplano con ridotta variabilità nelle età e nelle dimensioni.

Obiettivo è costituito dall' applicazione dell'approccio allometrico per la stima del grado di disturbo mediante rilevamenti strutturali in queste due tipologie di foresta sopra descritte collocate nel sito "Sardegna (IT) Site ITB022212 - Supramonte di Oliena, Orgosolo e Urzulei - Su Sercone".

In totale sono state eseguite 50 aree relascopiche nelle *core areas* e 20 nelle isole di senescenza. Per ciascuna di esse sono stati rilevati dei transetti di rinnovazione. Tuttavia molti di questi sono stati classificati come non rilevanti poiché la rinnovazione, non solo di leccio, ma anche di altre specie è stata completamente assente. Solo 20 sono stati i transetti che hanno potuto contare una presenza effettiva di rinnovazione arborea e/o arbustiva. In totale il rilievo ha richiesto 8 giornate di lavoro con due squadre in numero variabile da 3 a 4 persone a seconda della disponibilità del personale.

4.2.1 *Scaling* allometrico a livello di individuo.

Lo *scaling* dei volumi di chioma e delle altezze sono stati misurati per un numero totale di 111 piante in tutta la porzione di foresta classificata come bosco di leccio. Le classi di altezza rilevate coprono un intervallo di classi dimensionali compreso tra 0 e 27 metri.

In Figura 7 è illustrata la variazione del volume con l'altezza, mentre in tabella 3 sono riassunti i parametri statistici della relazione attraverso l'analisi con modello lineare descritto $\ln(\log(V_{cro}) \sim \log(h))$. Da questa relazione si evince che l'esponente $a(1+2H) = 3.00$.

Si determina quindi la variazione dell'altezza con il raggio di chioma (Figura 8) in modo da estrapolare i parametri necessari all'applicazione dell'H-model al popolamento per il successivo confronto con lo stato reale al momento attuale. Il Tabella 4 sono riassunti i parametri statistici di tale relazione, dalla quale si evince che l'esponente b della relazione $h \propto r^b$ è uguale a 0.7. Pertanto si ottiene che la probabilità di distribuzione dei diametri è definita da:

$$P(r) = P(h) \frac{dh}{dr} \propto r^{-ba(1+2H)+b-1} \propto r^{-0.7 \cdot 0.3 + 0.7 - 1} = -2.4$$

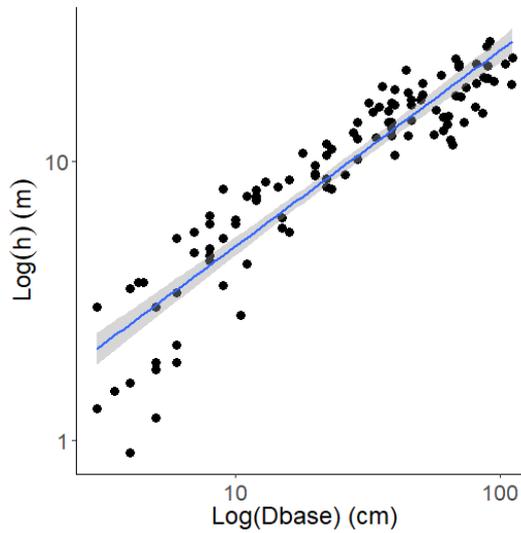
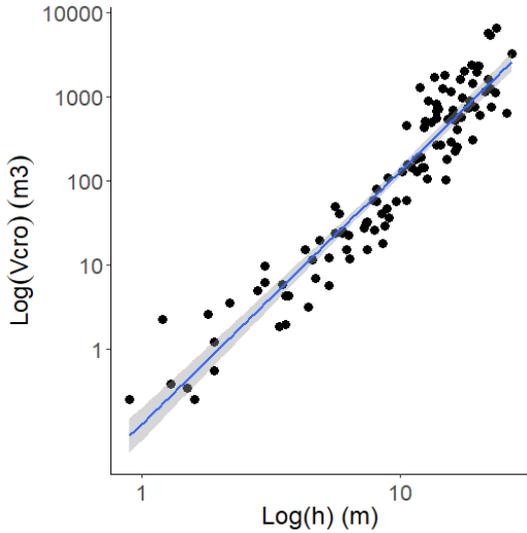


Figura 7. *Scaling* del volume di chioma in funzione dell'altezza.

Figura 8. *Scaling* dell'altezza in funzione del diametro.

Tabella 3. Dettaglio della regressione lineare $lm(\log(V) \sim \log(h))$, con R^2 , errore standard e limiti di confidenza superiore ed inferiore dei parametri V e h.

Linear model	intercept	exponent	R2 mrsq	sqrt
$lm(\log(Vcro) \sim \log(h))$	-2.042	3.003	0.8977	0.7843992
s.e.	0.22822	0.09754		
LL CI 95%	-2.494369	2.809804		
UL CI 95%	-1.589644	3.196477		

Tabella 4. Dettaglio della regressione lineare $lm(\log(h) \sim \log(D))$, con R^2 , errore standard e limiti di confidenza superiore ed inferiore dei parametri V e h.

Linear model	intercept	exponent	R2 mrsq	sqrt
$lm(\log(h) \sim \log(D))$	-0.01614	0.70375	0.852	0.2976606
s.e.	0.09367	0.02822		
LL CI 95%	-0.2018145	0.6478156		
UL CI 95%	0.1695425	0.7596863		

4.2.2 Distribuzione reale delle classi diametriche del popolamento nelle *core areas*

Nelle *core areas* sono stati misurati diametri considerevoli, fino a 220 cm e con tutta probabilità esistono all'interno dell'intera foresta, individui con diametri ancora maggiori. Tuttavia queste grandi dimensioni sono presenti solo con una frequenza minima, contando per esempio 0.005 pte/ha per la classe 220 cm. Le classi di 1 cm ci hanno permesso di includere nella distribuzione di frequenza anche tutta la rinnovazione di dimensioni molto ridotte rilevata con i transetti. In particolare le piantine ricadenti nella classe 1 cm ammontano a 12 229 pte/ha. E pur tuttavia essendo estremamente numerosi gli individui in questa classe di 1 cm, nelle classi diametriche successive si nota un drammatico calo della numerosità degli individui che scendono subito a 12 pte/ha per la classe del 3, e a 7 pte/ha per la classe del 4.

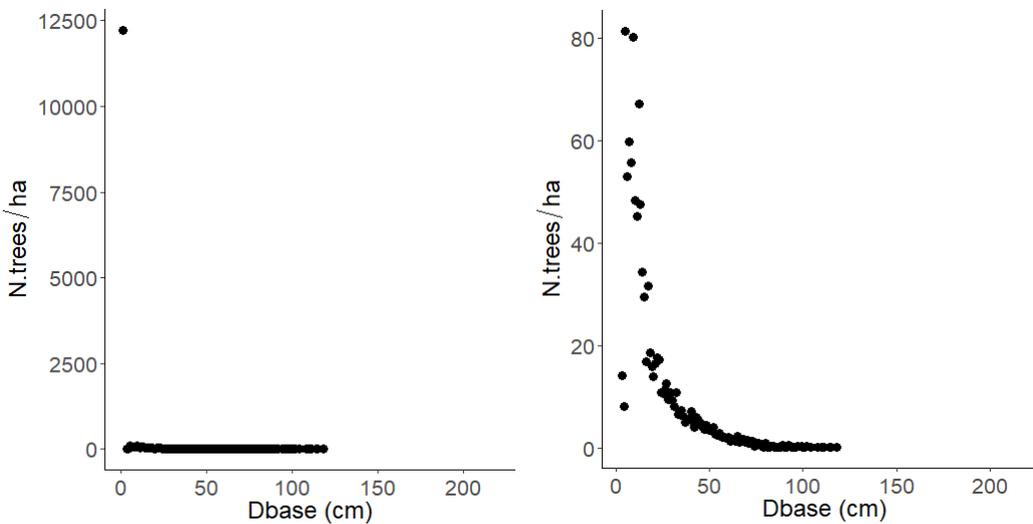


Figura 9. Frequenza del numero di piante a ettaro per classi diametriche. A sinistra: inclusa la rinnovazione con piante di diametro < 1 cm; a destra: esclusa la rinnovazione (solo piante con diametro alla base > 1 cm).

Comparando il numero di piante ad ettaro rilevate per classe diametrica dello stato reale e la previsione dell'H-model (Figura 10) è possibile notare due differenti trend. I) mantenendo per riferimento che il numero di piantine della classe 1 cm è vicino al potenziale, le successive classi diametriche allo stato attuale presentano un numero decisamente inferiore a quello predetto dalla curva di modello. In altre parole, le coorti piccole sono scarsamente presenti in questo sistema forestale. Ne consegue che l'energia non utilizzata da queste ultime deve essere redistribuita in altre classi diametriche. In questo senso possiamo notare quindi che II) le coorti grandi sono presenti in soprannumero rispetto alla previsione. Abbiamo quindi uno sbilanciamento di popolamento dove le piante grandi e vecchie utilizzano le risorse che sarebbero destinate alle corti più piccole e giovani che non riescono ad affermarsi e a transitare negli stadi adulti.

Come notiamo dalla Figura 10 e come definito in principio dall'H model, la distribuzione delle dimensioni degli alberi non è una pura legge di potenza, ma è finita (finite size-scaling), cioè ha un limite all'altezza massima. Il *cutoff* della curvatura rappresenta l'altezza massima *hc*. In questo caso possiamo notare che la curvatura nei diametri maggiori nella distribuzione del rilievo reale, corrisponde al diametro 73 cm per il quale otteniamo la massima rappresentatività dell'interpolazione a funzione potenza. Tale valore corrisponde ad un'altezza di 20 m, ovvero l'altezza massima che è sostenibile per

questo popolamento. Ne ricaviamo quindi un grafico semplificato dove la comparazione tra le curve di potenza è migliore (Figura 11). Anche qui notiamo come lo stato attuale presenti un soprannumero di piante di grandi dimensioni e una persistente carenza di piante giovani.

Ipotizziamo che penuria di individui nelle classi diametriche piccole (<10 cm) sia dovuta all'intensa pressione del pascolo che tende a rimuovere sia il seme (ghiande) impedendone la germinazione soprattutto ad opera di suini allo stato selvatico, sia le piante giovani privandole dell'apparato fotosintetico (ad opera di ovini e caprini). Tuttavia, rispetto alla mancanza di piantine giovanissime appena germinate (1 anno di vita) sembra essere più preoccupante l'asporto di piante con diametri compresi tra 1 e 10 cm la cui scomparsa sembra riconducibile al pascolo ovino/caprino/bovino.

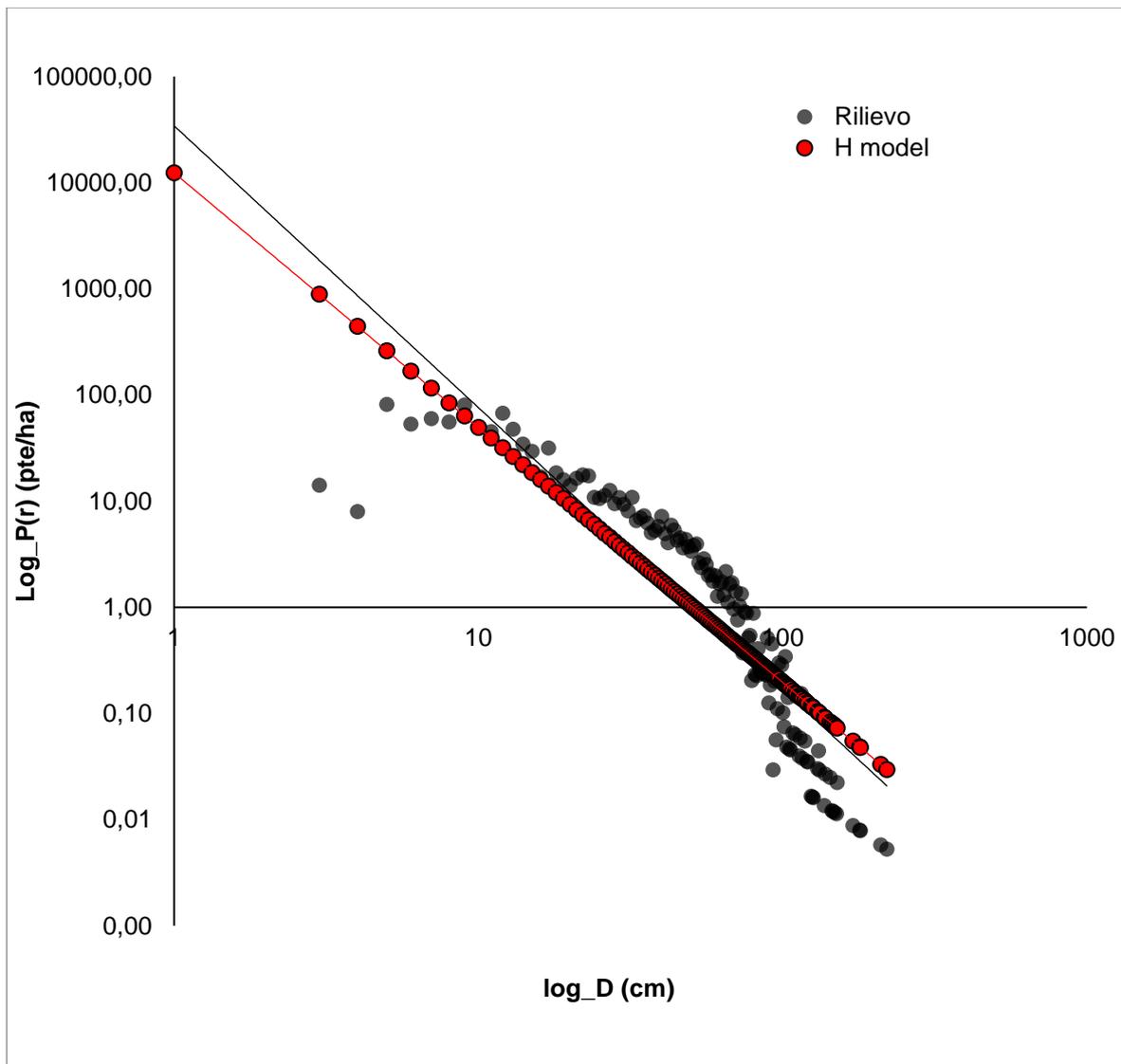


Figura 10. Frequenza del numero di piante a ettaro per classi diametriche nello stato reale ($y=34381x^{-2.6}$) e nello stato potenziale come stimato dal H-model ($y=12389x^{-2.4}$) nelle *core areas*. Visualizzazione in scala logaritmica.

Dalla curva dell'H model ci possiamo rendere conto di quale sia la distanza dello stato attuale dal massimo potenziale della struttura della foresta di Montes nelle *core areas*. Attraverso la comparazione tra lo stato reale e quello potenziale stimato con l'H model, possiamo anche stimare quale potrebbe essere il numero di piante ideali per classe diametrica in grado di condurre il popolamento al suo massimo potenziale di utilizzo della risorsa (Figura 12) tenendo conto che il punto di partenza è l'attuale numero di semenzali ad ettaro.

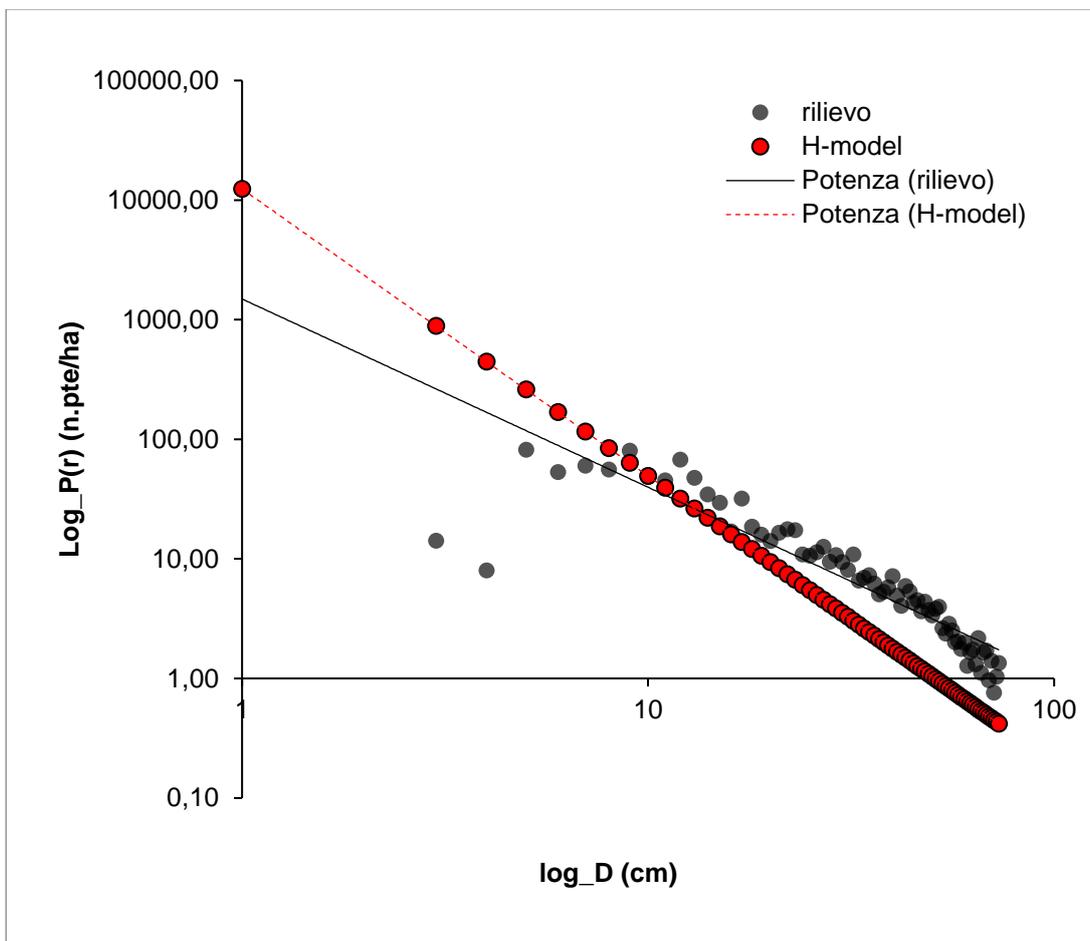


Figura 11. Frequenza del numero di piante a ettaro per classi diametriche nello stato reale ($y=1489.4x^{-1.57}$) e nello stato potenziale come stimato dall' H-model ($y= 12389x^{-2.4}$) nelle *core areas*.

In Figura 13a e Tabella 5 si riporta un esempio dove le piante mancanti sono determinate per differenza tra la distribuzione attuale e quella predetta dal modello dalle cifre positive, mentre le cifre negative indicano la possibile rimozione del numero di individui indicato in modo tale da liberare energia per le coorti più giovani. Come possiamo notare però questo approccio implicherebbe una consistente rimozione di individui soprattutto nelle classi diametriche maggiori.

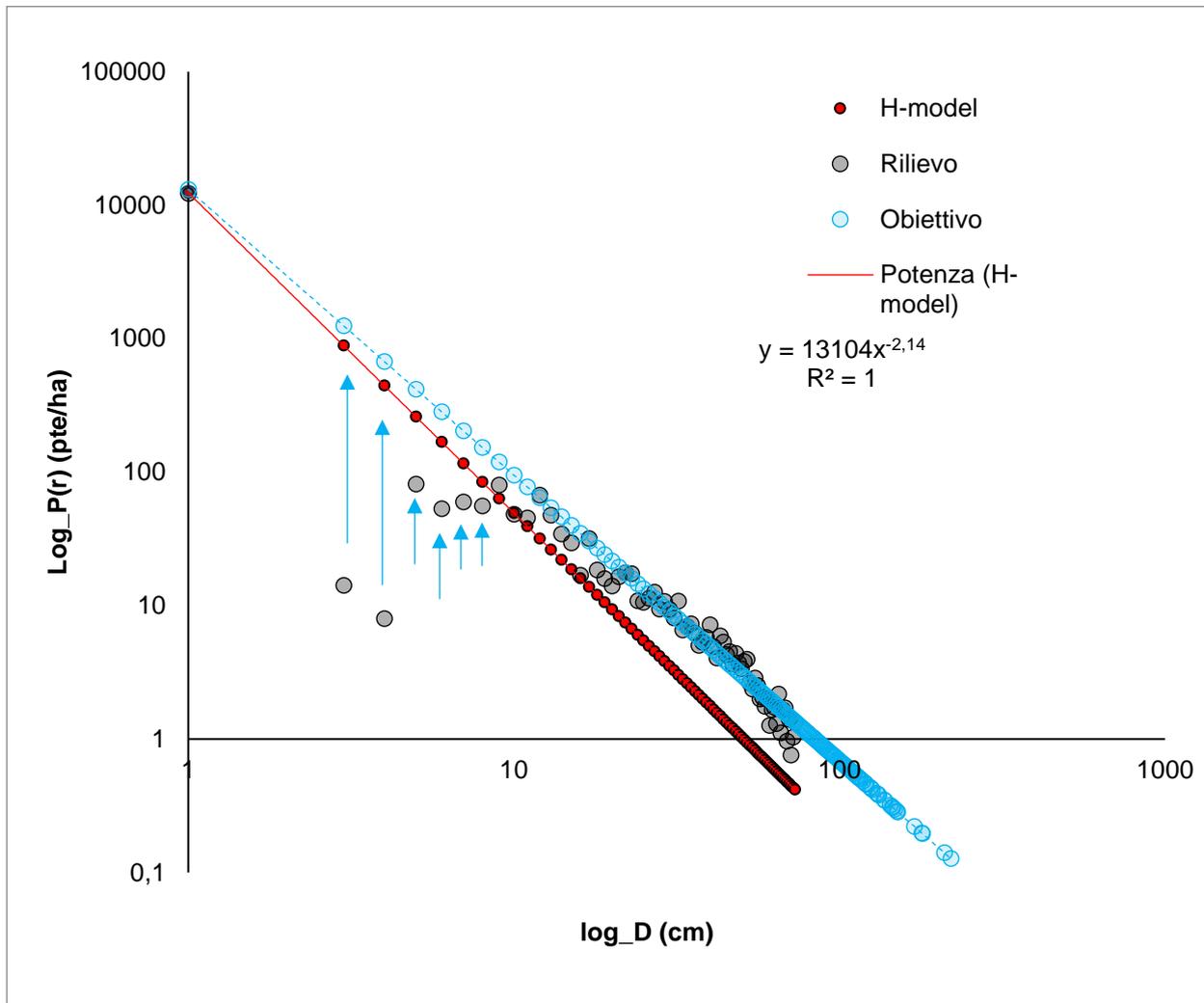


Figura 12. Frequenza del numero di piante a ettaro per classi diametriche nello stato reale ($y=1489.4x^{-1.57}$), nello stato potenziale come stimato dall' H-model ($y= 12389x^{-2.4}$) nelle *core areas*, e nello stato ipotetico di obiettivo al quale condurre il popolamento ($y=13104x^{-2.14}$). Le frecce azzurre indicano le classi sotto numerarie.

Tabella 5. Estratto delle tabella descrittiva delle piante mancanti per classe diametrica nelle *core areas* (cl. fino a 20cm). Stima eseguita per differenza tra il numero di piante ettaro stimato con l'H-model e il rilevamento a giugno 2023 nella foresta di Montes.

Diametro (cm)	Stato reale	H-model n. pte/ha	piante mancanti	Diametro (cm)	Stato reale	H-model n. pte/ha	piante mancanti
1	12229	12389	160	11	45	39	-6
3	14	887	873	12	67	32	-35
4	8	445	437	13	47	26	-21
5	82	260	179	14	34	22	-12
6	53	168	115	15	29	19	-11
7	60	116	56	16	17	16	-1
8	56	84	29	17	32	14	-18
9	80	64	-17	18	18	12	-6
10	48	49	1	19	16	11	-5

Poiché non è semplice poter riportare il popolamento vicino alla linea di predizione dell'H model in tempi brevi, si propone qui la definizione di una curva obiettivo (Figura 12, in azzurro) che implica un intervento moderato volto al più possibile al mantenimento delle grandi piante presenti allo stato attuale che possiedono un grande valore non solo naturalistico ma anche culturale. Anche per tale curva "obiettivo" sono stati calcolati il numero di individui da assicurare per classe (Figura 13b). Sarà necessario quindi determinare delle strategie per favorire una consistente rinnovazione mediando la sopravvivenza dei semenzali e la loro transizione alle classi dimensionali del 15-20 con la gestione delle aree silvo-pastorali.

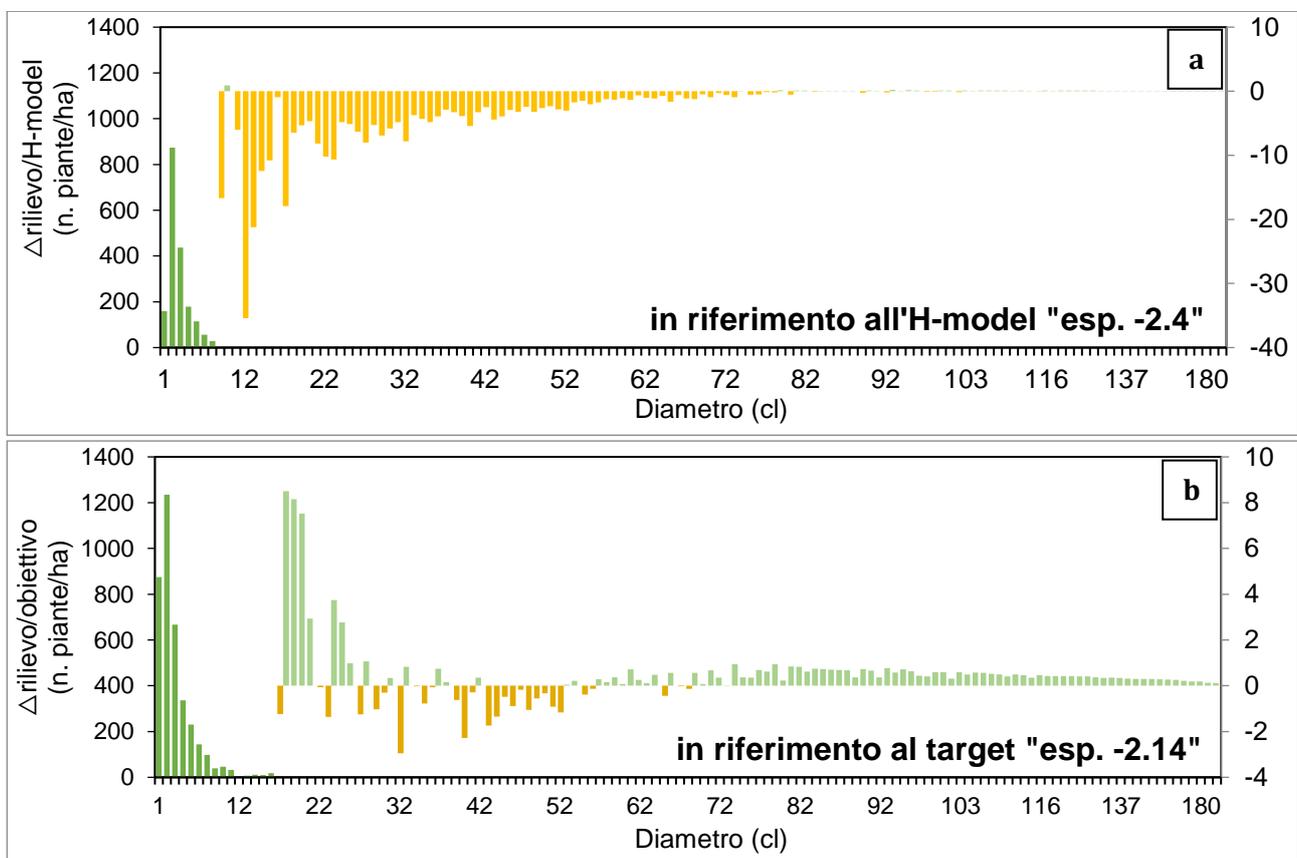


Figura 13. Numero di piante ad ettaro mancanti (in verde, asse primario) e in esubero (giallo, asse secondario) come valori differenziali di comparazione tra il rilievo reale e il modello H (esponente -2.4) nella figura a e il rilievo reale e la curva obiettivo (esponente -2.14) figura b.

4.2.3 Distribuzione reale delle classi diametriche del popolamento nelle *senescence areas*

Nelle isole di senescenza, il diametro massimo rilevato per *Q.ilex* è stato di 75 cm (Figura 11). In queste aree la rinnovazione è risultata ridotta come nelle *core areas*, ma in aggiunta a questo le piante nella classe di 1 cm o meno sono state assenti. Abbiamo rilevato un'abbondanza di individui per la classe dell'8 (120 pte/ha).

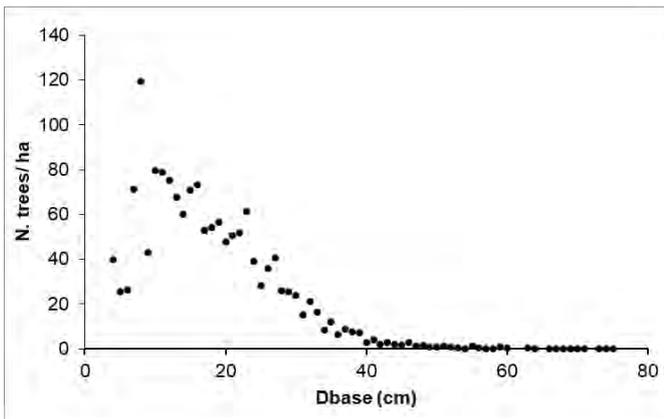


Figura 11. Frequenza del numero di piante a ettaro per classi diametriche nelle isole di senescenza.

Il confronto tra lo stato reale nelle isole di senescenza e il loro massimo potenziale (Figura 12), rivela una situazione nettamente più sbilanciata rispetto alle *core areas*. Anche in questo caso, la maggior parte degli individui è mancante nelle classi diametriche piccole, ma qui la frequenza per classi diametriche è ancora pressoché costante (sintomo della precedente gestione) e mancano le piante di grandi dimensioni.

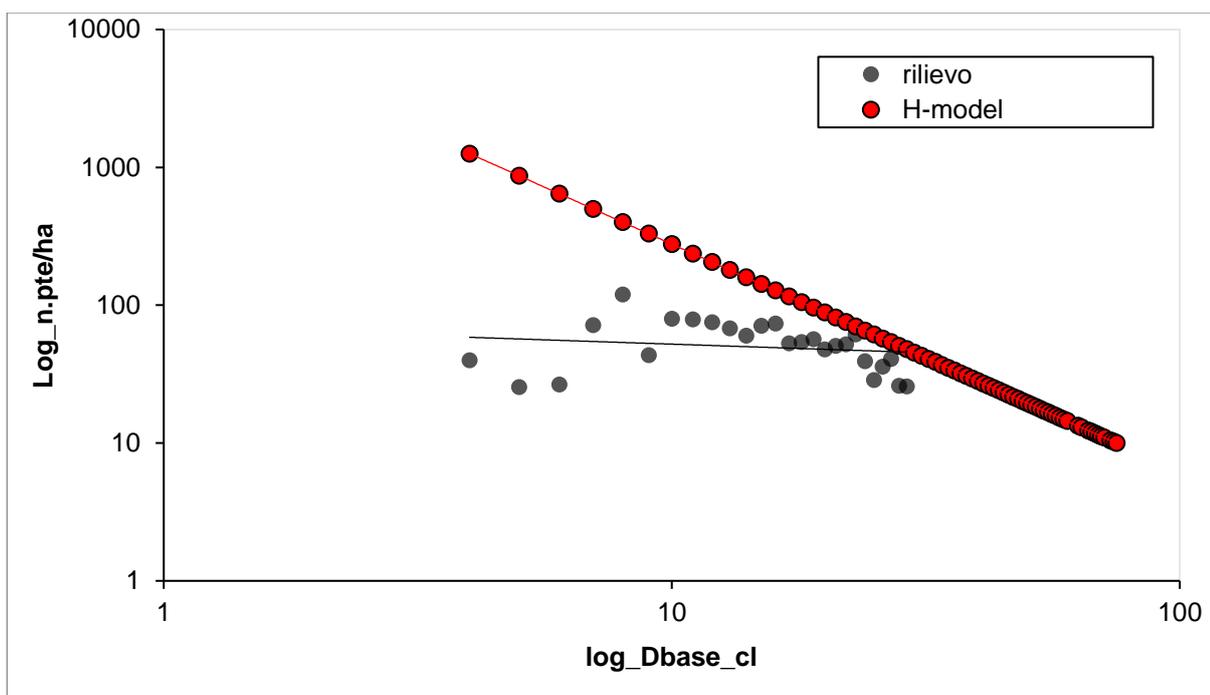


Figura 12. Frequenza del numero di piante a ettaro per classi diametriche nello stato reale ($y=78.348x^{-0.178}$) e nello stato potenziale come stimato dal H-model ($y=12389x^{-2.4}$) nelle *senescence areas*.

Anche in questo caso riportiamo in Tabella 6 una previsione del numero di piante ad ettaro da assicurare per raggiungere una struttura orientata all'espressione della massima potenzialità della lecceta. Da notare che in questo caso non sono riportati numeri negativi e quindi non ci sono piante da rimuovere nelle classi maggiori. Allo stesso tempo sarà da valutare in fase di pianificazione gestionale se è opportuno aprire delle buche per favorire la rinnovazione localizzata.

Tabella 6. Tabella descrittiva delle piante mancanti per classe diametrica nelle *senscence areas*. Stima eseguita per differenza tra il numero di piante ettaro stimato con l'H-model e il rilevamento a giugno 2023 nella foresta di Montes.

Diam- etro (cm)	Rile- vamento	H- model n. pte/ha	piante mancanti	Diam- etro (cm)	Rile- vamento	H- model n. pte/ha	piante mancanti
1			12389	33	16	39	22
4	40	1258	1218	34	8	37	29
5	25	870	845	35	12	35	23
6	27	644	618	36	6	34	27
7	71	500	428	37	9	32	23
8	119	401	281	38	7	31	23
9	43	330	287	39	7	29	22
10	80	277	198	40	3	28	25
11	79	237	158	41	4	27	23
12	75	205	130	42	2	26	24
13	68	180	112	43	3	25	22
14	60	159	99	44	2	24	22
15	71	142	71	45	2	23	21
16	73	128	54	46	3	22	20
17	53	116	63	47	1	22	20
18	54	105	51	48	2	21	19
19	56	96	40	49	1	20	19
20	48	88	41	50	1	19	19
21	51	82	31	51	1	19	18
22	52	76	24	52	1	18	18
23	61	70	9	53	0	18	17
24	39	65	26	54	0	17	17
25	29	61	33	55	1	17	15
26	36	57	22	56	1	16	16
27	41	54	13	57	0	16	16
28	26	51	25	58	0	15	15
29	26	48	22	59	1	15	14
30	24	45	21	60	1	14	14
31	15	43	28	63	0	13	13
32	21	41	20	64	0	13	13

5 Schede tecniche per la raccolta dati

Vi sono quattro schede guida per la raccolta dati. È a discrezione del gruppo di rilievo locale se trasferirle su foglio elettronico o eseguire il rilievo in forma cartacea.

- Scheda A: serie numeriche per la collocazione randomizzata delle aree di rilevamento
- Scheda B: rilievo volumi di chioma
- Scheda C1: rilievo aree relascopeiche
- Scheda C2: rilievo transetti di rinnovazione

Si include anche una scheda combinata C1+C2 da usare a discrezione del gruppo di rilevatori che potrebbe servire per ottimizzare i rilievi qualora si incorresse in casi di foresta dove la rinnovazione si riduce solo a piccolissimi individui e arbusti.

SCHEDA A: esempio di serie numeriche per la collocazione randomizzata delle aree di rilevamento. È possibile generare la serie con le funzioni =CASUALE.TRA(1,120) e =CASUALE.TRA(0,359).

distanza (passi) 1-120		
49	95	108
1	54	34
41	93	95
84	37	120
93	56	113
91	26	25
89	120	120
3	38	14
50	22	66
90	44	24
7	114	94
9	93	3
15	111	116
4	89	69
35	14	56
74	52	24
47	78	11
53	1	75
63	5	21
2	104	6
52	38	63
33	56	116
40	17	109
62	47	60
42	81	70
71	99	10
35	20	7
31	87	89
72	98	85
76	91	101
56	3	3
16	98	112
61	2	119
69	94	77
75	62	40
30	44	13
27	50	81
55	86	10
64	84	24
74	120	27
4	79	97
22	53	22
32	108	37
16	14	78

direzione (°rispetto al N) 0-359		
199	153	355
228	281	48
228	19	273
204	289	62
16	130	148
48	12	267
168	160	4
37	167	279
1	96	350
344	172	277
353	349	69
223	292	26
200	289	249
325	129	315
150	11	356
211	136	280
18	178	79
143	187	81
74	4	198
125	253	273
48	329	162
72	210	337
338	155	19
22	27	172
171	257	72
353	60	311
162	258	47
85	309	187
128	108	121
188	323	120
172	171	43
8	197	264
167	37	347
271	230	94
329	31	263
206	53	57
305	300	74
319	114	34
176	238	23
189	208	301
24	316	279
72	170	129
237	115	142
10	202	256

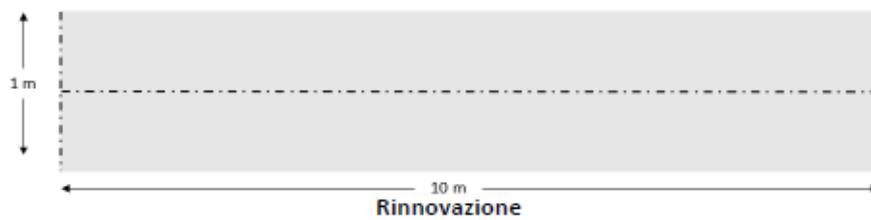
Scheda B - Volume di chioma		località										foglio ___ di ___	
data		Specie	h_{tot} (m)	Circ. BH (cm)	Circ. base (cm)	DBH (cm)	D. base (cm)	h 1° ramo vivo (m)	R1 (più lungo alla base) (m)	R2 (180° da R1) (m)	R1 @1/2 h_{cro} (m)	R2 @1/2 h_{cro} (180° da R1 @1/2 h_{cro}) (m)	
Range h													
0-2 m													
2-4 m													
4-6 m													
6-8 m													
8-10 m													

Scheda C1 - Aree relascopiche (banda 1)							foglio: _ di _			
n. area	località					coordinate GPS				
	particella					N E				
data	carta tecnica									
n. albero	specie	$\frac{1}{0.5}$	Circ.Base (cm)	D.Base (cm)	n. albero	specie	$\frac{1}{0.5}$	Circ.Base (cm)	D.Base (cm)	
1					41					
2					42					
3					43					
4					44					
5					45					
6					46					
7					47					
8					48					
9					49					
10					50					
11					51					
12					52					
13					53					
14					54					
15					55					
16					56					
17					57					
18					58					
19					59					
20					60					
21					61					
22					62					
23					63					
24					64					
25					65					
26					66					
27					67					
28					68					
29					69					
30					70					
31					71					
32					72					
33					73					
34					74					
35					75					
36					76					
37					77					
38					78					
39					79					
40					80					

Scheda C2

piante con h < 200 cm
trasetto lunghezza = 10 m, larghezza 1 m

Rinnovazione D > 1 cm							
n. area R - ____			località				coordinate GPS
numero dell'area relascopica corrispondente			particella				N
data			carta tecnica				E
n. albero	specie	D.Base (cm)		n. albero	specie	D.Base (cm)	
1				21			
2				22			
3				23			
4				24			
5				25			
6				26			
7				27			
8				28			
9				29			
10				30			
11				31			
12				32			
13				33			
14				34			
15				35			
16				36			
17				37			
18				38			
19				39			
20				40			



piccoli individui D <= 1 cm		arbusti con conformazioni a cuscino					
Specie	n. tot pte D < 1 cm	Specie	% chioma nel trasetto	D.base (cm)	h (cm)	r ₁ (cm)	r ₂ (cm)

Scheda C1 e C2 combinata

aree relascopiche
transetti con sola rinnovazione <=1 cm Dbase e cespugli

Aree relascopiche (banda 1)											
n. area		località						coordinate GPS			
data		particella						N			
		carta tecnica						E			
n. albero	specie	1	0.5	Circ.Base (cm)	D.Base (cm)	n. albero	specie	1	0.5	Circ.Base (cm)	D.Base (cm)
1						41					
2						42					
3						43					
4						44					
5						45					
6						46					
7						47					
8						48					
9						49					
10						50					
11						51					
12						52					
13						53					
14						54					
15						55					
16						56					
17						57					
18						58					
19						59					
20						60					
21						61					
22						62					
23						63					
24						64					
25						65					
26						66					
27						67					
28						68					
29						69					
30						70					

Rinnovazione piante con h < 200 cm - transetto lunghezza = 10 m, larghezza 1 m

piccoli individui D < 1 cm		D > 1 cm o conformazioni a cuscino					
specie	n. pte D < 1 cm	Specie	D.base (cm)	h (cm)	S/P	r ₁ /l ₁	r ₂ /l ₂