



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
FACOLTÀ DI SCIENZE AGRARIE E ALIMENTARI

CORSO DI LAUREA IN VALORIZZAZIONE E TUTELA DEL
TERRITORIO MONTANO

VALUTAZIONE DEI MICROHABITAT FORESTALI CON IL METODO
RADAR NEL PARCO NATURALE DELL'ALTA VALSESIA

Relatore: Prof. Giorgio Vacchiano

Elaborato finale di: Anthony Rovezzo
Matricola: 889323

INDICE

RIASSUNTO	2
1. INTRODUZIONE	3
1.1. LA PIANIFICAZIONE FORESTALE	3
1.2. LAND SHARING E LAND SPARING	4
1.3. BIODIVERSITÀ IN FORESTE GESTITE	5
1.4. SCOPO DELLA RICERCA	7
2. MATERIALE E METODI	8
2.1. METODO RADAR	8
2.2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	13
2.3. DISEGNO DI CAMPIONAMENTO	16
2.4. OPERAZIONI IN CAMPO	16
2.5. ANALISI DEI DATI	17
2.5.1 ELABORAZIONE DEI DATI TRAMITE METODO RADAR	18
2.5.2. CALCOLO DELL'AREA BASIMETRICA E DEL VOLUME	18
2.5.3. CORRELAZIONE RADAR E DATI OTTENUTI	18
3. RISULTATI E DISCUSSIONE	19
3.1. DATI OTTENUTI	19
3.2. CORRELAZIONI TRA VALORI RADAR E DATI OTTENUTI	25
3.3. DISCUSSIONE	30
3.3.1 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI	30
3.3.2. METODI DI GESTIONE FORESTALE DELLA BIODIVERSITÀ	31
3.3.3. QUANTIFICAZIONE IN TERMINI NUMERICI DELLA BIODIVERSITÀ E SUO POSSIBILE INSERIMENTO NEI PIANI DI GESTIONE FORESTALE	35
3.3.4. PROPOSTA DI GESTIONE PER LA CONSERVAZIONE DELLA BIODIVERSITÀ NELL'AREA OGGETTO DI STUDIO	36
4. CONCLUSIONI	39
BIBLIOGRAFIA	40
RINGRAZIAMENTI	44

RIASSUNTO

Negli ultimi anni l'importanza della biodiversità all'interno della gestione forestale ha preso sempre più spazio, specialmente dopo la conferenza di Rio de Janeiro del 1992. Per questo sempre più ricercatori hanno studiato e proposto diversi metodi per la tutela e salvaguardia della biodiversità ma si hanno ancora delle difficoltà sulla sua quantificazione effettiva, recentemente è stato proposto un metodo per la quantificazione dei microhabitat presenti su ogni singola pianta detto metodo RADAR (Ricerca Alberi DA Riservare).

Lo scopo di questa ricerca è quello di sperimentare il metodo RADAR per valutarne l'effettiva validità e semplicità di utilizzo anche da parte degli operatori direttamente in campo, infine utilizzare i risultati dati da tale metodo per formulare una proposta di gestione nell'area interessata dalle ricerche.

I risultati ottenuti hanno riscontrato l'effettiva validità del metodo RADAR ottenendo dati molto simili ad altre ricerche fatte all'estero, si sono però trovati anche dei problemi relativi a questo metodo, in particolare problemi dovuti alla zona di utilizzo, infatti gli indici utilizzati da questo metodo dovrebbero essere rivisti e modificati a seconda dell'area oggetto di studio.

Tutto sommato il metodo RADAR è un metodo molto valido, utilizzabile direttamente in fase di martellamento per decidere quali piante tenere e quali lasciare. Questo metodo ha inoltre un potenziale di utilizzo davvero eccezionale in quanto riesce davvero a quantificare in termini numerici la possibile biodiversità presente in un'area, questo valore potrebbe essere utilizzato per molti scopi come ad esempio per migliorare la legislatura e i premi legati alla biodiversità, per esempio i premi legati alla PAC.

Si propone infine una gestione dell'area oggetto di studio che utilizzi appieno le informazioni che ci fornisce il metodo RADAR.

1. INTRODUZIONE

1.1. LA PIANIFICAZIONE FORESTALE

La pianificazione forestale si occupa dello sviluppo spaziale e temporale del bosco. In questo contesto, bisogna tener conto delle funzioni, della superficie e della diffusione del bosco.

L'Italia ha aderito al processo Paneuropeo dell'MCPFE (Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe), facendo proprio il concetto di gestione forestale sostenibile, così come definito dalle risoluzioni di Strasburgo (1990), Helsinki (1993), Lisbona (1998) e Vienna (2003). Nella risoluzione H1 di Helsinki del 1993, si chiede una "gestione corretta e l'uso delle foreste e dei terreni forestali nelle forme e a un tasso di utilizzo tali da mantenere la loro diversità biologica, produttiva, capacità di rinnovazione, vitalità e una potenzialità che assicuri, adesso e in futuro, rilevanti funzioni ecologiche, economiche e sociali a livello locale, nazionale e globale tali da non comportare danni ad altri ecosistemi".

Una moderna gestione del territorio si incentra quindi sempre più attorno al concetto di sviluppo sostenibile ed ecocompatibile dell'ambiente: così il bosco e tutte le altre risorse forestali e quelle naturali e seminaturali in genere acquistano sempre più un valore poliedrico, espresso dalla loro funzionalità multipla (Cullotta e Maetzke, 2008).

La superficie forestale italiana è pari a 10.467.533 ha (Papitto *et al.*, 1997-2017), che rappresenta circa un terzo del territorio nazionale. La superficie forestale italiana è sempre di più in espansione, a causa dell'abbandono dell'agricoltura, specialmente nelle zone rurali del paese. Si stima che circa il 65% dei boschi italiani siano di proprietà privata, mentre la restante parte appartiene quasi esclusivamente ai comuni. La superficie forestale destinata alla conservazione e protezione della biodiversità ad oggi rappresenta circa il 30% della superficie forestale nazionale, mentre le foreste primarie, cioè quelle foreste completamente naturali, dove non c'è stata nessuna azione antropica, ammontano a circa 160 mila ettari. Le utilizzazioni legnose invece ammontano

a circa 10 milioni di metri cubi, di cui circa il 60% è rappresentato dalla legna da ardere.

Da questi dati nasce la necessità di conoscere, e di gestire meglio, attraverso la pianificazione forestale, i boschi e le altre risorse forestali italiane per mantenerle in condizioni ottimali, favorendo la biodiversità e l'incremento di biomassa, ripristinando, mantenendo e migliorando il loro stato di conservazione, la loro capacità di rinnovazione e di produzione controllata di beni e servizi in genere.

Da qui si capisce come la pianificazione forestale sia l'attività tecnico-politica avente come fine la razionalizzazione del rapporto fra uomo e bosco (Bovio, 2004).

1.2. LAND SHARING E LAND SPARING

Parlando di biodiversità non si possono non citare il land sharing e il land sparing che sono strumenti atti a ricongiungere la produttività con la tutela della biodiversità (Phalan *et al.*, 2011). Il land sharing è una gestione che fa conciliare produzione e conservazione della biodiversità sulle stesse terre mediante una coltivazione estensiva. Il land sparing, invece, è una gestione che fa produrre beni agricoli e forestali su terre completamente separate dalle terre dedicate alla conservazione della biodiversità.

Nessuno dei due metodi è migliore dell'altro, da un lato il land sharing è fondamentale per limitare il degrado del suolo, dall'altro, il land sparing è essenziale per la conservazione di specie in attuale conflitto con le attività umane (Sallustio *et al.*, 2014).

Infatti, non esiste una soluzione valida ovunque, bensì sono possibili più combinazioni a seconda del sistema socioeconomico a cui i sistemi forestali sono sempre più strettamente connessi.

Una gestione forestale che vede i boschi come sistemi complessi in cui tutte le proprietà, compresa la biodiversità, devono coesistere e migliorarsi è un tipico esempio di land sharing.

1.3. BIODIVERSITÀ IN FORESTE GESTITE

La biodiversità, secondo la conferenza dell'ONU su ambiente e sviluppo tenutasi a Rio de Janeiro nel 1992, è definita come: “ogni tipo di variabilità tra gli organismi viventi, compresi, tra gli altri, gli ecosistemi terrestri, marini e altri acquatici e i complessi ecologici di cui essi sono parte. Essa comprende la diversità entro la specie, tra le specie e tra gli ecosistemi”.

La conferenza di Rio de Janeiro del 1992 ha dato l'inizio ad una serie di studi e ricerche sull'argomento della biodiversità, questo ha portato ad una maggiore conoscenza di essa. Questa conoscenza ci ha permesso negli anni di tutelare e valorizzare la biodiversità sempre meglio.

La biodiversità aumenta la resilienza degli ecosistemi (Holling *et al.*, 2002), cioè la loro capacità di reagire a fattori di disturbo. Per questo per poter gestire dei sistemi biologici e complessi, come lo sono le foreste è necessario, se non fondamentale, conoscere la loro biodiversità.

La biodiversità, oltre a fornire dei servizi fondamentali, è alla base dei servizi ecosistemici, cioè benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

In Italia, i sistemi forestali sono caratterizzati da un'elevata diversità specifica e fisionomica. Questa affermazione è confermata anche dal fatto che circa il 42% dei siti Natura 2000 siano Habitat forestali. Rete Natura 2000 è il principale strumento con cui l'Unione Europea conserva la biodiversità, si tratta di una rete ecologica presente su tutto il territorio dell'Unione istituita in seguito alla Direttiva Habitat del 1992. Questa direttiva si occupa appunto di mantenere a lungo termine gli habitat naturali e le specie, sia floristiche che faunistiche rare e minacciate all'interno dell'Unione Europea. La rete Natura 2000 è costituita dai SIC (Siti di Interesse Comunitario) ovvero aree che contribuiscono in modo significativo a mantenere un certo habitat e una certa biodiversità e dopo sei anni dalla dichiarazione di SIC l'area diventa ZSC (Zone Speciali di Conservazione), e da ZPS (Zone di Protezione Speciale) ovvero zone di protezione che seguono le rotte migratorie dell'avifauna in modo tale da creare degli habitat idonei alla tutela di uccelli selvatici migratori, queste ultime fanno parte della Direttiva Uccelli del 2009.

Il primo rapporto sullo stato attuale del capitale naturale in Italia, redatto nel 2017, ha valutato lo stato di conservazione degli ecosistemi in Italia, valutando il rapporto tra la copertura reale e la copertura potenziale e i contatti che l'ecosistema ha con il proprio intorno. La valutazione complessiva ha permesso di stimare 19 ecosistemi ad alto stato di conservazione, 18 a medio e 36 a basso, quelli a basso tasso di conservazione si trovano principalmente in Pianura Padana o vicino alle coste.

In Italia, purtroppo, la maggior parte dei sistemi forestali sono stati alterati e influenzati dall'intervento umano.

Questo è dovuto alla selvicoltura, che ha portato ad una semplificazione dei sistemi forestali, sia in termini di struttura e composizione, sia in termini di riduzione del numero delle specie. La selvicoltura classica, quindi, puntava ad ottenere dei sistemi forestali più uniformi e regolari, questo per favorire la produzione legnosa e il tasso di accrescimento legnoso.

Questo ha portato ad avere turni più brevi rispetto alla longevità delle specie e alla diminuzione della necromassa in piedi e a terra. In Italia quindi, le criticità maggiori per la conservazione della biodiversità forestale sono da ricercare in due fenomeni: la semplificazione dei sistemi forestali e la consecutiva perdita di biodiversità dovuta, come detto sopra, alla selvicoltura tradizionale, questi due fattori uniti con i cambiamenti climatici, hanno portato ad un aumento delle pressioni e delle criticità a carico delle nostre foreste. Questo fenomeno ha causato negli anni un aumento del numero degli incendi, come dimostrato anche dall'“Indagine sulle caratteristiche degli incendi boschivi in Piemonte” del 2010, in particolar modo durante il periodo estivo, questo fenomeno è dovuto ad un aumento di necromassa, specialmente nelle aree forestali abbandonate, dovuta all'insorgere di malattie o condizioni sfavorevoli che hanno causato la morte di molte piante nel giro di poco tempo. Infatti, specialmente negli ultimi anni, gli incendi sono stati causa di molti problemi non solo alle persone ma anche a molte attività connesse ai boschi e alle foreste.

Quindi una gestione forestale, che abbia come obiettivo sia gli interessi dell'uomo sia la conservazione della biodiversità, favorisce un habitat più

idoneo alle varie specie forestali aumentando di fatto la capacità delle foreste di fronteggiare le criticità e, quindi, aumenta la loro resilienza. Quindi, questo approccio, tutela anche i diritti socioeconomici dell'uomo permettendo alle foreste di continuare ad erogare i loro servizi ecosistemici fondamentali.

Tra le pratiche di gestione forestale che risultano più efficaci nel mantenimento e sviluppo della biodiversità ci sono: il mantenimento del legno morto (sia in piedi che a terra), la tutela delle piante vecchie e deperienti, l'individuazione e la tutela di piante con microhabitat. Queste pratiche possono e devono essere usate ovunque, anche al di fuori delle aree protette o Natura 2000.

Come detto in precedenza un metodo efficace per il mantenimento della biodiversità è il mantenimento dei microhabitat, che sono l'insieme dei parametri che caratterizzano l'habitat preferenziale di una o più specie che occupano un'area molto ristretta e specifica all'interno di un determinato ambiente, in questo caso l'ambiente è rappresentato dalle piante.

Ed è su questo ultimo punto che si concentra questa ricerca, cioè l'individuazione e la valutazione dei microhabitat presenti sulle piante in esame.

1.4. SCOPO DELLA RICERCA

Lo scopo di questo lavoro è:

1. Sperimentare un metodo semplice ed efficace per valutare la biodiversità di una foresta, in occasione dei rilievi per la redazione del Piano di Gestione Forestale (PAF) del Parco Naturale Alta Valsesia, in collaborazione con l'Unione Montana dei Comuni della Valsesia, concentrandosi sull'individuazione e valutazione dei microhabitat;
2. Individuare i fattori ambientali e strutturali associati ad una maggiore ricchezza di microhabitat, al fine di indirizzare il piano di gestione per migliorare la biodiversità nelle aree prese in esame.

2. MATERIALE E METODI

2.1. METODO RADAR

Come precedentemente detto, lo scopo di questa ricerca in primo luogo era l'individuazione di un metodo semplice ed efficace per valutare la biodiversità. Dopo attente ricerche è stato individuato il metodo RADAR (Perrella, 2015). Questo metodo prevede la valutazione numerica del "valore" degli alberi habitat attraverso caratteristiche e/o singularità visibili a occhio nudo o facili da misurare durante gli ordinari rilievi dendrometrici.

Queste caratteristiche sono:

1. Dimensioni: è necessario misurare il diametro a petto d'uomo (1,30 m circa) mediante cavalletto dendrometrico o rotella metrica, confrontare poi tale diametro con le 7 classi diametriche a cui sono stati dati dei punteggi crescenti (Tabella 1);

Tabella 1: Classi diametriche e annesso punteggio

Diametro in cm	punteggio
$\Phi < 30$	0
$30 \leq \Phi \leq 60$	1
$61 \leq \Phi \leq 90$	2
$91 \leq \Phi \leq 120$	3
$121 \leq \Phi \leq 150$	4
$151 \leq \Phi \leq 180$	5
$\Phi > 180$	6

2. Cavità: in base alla presenza di una o più cavità è previsto un punteggio crescente da 1 a 3 in base alla loro altezza da terra (Tabella 2): possono essere fori dovuti dall'attività dei picchi, fori non dovuti dall'attività dei picchi, fenditure lunghe oltre 100 cm, ferite non rimarginate con estensione $> 25 \text{ cm}^2$, stacchi e sollevamenti di corteccia $>$ di 25 cm^2 ecc.;
3. Funghi: è attribuito un punteggio da 1 a 3 in base alla presenza e numerosità dei carpofori con diametro $\geq 5 \text{ cm}$ (Tabella 3);

Tabella 2: Punteggi delle cavità

Fori di picchio, ferite non rimarginate, cavità, sollevamento corteccia, fenditure	punteggio
nessuna	0
in basso $h < 50$ cm	1
$50 \leq h \leq 200$ cm	2
in alto $h > 200$ cm	3

Tabella 3: Punteggi dei carpofori

Corpi fungini con diametro ≥ 5 cm	punteggio
nessuno	0
1	1
2	2
≥ 3	3

4. Legno morto: è attribuito un punteggio crescente da 1 a 3 al variare delle dimensioni (diametro maggiore o minore di 10 cm) e della numerosità delle branche morte (rami con lunghezza $>$ di 1 m) (Tabella 4);

Tabella 4: Punteggio del legno morto

Legno morto con lunghezza > 1 m	punteggio
non presente	0
solo branche piccole ($4 < \Phi < 10$ cm)	1
fino a 3 branche grandi ($\Phi \geq 10$ cm)	2
oltre 3 branche grandi	3

5. Peculiarità: in presenza di una o più peculiarità è prevista l'attribuzione di 1 punto: specie arborea e sua frequenza, isolamento, biforcazione, capitozzatura, ombreggiamento del tronco a terra con diametro > di 30 cm (ruolo di copertura); se si tratta di un albero di castagno, al contrario, si dovrà togliere 1 punto in quanto tale specie ha un forte incremento diametrico ma presenta una scarsa entomofauna associata (Tabella 5);

Tabella 5: Punteggi peculiarità

Sporadicità, isolamento, capitozzatura, biforcazione, ruolo di copertura (vicino tronco a terra con $\Phi > 30$ cm)	punteggio
non presente	0
presente	1
albero di castagno (anche in presenza di altre peculiarità)	-1

6. Posizione: cioè la distanza da strade, sentieri e altre vie di comunicazione, viene rapportata all'altezza dell'albero in questione, il punteggio in questo caso è negativo in quanto in caso di caduta accidentale di una pianta rilasciata ad invecchiamento indefinito, o di parti di essa, si potrebbe configurare una responsabilità del selvicoltore (Tabella 6). Tale forte penalizzazione serve dunque a garantire il tecnico che normalmente opera senza la preparazione tecnico-strumentale atta a verificare la stabilità degli alberi;
7. Nidi: cioè la presenza di nidi di medie o grandi dimensioni, viene dato un punteggio crescente da 1 a 2 in base alle dimensioni (Tabella 7);

Tabella 6: Punteggio posizione

Distanza da sentieri, strade e altre vie di comunicazione	punteggio
distanza dalla viabilità > 1,5 volte altezza	0
adiacenza sentieri segnati	-1
prossimità strade (> 0,5 h < 1,5 h)	-3
adiacenza strade (< 0,5 h)	-7

Tabella 7: punteggio dei nidi

Nidi di uccelli	punteggio
nessuno	0
almeno uno di medie dimensioni (es. cornacchia)	1
almeno uno grandi dimensioni	2

8. Epifite: per uno o più aspetti viene dato 1 punto (Tabella 8): presenza di edera con discreto sviluppo sul tronco, cospicua presenza di muschi e licheni (oltre il 50%), cospicua presenza di vitalba e altre liane, presenza di vischio, presenza di essudati e presenza di cancri con diametro ≥ 10 cm, presenza di macrolicheni.

Tabella 8: Punteggio Epifite

Edera, muschio, vitalba, vischio, grandi licheni (es. <i>Lobaria p.</i>), essudati, cancri ($\Phi \geq 10$ cm)	punteggio
non presente	0
presente	1

Ad ogni caratteristica viene dato un punteggio; la somma algebrica dei punteggi rappresenta il valore ecologico della pianta presa in esame.

In base a questo metodo si possono ottenere 4 classi di alberi:

- Alberi con valore ecologico < 2 : sono solitamente alberi di piccolo diametro o privi di microhabitat, oppure potrebbero essere alberi con aspetti ecologici importanti ma vicini a strade e quindi la loro conservazione deve essere valutata tenendo conto del rischio per le cose e/o le persone, vengono detti Alberi standard (AS);
- Alberi con valore ecologico uguale a 2 o 3: sono solitamente alberi che presentano aspetti ecologici importanti ma piuttosto comuni, vengono detti Alberi potenziali (AP);
- Alberi con valore ecologico uguale a 4 o 5: sono solitamente alberi che presentano dei microhabitat e in futuro diventeranno alberi habitat, vengono detti Alberi d'avvenire (AA);
- Alberi con valore ecologico ≥ 6 : sono solitamente alberi di grande diametro e con diversi microhabitat, sono detti Alberi habitat (AH);

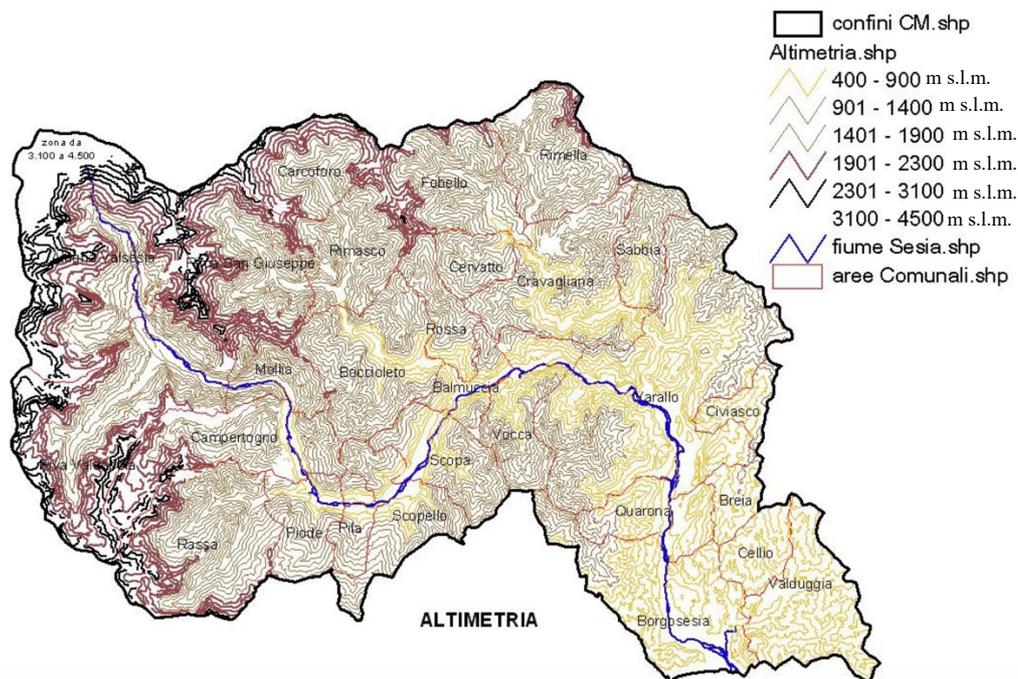
Una volta valutata la pianta si può decidere di operare di conseguenza, ad esempio:

- Una pianta che abbia un valore ecologico pari o superiore a 11 sarà sicuramente un Albero habitat da tutelare;
- Alberi con punteggio ecologico compreso tra 6 e 10 sono senza dubbio alberi habitat ma che devono comunque essere inseriti in un contesto ecologico-ambientale andando a verificare la densità a ettaro di questi alberi;
- Gli alberi d'avvenire invece devono essere inseriti in un contesto di conservazione sia spaziale che temporale. Questi alberi nel futuro andranno a sostituire gli attuali alberi habitat;
- Infine, gli alberi potenziali e standard vanno inseriti in un normale ciclo selvicolturale, tranne nei casi in cui essi ospitino microhabitat di specie rare o protette.

2.2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area di studio è rappresentata dall'Alta Valsesia, la Valsesia è una valle che segue il corso del fiume Sesia, uno dei più grandi affluenti del Po, che nasce sul Monte Rosa ad un'altezza di circa 2500 m s.l.m. La Valsesia si trova in provincia di Vercelli, nel Piemonte nord-orientale, l'altimetria del territorio si sviluppa tra i 400 e i 4500 m s.l.m. (Figura 1).

Figura 1: Altimetria della Valsesia



Sulla base dei dati presenti nello “Studio dell’ornitofauna in Valsesia” (Lonati, 2009-2011) il territorio della Valsesia è inserito nel regime pluviometrico subalpino, con precipitazioni medie annue che si aggirano intorno ai 1200 e 2100 mm. Le precipitazioni maggiori si riscontrano in primavera (nel mese di maggio) e autunno (nei mesi di ottobre e novembre), i periodi più secchi invece sono l’inverno (nei mesi di gennaio e febbraio), specialmente per i paesi montani, e l’estate (nei mesi di luglio e agosto), specialmente per la media e bassa valle.

L’andamento della precipitazione rappresenta in maniera molto accurata anche l’andamento delle temperature, infatti, a causa dell’elevata umidità

atmosfera, in estate le temperature sono molto elevate, mentre la temperatura media annua di circa 10 °C (Lonati, 2011) (Tabelle 9 e 10).¹

Tabella 9: Dati pluviometrici delle principali stazioni della Valsesia

	Altezza precipitazioni (mm)												
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale anno
Alagna (1.215 m s.l.m.)	41,1	51,3	81,7	148,5	160,4	125,0	85,4	106,7	112,0	135,0	152,4	70,5	1270,0
Campertogno (815 m s.l.m.)	45,0	57,8	88,4	154,4	194,0	135,1	100,0	120,6	144,1	151,1	172,0	74,3	1436,8
Carcoforo (1.304 m s.l.m.)	54,0	65,0	104,0	178,9	215,3	163,2	121,9	147,1	156,4	165,3	178,4	75,5	1625,0
Boccioleto (667 m s.l.m.)	51,4	65,3	98,1	189,6	224,0	167,0	125,4	146,0	167,2	187,4	204,5	86,8	1712,7
Fobello (815 m s.l.m.)	51,2	58,7	90,4	175,7	226,7	165,3	128,6	151,8	183,3	186,9	184,9	77,2	1680,7
Camasco (752 m s.l.m.)	44,6	66,8	119,7	256,7	308,0	263,1	182,2	204,9	271,6	228,0	249,4	90,5	2285,5
Varallo (453 m s.l.m.)	63,4	69,0	128,5	201,4	238,2	182,8	140,3	154,6	217,8	214,8	165,1	75,4	1851,3
Borgosesia (360 m s.l.m.)	47,6	62,0	110,3	192,9	239,4	191,4	153,3	155,9	196,2	184,4	185,5	80,1	1799,0
Cellio (685 m s.l.m.)	52,1	66,5	112,4	191,9	219,7	191,8	141,5	163,9	185,5	187,3	185,7	76,8	1775,1

Tabella 10: Dati termici delle principali stazioni della Valsesia

	Temperature (°C)												Media annuale	Escursione termica annuale
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic		
Alagna (1.215 m s.l.m.)	-4,8	-3,5	1,0	2,2	5,6	9,3	12,0	11,5	8,9	4,7	-0,1	-3,9	3,6	16,8
Campertogno (815 m s.l.m.)	-2,1	-0,3	3,2	7,0	10,5	14,3	16,7	15,9	12,8	7,7	2,9	-1,3	7,3	18,8
Carcoforo (1.304 m s.l.m.)	-2,8	-1,2	1,8	5,3	8,8	12,6	15,2	14,5	11,7	7,0	2,0	-1,9	6,1	18,0
Boccioleto (667 m s.l.m.)	-1,6	0,3	3,5	7,0	10,5	14,4	17,0	16,4	13,3	8,4	3,4	-0,8	7,7	18,6
Fobello (815 m s.l.m.)	-0,8	1,2	4,6	8,2	11,9	15,8	18,3	17,5	14,3	9,3	4,2	0,0	8,7	19,1
Varallo (453 m s.l.m.)	0,9	3,0	6,7	9,9	13,8	17,9	20,6	18,1	17,8	10,9	5,8	1,6	10,6	19,7
Borgosesia (360 m s.l.m.)	1,6	3,9	7,7	11,7	15,5	19,5	21,8	21,0	17,8	12,3	7,1	2,6	11,9	20,2
Sabbia (730 m)	0,73	2,97	6,66	10,46	14,12	18,11	20,58	19,80	16,34	11,01	5,91	1,46	10,68	19,85

Dal punto di vista geologico e geomorfologico, la Valsesia è costituita principalmente da rocce che si trovano sul margine africano. Le rocce di partenza sono di tipo silicico, e secondo la “Carta dei suoli” redatta dalla Regione Piemonte nel 2013, i suoli dell’area oggetto di studio sono classificati come inceptisuoli di montagna che sono: suoli caratterizzati dalla presenza di deboli segni di alterazione pedogenetica, e caratterizzati dal fatto che la roccia madre sia presente nell’orizzonte cambico. Questi suoli sono anche per la maggior parte formati per alterazione o concentrazione di sostanze, ma senza

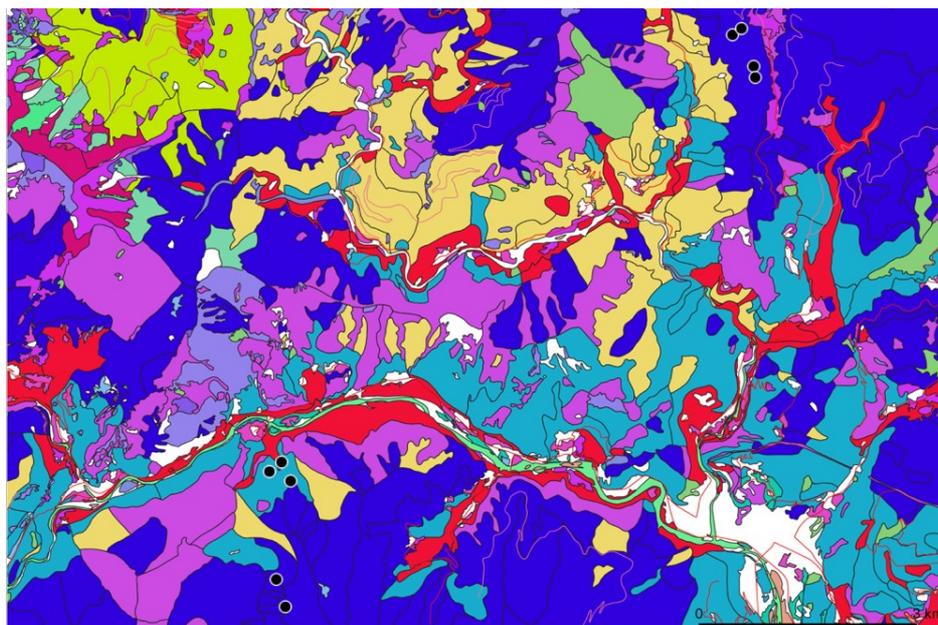
¹ <http://www.halleygov.it/c002114/zf/index.php/servizi-aggiuntivi/index/index/idtesto/20134>

accumulo di materiali trasportati da un altro luogo. La tessitura di questi suoli di solito è leggermente più fine dei suoli sabbiosi-franchi. Suoli come questi sono molto diffusi in tutto il Piemonte, dovuti principalmente alla presenza di molti rilievi e corsi d'acqua ad elevata energia.

L'uso del suolo è prevalentemente a bosco, con presenza di pascoli e prati nelle zone caratterizzate da un maggior allevamento. Tra le specie boschive più presenti sono da segnalare il faggio, i castagni, le querce e le betulle. Nelle aree più in quota della valle sono presenti anche le conifere e la presenza di arbusteti, specialmente di ontano verde.

L'area oggetto di studio si trova in un'area interessata prevalentemente da faggeti, castagneti e querceti secondo la "Carta Forestale" redatta dalla Regione Piemonte nel 2016 (Figura 2).

Figura 2: mappa dei tipi forestali con aree di saggio prese in esame.



- Abetine
- Acero-tiglio-frassineti
- Alneti planiziali e montani
- Arbusteti planiziali collinari e montani
- Arbusteti subalpini
- Boscaglie pioniere e d'invasione
- Castagneti
- Faggete
- Lariceti e cembrete
- Peccete
- Pinete di pino montano
- Querceti di rovere
- Querceti di roverella
- Querceto-carpineti
- Rimboschimenti
- Robinieti
- Saliceti e pioppeti ripari

La Valsesia ospita anche il Parco Naturale dell'Alta Valsesia e dell'Alta Val Strona, il parco naturale più alto d'Europa; in quest'area sono presenti innumerevoli boschi, molti dei quali non gestiti, con altrettante specie sia vegetali che animali. Rappresenta quindi una zona perfetta per testare la validità del metodo RADAR.

2.3. DISEGNO DI CAMPIONAMENTO

Una volta individuata e descritta l'area di studio, bisognava individuare delle aree di saggio da esaminare. Si è deciso di utilizzare un metodo che avesse come obiettivo un'inventariazione attendibile dell'area forestale all'interno del Parco. Si è deciso quindi di adottare il metodo di campionamento con aree di saggio delimitate fisicamente, che consiste nell'individuazione di aree di saggio contenenti almeno una decina di piante e quindi con un'area almeno di 300 m². Queste aree di saggio sono state scelte in modo da avere la massima uniformità possibile, con punti appoggiati al sistema di riferimento geografico UTM e un reticolo a maglie quadrate.

Il numero di aree di saggio (n) da effettuare è stato definito in base a una previsione del coefficiente percentuale di variabilità (CV%) calcolato sull'area basimetrica, e in base all'errore percentuale atteso (E%) al livello di probabilità espresso dal t di Student: $n = [(t \times CV\%) / E\%]$.

2.4. OPERAZIONI IN CAMPO

Dopo aver individuato le aree di saggio tramite il disegno di campionamento abbiamo iniziato le operazioni in campo. Arrivati sul posto abbiamo raccolto diversi dati:

- Il diametro delle piante a petto d'uomo, misurato attraverso una rondella metrica che abbiamo usato anche per delimitare l'area di saggio. Questo è un dato molto importante per valutare la quantità di legno in metri cubi dell'area di saggio;

- L'altezza delle piante, misurata attraverso un ipsometro, anche questo è un dato molto importante per valutare la quantità di legno;
- L'età delle piante, misurata attraverso un succhiello di Pressler che permette di carotare la pianta. Tale dato non verrà usato in questa ricerca in quanto poco indicativo;
- Le specie forestali presenti, dato molto importante per la valutazione della biodiversità;
- La pendenza, misurata attraverso smartphone, dato poco indicativo per la ricerca e quindi non utilizzato;
- Tutti i dati necessari per la valutazione dei microhabitat attraverso la tabella RADAR.

2.5. ANALISI DEI DATI

Una volta raccolti tutti i dati bisognava analizzarli, il programma che normalmente si usa per l'analisi dei dati è Microsoft Excel. Excel è un software dedicato alla produzione e gestione di fogli di calcolo, grazie alla sua enorme velocità di calcolo permette di gestire in modo rapido ed efficiente numerosi dati. Oltre a ciò, è possibile creare grafici e tabelle in modo semplice e intuitivo, permette inoltre di utilizzare moltissime formule e funzioni che risultano molto utili per l'analisi dei dati raccolti.

I dati sono stati analizzati utilizzando diverse formule statistiche, tra cui deviazioni standard e medie, ma anche regressioni lineari, utilizzate per il calcolo delle altezze (curva ipsodiametrica), sono stati calcolati anche il volume, prima di ogni singola pianta, poi del totale dell'area di saggio e infine a ettaro, e l'area basimetrica. Tutti i dati finali ottenuti sono stati poi messi in correlazione con i punteggi RADAR ottenuti.

Infine, si è utilizzato il programma QGIS per la creazione di una carta delle aree di saggio che rappresentasse la viabilità, forestale e non (per la valutazione della posizione con il metodo RADAR), e che rappresentasse il contesto forestale generale dell'area presa in esame.

2.5.1 ELABORAZIONE DEI DATI TRAMITE METODO RADAR

Utilizzando i dati presi in campo e gli indici di: dimensione, cavità, funghi, legno morto, peculiarità, posizione, nidi ed epifite si è andata a costruire la tabella RADAR per ogni area di saggio calcolando prima il totale del punteggio per ogni singolo albero e infine una media per l'area di saggio (Tabelle 11,12,13,14,15,16, 17,18,19).

2.5.2. CALCOLO DELL'AREA BASIMETRICA E DEL VOLUME

Come già detto in precedenza il calcolo del volume è avvenuto attraverso 3 fasi:

- Il calcolo del volume per singola pianta attraverso l'uso di tavole di cubatura, per le piante morte si sono utilizzate la formula di Huber ($V=(3,14/4)*((D/100)^2)*h$ dove D è il diametro e h è l'altezza) e la formula $V=g*h*f$ con $f=0,9$ e dove g è l'area basimetrica;
- Il calcolo del volume totale dell'area di saggio: facendo una somma del volume delle singole piante;
- Il calcolo del volume a ettaro: rapportando il valore del volume totale dell'area di saggio a un ettaro.

L'area basimetrica è stata calcolata tramite l'individuazione della classe diametrica poi utilizzata nella formula $g=(3,14*classeD*h^2)/40000$ per il calcolo dell'area basimetrica di ogni singola pianta. I valori così ottenuti sono stati poi sommati per trovare l'area basimetrica totale dell'area di saggio (Tabelle 20,21,22,23,24,25,26,27,28).

2.5.3. CORRELAZIONE RADAR E DATI OTTENUTI

Una volta eseguiti tutti i calcoli precedentemente spiegati, si è pensato a un modo per utilizzare i dati ottenuti, si è così deciso di mettere in correlazione questi dati con i valori medi del punteggio RADAR per ogni area di saggio presa in esame.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

3.1. DATI OTTENUTI

Si riportano i dati ottenuti dalle operazioni in campo e successive rielaborazioni tramite Excel. Per prime le tabelle relative ai punteggi RADAR per ciascuna pianta e per ultime le tabelle relative al calcolo dell'area basimetrica e del volume.

Tabelle 11,12,13: Valori RADAR finali ADS 23,24,25

N°	specie	RADAR	N°	specie	RADAR	N°	specie	RADAR
1	faggio	3	1	faggio	3	1	maggiocion	2
2	faggio	6	2	faggio	3	2	faggio	2
3	faggio	3	3	faggio	3	3	faggio	3
4	castagno	0	4	faggio	3	4	faggio	3
5	castagno	0	5	faggio	3	5	faggio	2
6	castagno	0	6	faggio	4	6	faggio	2
7	castagno	0	7	faggio	3	7	faggio	2
8	castagno	0	8	faggio	4	8	faggio	2
9	faggio	2	9	faggio	3	9	faggio	2
10	faggio	2	10	faggio	3	10	faggio	4
11	faggio	5	11	faggio	3	11	faggio	4
12	faggio	3	12	faggio	3	12	faggio	4
13	faggio	2	13	faggio	3	13	sorbo mor	2
14	faggio	5	14	faggio	2	14	faggio	5
15	sorbo montano	2	15	faggio	4	15	faggio	3
16	sorbo montano	2	16	faggio	3	16	faggio	4
17	sorbo montano	2	17	faggio	3	17	betulla	3
18	sorbo montano	2	18	betulla	2	18	betulla	2
19	castagno	2	19	betulla	3	19	betulla	3
20	castagno	2	20	betulla	1	20	betulla	4
21	castagno	4	21	betulla	2	21	betulla	3
22	faggio	3	22	betulla	2	22	betulla	3
23	faggio	3	23	betulla	2	23	betulla	3
24	faggio	3	24	betulla	2	24	betulla	3
25	faggio	3	25	betulla	3	25	betulla	3
26	faggio	2	26	betulla	3	26	salicone	2
27	faggio	3	27	betulla	5	27	faggio	2
28	faggio	2	28	betulla	4	28	faggio	2
29	faggio	3	29	betulla	4	29	faggio	2
30	faggio	3	30	betulla	2	30	faggio	3
31	castagno	6	31	betulla	3	31	faggio	2

Tabelle 14,15,16: Valori RADAR finali ADS 26,28,29

N°	specie	RADAR	N°	specie	RADAR	N°	specie	RADAR
1	faggio	3	1	castagno	1	1	sorbo montano	4
2	faggio	3	2	castagno	1	2	faggio	5
3	faggio	3	3	frassino maggiore	2	3	rovere	2
4	faggio	3	4	castagno	2	4	castagno	3
5	faggio	3	5	castagno	2	5	castagno	1
6	faggio	3	6	castagno	2	6	faggio	3
7	faggio	3	7	castagno	2	7	faggio	3
8	faggio	3	8	castagno	2	8	faggio	3
9	faggio	3	9	betulla	6	9	faggio	3
10	faggio	3	10	castagno	1	10	faggio	3
11	faggio	3	11	castagno	1	11	faggio	3
12	sorbo montano	3	12	castagno	2	12	faggio	3
13	faggio	4	13	sorbo montano	2	13	faggio	3
14	betulla	4	14	sorbo montano	2	14	faggio	3
15	faggio	3	15	castagno	2	15	faggio	3
16	faggio	5	16	castagno	1	16	betulla	2
17	faggio	3	17	castagno	1	17	faggio	5
18	faggio	2	18	rovere	3	18	faggio	3
19	faggio	3	19	betulla	4	19	sorbo montano	2
20	faggio	2	20	betulla	3	20	sorbo montano	3
21	faggio	3	21	castagno	1	21	castagno	3
22	faggio	5	22	castagno	1	22	faggio	3
23	faggio	4	23	castagno	1	23	faggio	3
24	faggio	3	24	castagno	2	24	faggio	3
25	sorbo montano	3	25	castagno	1	25	faggio	3
26	betulla	3	26	castagno	1	26	castagno	2
27	faggio	3	27	castagno	2	27	castagno	2
28	betulla	3	28	castagno	2	28	betulla	4
29	betulla	3	29	castagno	1	29	betulla	4
30	betulla	3	30	castagno	1	30	castagno	1
31	betulla	4	31	castagno	2			
32	betulla	3	32	castagno	1			
			33	castagno	1			
			34	castagno	2			
			35	castagno	1			
			36	castagno	0			
			37	frassino maggiore	3			
			38	betulla	2			
			39	castagno	0			
			40	castagno	2			

Tabella 17: Valori RADAR ADS 30

N°	specie	RADAR
1	castagno	1
2	castagno	1
3	betulla	2
4	betulla	2
5	tiglio selvatico	3
6	sorbo montano	3
7	betulla	3
8	betulla	3
9	betulla	2
10	castagno	3
11	castagno	1
12	castagno	1
13	castagno	1
14	betulla	2
15	betulla	4
16	betulla	3
17	betulla	3
18	pioppo bianco	3
19	betulla	2
20	castagno	1

Tabelle 18,19: Valori RADAR finali ADS 31,32

N°	specie	RADAR	N°	specie	RADAR
1	faggio	2	1	castagno	0
2	faggio	2	2	castagno	0
3	rovere	1	3	castagno	0
4	rovere	1	4	castagno	0
5	rovere	1	5	castagno	2
6	rovere	1	6	castagno	0
7	rovere	1	7	sorbo montano	2
8	faggio	2	8	sorbo montano	2
9	rovere	3	9	sorbo montano	2
10	rovere	2	10	sorbo montano	2
11	rovere	1	11	rovere	2
12	faggio	1	12	rovere	2
13	rovere	2	13	rovere	2
14	rovere	2	14	rovere	2
15	rovere	1	15	rovere	3
16	rovere	1	16	rovere	2
17	betulla	1	17	rovere	2
18	rovere	1	18	rovere	3
19	rovere	1	19	rovere	2
20	rovere	2	20	rovere	2
21	rovere	2	21	betulla	1
22	betulla	2	22	betulla	1
23	rovere	2	23	rovere	3
24	rovere	1	24	sorbo montano	2
25	faggio	2	25	castagno	0
26	betulla	1	26	castagno	0
27	rovere	2	27	castagno	0
28	rovere	1	28	castagno	1
29	betulla	2	29	castagno	1
30	rovere	2	30	faggio	2
31	rovere	2	31	faggio	2
32	faggio	2	32	faggio	2
33	betulla	1	33	faggio	4
34	rovere	1	34	faggio	2
35	rovere	2	35	faggio	4
36	faggio	2	36	faggio	5
37	faggio	3	37	faggio	2
38	rovere	1	38	faggio	2
39	rovere	1	39	rovere	2
40	faggio	2	40	rovere	2
41	faggio	2			
42	betulla	2			
43	betulla	2			
44	faggio	6			
45	faggio	2			
46	betulla	1			
47	faggio	2			
48	faggio	2			

Nelle tabelle i punteggi RADAR totali di ogni pianta sono stati evidenziati a seconda del risultato in questo modo:

- In **Rosso**: alberi con valore ecologico minore di due;
- In **Verde**: alberi con valore ecologico uguale a 2 o 3;
- In **Azzurro**: alberi con valore ecologico uguale a 4 o 5;
- In **Viola**: alberi con valore ecologico maggiore o uguale a 6.

Si è rilevata la presenza di poche piante ad alto valore ecologico (maggiore di 4) nelle aree di saggio studiate, a fronte di un maggior numero di piante con valore ecologico medio (2 o 3), mentre le aree di saggio 28 e 31 presentano un numero elevato di piante con valore ecologico molto basso (minore di 2). Le aree di saggio 24, 25 e 26 invece si distinguono per non aver nessuna pianta con valore ecologico inferiore a 2.

Tabelle 20,21: area basimetrica e volume in ADS 23 e ADS 24

N°	specie	classe D	g (m²)	V(dm³)	V(m³)	N°	specie	classe D	g(m²)	V(dm³)	V(m³)
1	faggio	30	0,6806	597	0,597	1	faggio	35	0,75914	722,2	0,7222
2	faggio	25	0,42284	395,9	0,3959	2	faggio	40	1,02428	1013,6	1,0136
3	faggio	25	0,44326	426,9	0,4269	3	faggio	40	1,01736	1238	1,238
4	castagno	20	0,25305	223	0,223	4	faggio	40	1,05454	1067,6	1,0676
5	castagno	20	0,21736	170,4	0,1704	5	faggio	50	1,6404	1800	1,8
6	castagno	15	0,10788	91,3	0,0913	6	faggio	45	0,12717	686,718	0,68672
7	castagno	15	0,10788	91,3	0,0913	7	faggio	40	1,05454	1067,6	1,0676
8	castagno	10	0,02647	27,4	0,0274	8	faggio	40	1,02428	1013,6	1,0136
9	faggio	20	0,27056	246	0,246	9	faggio	45	1,31878	1369,7	1,3697
10	faggio	35	0,80991	766,6	0,7666	10	faggio	35	0,79403	766,6	0,7666
11	faggio	40	0,11304	610,416	0,61042	11	faggio	35	0,81494	812,3	0,8123
12	faggio	40	1,01736	1238	1,238	12	faggio	40	1,11406	1245,3	1,2453
13	faggio	40	1,06805	1067,6	1,0676	13	faggio	40	1,08447	1123	1,123
14	faggio	35	0,13463	848,153	0,84815	14	faggio	50	1,67432	2059	2,059
15	sorbo mor	20	0,23531	159,9	0,1599	15	faggio	50	1,57	2143	2,143
16	sorbo mor	15	0,13566	99	0,099	16	faggio	30	0,76302	674,8	0,6748
17	sorbo mor	15	0,11775	78,3	0,0783	17	faggio	30	0,57682	561,9	0,5619
18	sorbo mor	10	0,03515	32,9	0,0329	18	betulla	10	0,01963	21,7	0,0217
19	castagno	25	0,33166	313,4	0,3134	19	betulla	10	0,01552	21,7	0,0217
20	castagno	25	0,44326	417,5	0,4175	20	betulla	10	0,01552	21,7	0,0217
21	castagno	10	0,02647	138,355	0,13835	21	betulla	10	0,01552	21,7	0,0217
22	faggio	45	1,55783	1732,3	1,7323	22	betulla	10	0,01552	21,7	0,0217
23	faggio	15	0,0106	52,9875	0,05299	23	betulla	10	0,01552	21,7	0,0217
24	faggio	20	0,02512	125,6	0,1256	24	betulla	10	0,01552	21,7	0,0217
25	faggio	30	0,08478	423,9	0,4239	25	betulla	10	0,01552	21,7	0,0217
26	faggio	15	0,0106	52,9875	0,05299	26	betulla	10	0,01552	21,7	0,0217
27	faggio	20	0,05652	152,604	0,1526	27	betulla	10	0,01552	21,7	0,0217
28	faggio	20	0,05652	207,711	0,20771	28	betulla	15	0,0577	64	0,064
29	faggio	10	0,00177	11,775	0,01178	29	betulla	15	0,08672	71,2	0,0712
30	faggio	15	0,02944	88,3125	0,08831						
31	castagno	15	0,0577	123,638	0,12364						

Tabelle 22,23: area basimetrica e volume in ADS 25 e ADS 26

N°	specie	classe D	g(m²)	V(dm³)	V(m³)	N°	specie	classe D	g(m²)	V(dm³)	V(m³)
1	maggiocion	20	0,26533	189,4	0,1894	1	faggio	20	0,40192	202,8	0,2028
2	faggio	20	0,10049	100	0,1	2	faggio	15	0,16913	106	0,106
3	faggio	15	0,06039	90,9	0,0909	3	faggio	20	0,45373	321,4	0,3214
4	faggio	20	0,18807	210	0,21	4	faggio	10	0,05691	32	0,032
5	faggio	20	0,10049	100	0,1	5	faggio	15	0,26494	132,3	0,1323
6	faggio	15	0,03339	40	0,04	6	faggio	15	0,16913	106	0,106
7	faggio	10	0,00031	0,1718	0,0001718	7	faggio	25	0,52504	390,5	0,3905
8	faggio	10	0,00031	0,1718	0,0001718	8	faggio	10	0,05691	32	0,032
9	faggio	35	0,86638	860	0,86	9	faggio	25	0,5468	448,6	0,4486
10	faggio	30	0,63671	639,2	0,6392	10	faggio	10	0,05691	32	0,032
11	sorbo mor	20	0,05652	68	0,068	11	faggio	15	0,16913	106	0,106
12	faggio	35	0,79403	812,3	0,8123	12	sorbo montano	15	0,07536	49,4	0,0494
13	faggio	35	0,79403	722,2	0,7222	13	faggio	30	0,76302	674,8	0,6748
14	faggio	40	1,12928	1069,9	1,0699	14	betulla	15	0,11775	68,8	0,0688
15	betulla	20	0,10049	88,3	0,0883	15	faggio	30	0,6818	438,7	0,4387
16	betulla	20	0,14308	122,3	0,1223	16	faggio	30	0,80331	719	0,719
17	betulla	20	0,157	148,1	0,1481	17	faggio	30	0,70698	520,1	0,5201
18	betulla	10	0,0002	0,08831	8,8313E-05	18	faggio	25	0,52504	390,5	0,3905
19	betulla	25	0,33166	265,7	0,2657	19	faggio	20	0,30806	197,7	0,1977
20	betulla	30	0,45828	331,6	0,3316	20	faggio	10	0,05691	32	0,032
21	betulla	10	0,00707	19,0755	0,0190755	21	faggio	10	0,06834	43,2	0,0432
22	salicene	25	0,44156	329,1	0,3291	22	faggio	40	1,256	1310,8	1,3108
23	faggio	15	0,03339	45,7	0,0457	23	faggio	30	0,75598	632	0,632
24	faggio	20	0,10049	100	0,1	24	faggio	30	0,6818	483,7	0,4837
25	faggio	20	0,18807	207	0,207	25	sorbo montano	20	0,26533	207,3	0,2073
26	faggio	25	0,35218	369,6	0,3696	26	betulla	10	0,00707	19,0755	0,01908
						27	faggio	15	0,02944	132,469	0,13247
						28	betulla	10	0,00314	5,652	0,00565
						29	betulla	20	0,05652	305,208	0,30521
						30	betulla	20	0,03925	176,625	0,17663
						31	betulla	10	0,00314	5,652	0,00565
						32	betulla	15	0,01884	67,824	0,06782

Tabella 24: area basimetrica e volume in ADS 28

N°	specie	classe D	g(m ²)	V(dm ³)	V(m ³)
1	castagno	15	0,2649375	169	0,169
2	castagno	20	0,157	129,7	0,1297
3	frassino maggiore	15	0,471	254	0,254
4	castagno	10	0,136028693	75,3	0,0753
5	castagno	20	0,341395094	188,9	0,1889
6	castagno	10	0,01256	45,216	0,045216
7	castagno	10	0,01256	45,216	0,045216
8	castagno	10	0,01256	45,216	0,045216
9	betulla	30	0,529875	494,6	0,4946
10	castagno	15	0,238754779	140,8	0,1408
11	castagno	20	0,359429304	232	0,232
12	castagno	10	0,02826	152,604	0,152604
13	sorbo montano	10	0,11304	70,6	0,0706
14	sorbo montano	15	0,229378932	93,3	0,0933
15	castagno	15	0,2251893	108,6	0,1086
16	castagno	15	0,241338019	140,8	0,1408
17	castagno	15	0,11775	91,3	0,0913
18	rovere	10	0,117161259	41,2	0,0412
19	betulla	25	0,19625	530,66	0,53066
20	betulla	10	0,007065	23,55	0,02355
21	castagno	20	0,370705384	255,1	0,2551
22	castagno	20	0,341395094	188,9	0,1889
23	castagno	10	0,038465	242,3295	0,2423295
24	castagno	10	0,038465	242,3295	0,2423295
25	castagno	10	0,038465	242,3295	0,2423295
26	castagno	20	0,33180568	158,4	0,1584
27	castagno	10	0,00314	5,652	0,005652
28	castagno	10	0,00314	5,652	0,005652
29	castagno	10	0,00314	5,652	0,005652
30	castagno	20	0,10048	251,2	0,2512
31	castagno	20	0,10048	251,2	0,2512
32	castagno	15	0,07536	141,3	0,1413
33	castagno	15	0,07536	141,3	0,1413
34	castagno	15	0,07536	141,3	0,1413
35	castagno	20	0,35325	255,2	0,2552
36	castagno	15	0,233463188	124,2	0,1242
37	frassino maggiore	20	0,45373	265,8	0,2658
38	betulla	15	0,233463188	106,4	0,1064
39	castagno	15	0,233463188	124,2	0,1242
40	castagno	10	0,05024	361,728	0,361728

Tabella 25: area basimetrica e volume in ADS 29

N°	specie	classe D	g(m ²)	V(dm ³)	V(m ³)
1	sorbo monta	35	0,89019	743	0,743
2	faggio	35	0,9800242	811,6	0,8116
3	rovere	15	0,3078996	118	0,118
4	castagno	35	0,9918475	825,5	0,8255
5	castagno	30	0,7919399	534,3	0,5343
6	faggio	25	0,6371084	439,2	0,4392
7	faggio	20	0,4746474	265,8	0,2658
8	faggio	15	0,2993491	90,6	0,0906
9	faggio	15	0,2993491	90,6	0,0906
10	faggio	25	0,63585	439,2	0,4392
11	faggio	20	0,4894609	321,4	0,3214
12	faggio	20	0,4746474	265,8	0,2658
13	faggio	20	0,4585368	215,4	0,2154
14	faggio	20	0,4585368	215,4	0,2154
15	faggio	20	0,4822022	292,9	0,2929
16	betulla	35	0,9712917	661,7	0,6617
17	faggio	35	1,099	1010,8	1,0108
18	faggio	20	0,4746474	265,8	0,2658
19	sorbo monta	15	0,3374348	147	0,147
20	sorbo monta	20	0,4585368	181,3	0,1813
21	castagno	20	0,4746474	261,3	0,2613
22	faggio	15	0,3234864	149,9	0,1499
23	faggio	20	0,4667694	239,9	0,2399
24	faggio	20	0,4746474	265,8	0,2658
25	faggio	20	0,4894609	340,3	0,3403
26	castagno	10	0,038465	242,3295	0,2423295
27	castagno	15	0,0294375	132,46875	0,1324688
28	betulla	35	0,9885409	743,3	0,7433
29	betulla	10	0,05024	361,728	0,361728
30	castagno	15	0,11775	91,3	0,0913

Tabella 26: area basimetrica e volume in ADS 30

N°	specie	Classe D	g(m ²)	V(dm ³)	V(m ³)
1	castagno	20	0,4056489	297,2	0,2972
2	castagno	20	0,4030269	271,4	0,2714
3	betulla	20	0,3980639	209,9	0,2099
4	betulla	20	0,3908885	171,1	0,1711
5	tiglio selvatico	15	0,2872083	128	0,128
6	sorbo montano	15	0,2872083	136	0,136
7	betulla	15	0,2768537	86	0,086
8	betulla	15	0,2839695	124	0,124
9	betulla	15	0,2839695	124	0,124
10	castagno	35	0,7940275	829,5	0,8295
11	castagno	25	0,5024	412,4	0,4124
12	castagno	25	0,5168451	381,9	0,3819
13	castagno	20	0,26533	183,6	0,1836
14	betulla	20	0,404611	252,7	0,2527
15	betulla	35	0,7578558	580	0,58
16	betulla	20	0,45373	267,8	0,2678
17	betulla	20	0,3933578	190	0,19
18	pioppo bianco	15	0,3402975	135,2	0,1352
19	betulla	15	0,2649375	124	0,124
20	castagno	25	0,5671625	292,1	0,2921

Tabella 27,28: area basimetrica e volume in ADS 31,32

N°	specie	Classe D	g(m ²)	V(dm ³)	V(m ³)	N°	specie	Classe D	g(m ²)	V(dm ³)	V(m ³)
1	faggio	10	0,0838093	62,5	0,0625	1	castagno	20	0,42991132	297,2	0,2972
2	faggio	10	0,0361757	22,9	0,0229	2	castagno	25	0,6411689	427,5	0,4275
3	rovere	15	0,1642474	87,5	0,0875	3	castagno	30	0,529875	480,3	0,4803
4	rovere	10	0,0901667	67,8	0,0678	4	castagno	20	0,37277698	232	0,232
5	rovere	15	0,2819532	203,3	0,2033	5	castagno	25	0,3316625	3880,45125	3,88045125
6	rovere	15	0,178896	101,7	0,1017	6	castagno	15	0,0105975	28,61325	0,02861325
7	rovere	10	0,05024	62,8	0,0628	7	sorbo montano	15	0,14632298	74,9	0,0749
8	faggio	15	0,2034293	100,1	0,1001	8	sorbo montano	15	0,14632298	74,9	0,0749
9	rovere	10	0,05024	361,728	0,361728	9	sorbo montano	10	0,02703428	20,9	0,0209
10	rovere	10	0,038465	242,3295	0,2423295	10	sorbo montano	15	0,1989975	112,4	0,1124
11	rovere	25	0,19625	1766,25	1,76625	11	rovere	10	0,0785	61,3	0,0613
12	faggio	10	0,0712803	48	0,048	12	rovere	20	0,35325	264,4	0,2644
13	rovere	20	0,4148234	252,9	0,2529	13	rovere	15	0,14632298	92,9	0,0929
14	rovere	20	0,4148234	242,9	0,2429	14	rovere	10	0,01256	10	0,01
15	rovere	10	0,0785	706,5	0,7065	15	rovere	20	0,34371423	238,3	0,2383
16	rovere	10	0,02826	152,604	0,152604	16	rovere	25	0,5671625	398,6	0,3986
17	betulla	10	0,02826	38,151	0,038151	17	rovere	10	0,01256	45,216	0,045216
18	rovere	20	0,4148234	242,9	0,2429	18	rovere	10	0,05024	361,728	0,361728
19	rovere	10	0,02826	152,604	0,152604	19	rovere	20	0,42991132	342,5	0,3425
20	rovere	10	0,019625	88,3125	0,0883125	20	rovere	10	0,06797738	54,7	0,0547
21	rovere	15	0,04239	105,975	0,105975	21	betulla	20	0,50868	258,4	0,2584
22	betulla	20	0,02512	90,432	0,090432	22	betulla	20	0,03925	176,625	0,176625
23	rovere	10	0,019625	39,25	0,03925	23	rovere	15	0,16956	1831,248	1,831248
24	rovere	15	0,16956	1831,248	1,831248	24	sorbo montano	10	0,01562308	13	0,013
25	faggio	20	0,4148234	202,8	0,2028	25	castagno	20	0,42991132	297,2	0,2972
26	betulla	20	0,3759376	150	0,15	26	castagno	25	0,60703302	373,5	0,3735
27	rovere	20	0,4915161	318,6	0,3186	27	castagno	10	0,02703428	22,5	0,0225
28	rovere	15	0,07536	542,592	0,542592	28	castagno	10	0,05363719	41,5	0,0415
29	betulla	12	0,0021195	16,956	0,016956	29	castagno	15	0,0576975	363,49425	0,36349425
30	rovere	10	0,019625	39,25	0,03925	30	faggio	25	0,5024	330,6	0,3306
31	rovere	10	0,0531368	33,1	0,0331	31	faggio	20	0,28474519	147,2	0,1472
32	faggio	10	0,0712803	48	0,048	32	faggio	25	0,67484526	550,7	0,5507
33	betulla	20	0,4148234	171,1	0,1711	33	faggio	30	0,76302	632	0,632
34	rovere	25	0,8442613	584,5	0,5845	34	faggio	30	0,92777813	656,2	0,6562
35	rovere	15	0,178896	1984,5536	1,9845536	35	faggio	30	1,00376588	787,2	0,7872
36	faggio	15	0,1740052	79,8	0,0798	36	faggio	30	0,76302	719	0,719
37	faggio	10	0,057582	32	0,032	37	faggio	15	0,19120392	130,5	0,1305
38	rovere	25	0,8442613	584,5	0,5845	38	faggio	25	0,57243831	351,2	0,3512
39	rovere	15	0,00471	35,325	0,035325	39	rovere	15	0,2135589	164,1	0,1641
40	faggio	25	0,7994852	449,7	0,4497	40	rovere	25	0,5671625	471,6	0,4716
41	faggio	20	0,5292331	310,1	0,3101						
42	betulla	15	0,0953775	772,55775	0,7725578						
43	betulla	10	0,007065	19,0755	0,0190755						
44	faggio	20	0,4915161	281,4	0,2814						
45	faggio	30	1,245795	720	0,72						
46	betulla	15	0,2672916	120,4	0,1204						
47	faggio	20	0,50868	340,3	0,3403						
48	faggio	10	0,094985	62,5	0,0625						

Da questi dati si è ricavata l'area basimetrica totale, il diametro medio e il volume totale per ogni area di saggio (Tabella 29):

Tabella 29: Area basimetrica totale, volume totale e diametro medio per ogni area di saggio

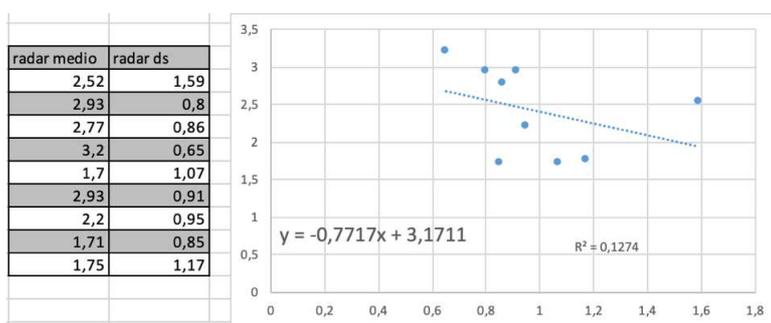
ads	area bas tot (m ²)	vol tot(m ³)	d medio
23	8,89	11,01	22,81
24	17,79	19,77	27,97
25	7,34	6,93	21,5
26	10,1	8,39	19,13
28	6,97	6,58	14,85
29	15,47	10,76	21,47
30	8,28	5,19	20,39
31	11,19	14,97	15,2
32	13,27	15,82	18,73

L'area basimetrica è la sezione circolare, misurata ad altezza di petto d'uomo, di un albero, è molto importante per capire quanto un albero si sia sviluppato in larghezza, mentre il volume è utile a capire quanto l'albero si sia accresciuto in altezza e in larghezza. L'area di saggio con un maggior accrescimento è la numero 24 mentre quella con un minor accrescimento è la numero 28.

3.2. CORRELAZIONI TRA VALORI RADAR E DATI OTTENUTI

Ecco i grafici relativi alla correlazione tra RADAR e dati ottenuti:

Grafico 1: correlazione tra RADAR medio e deviazione standard

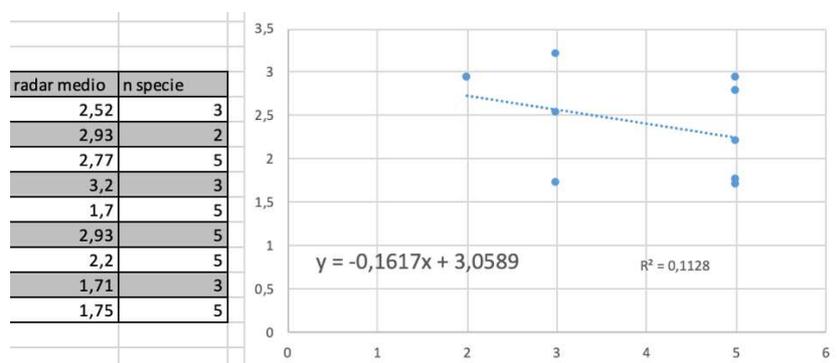


Come si può notare i valori della media rispettano abbastanza bene i valori reali avendo come massimo di deviazione standard il valore 1,59 dell'area di saggio 23. Mediamente si nota inoltre come il RADAR medio e la deviazione standard

siano inversamente proporzionali, infatti all'aumentare del RADAR medio diminuisce la deviazione standard.

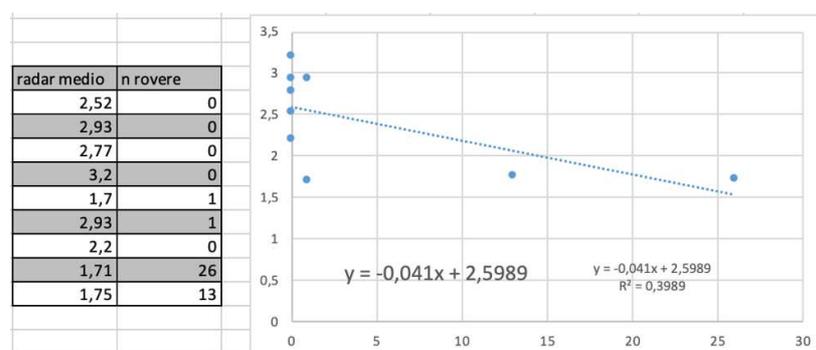
In seguito, si è deciso di mettere in correlazione il valore medio RADAR con il numero di specie arboree presenti nell'area di saggio, questa correlazione è utile per capire se il valore RADAR rispecchia effettivamente la biodiversità di specie arboree (Grafico 2).

Grafico 2: correlazione tra RADAR medio e numero di specie



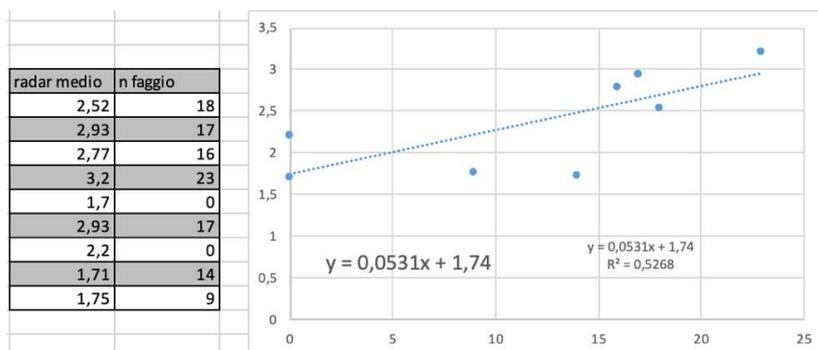
Mediamente a un più alto valore di RADAR medio corrisponde un più basso numero di specie. Questo può essere dovuto ad esempio al tipo di specie arborea presente, ed è per questo motivo che si è deciso di mettere in correlazione il RADAR medio con il numero delle principali specie arboree rilevate. Questa correlazione ci è utile a capire quali tipologie di piante arboree favoriscano o meno la biodiversità. Le piante arboree maggiormente presenti nelle aree di saggio sono: Rovere, Faggio, Castagno e Betulla e con ognuna di esse si è fatta una correlazione (Grafici 3, 4, 5, 6).

Grafico 3: correlazione tra RADAR medio e numero di piante di Rovere



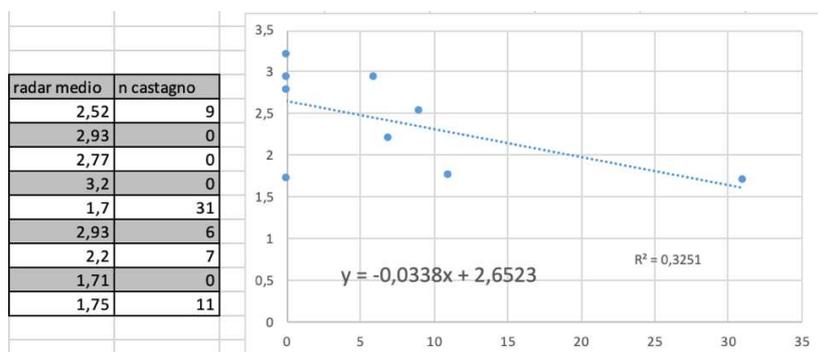
Si osserva come mediamente ad un aumento del numero di piante di Rovere all'interno di un'area di saggio il valore RADAR medio diminuisca, questo può essere un indice importante all'interno di una gestione forestale in quanto la Rovere è una pianta ad alto valore economico, visto l'ampio utilizzo del suo legno pregiato, tuttavia per una gestione forestale che punti alla maggiore biodiversità la Rovere sembrerebbe una pianta da escludere.

Grafico 4: correlazione tra RADAR medio e numero di piante di Faggio



Si può subito notare come mediamente ad un aumento del numero di piante di Faggio aumenti anche il valore RADAR medio, è l'esatto contrario del caso precedente, in quanto il Faggio è una pianta con un valore economico basso, utilizzata principalmente come legna da ardere ma che favorisce un aumento di biodiversità, è quindi da prendere in considerazione per una gestione forestale che vuole aumentare la biodiversità.

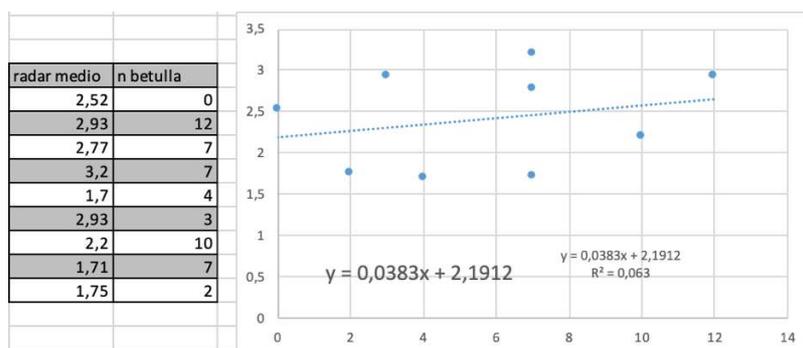
Grafico 5: correlazione tra RADAR medio e numero di piante di Castagno.



Si può notare come mediamente ad un maggior numero di piante di castagno corrisponda un minor valore di RADAR medio, questo dato rappresenta un po'

una contraddizione in quanto il Castagno pur essendo una pianta longeva e dalle grandi dimensioni, specialmente per quanto riguarda il diametro, all'interno di un'area di saggio va a diminuire la biodiversità, questo accade perché delle ricerche hanno dimostrato che il Castagno ha poca entomofauna associata.

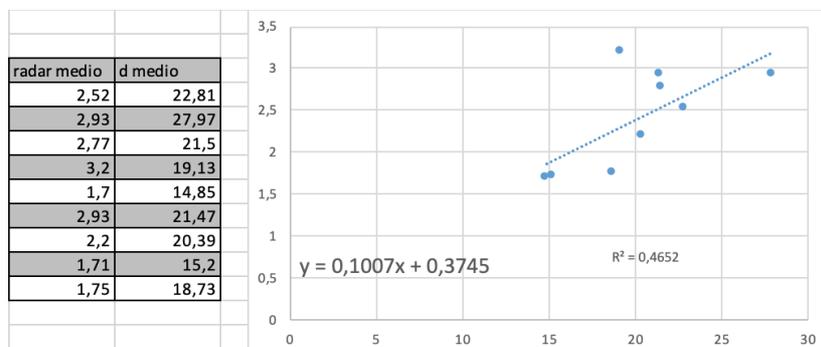
Grafico 6: correlazione tra RADAR medio e numero di piante di Betulla



Si può notare come mediamente ad un aumento del numero di piante di Betulla corrisponda anche un aumento del valore RADAR medio, anche in questo caso come nel Faggio, la Betulla viene usata principalmente come legna da ardere e quindi ha un basso valore economico tuttavia favorisce l'aumento della biodiversità.

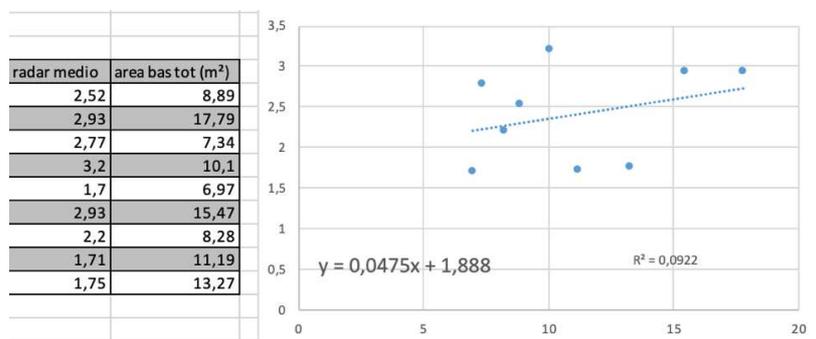
Una volta capito quali specie arboree favoriscano di più la biodiversità all'interno delle aree di saggio prese in esame un altro dato da mettere in correlazione con il valore di RADAR medio è il diametro. Questa correlazione ci aiuta a capire se effettivamente, ad un aumento del diametro medio delle piante, corrisponda un aumento del valore RADAR medio (Grafico 7).

Grafico 7: correlazione tra RADAR medio e diametro medio



Si può subito notare come mediamente ad un aumento del diametro medio corrisponda un aumento del valore RADAR medio, quindi mantenere all'interno di una foresta alberi con maggior diametro aumenta di molto la biodiversità. Per avvalorare questo dato si è deciso di mettere in correlazione con il RADAR medio anche l'area basimetrica totale delle aree di saggio in esame (Grafico 8).

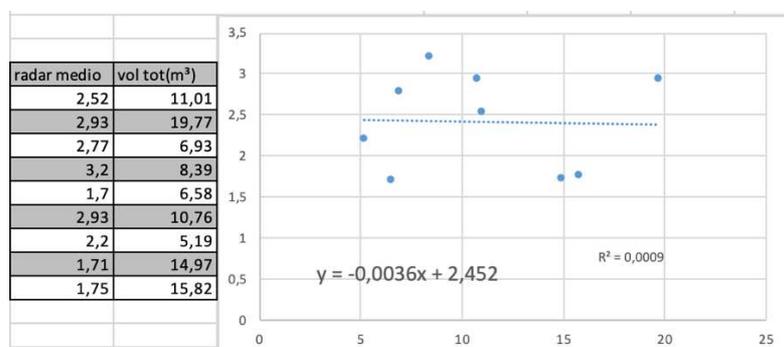
Grafico 8: correlazione tra RADAR medio e area basimetrica totale



Anche in questo caso mediamente all'aumentare dell'area basimetrica totale delle aree di saggio aumenta anche il valore RADAR medio. Questo a dimostrazione del fatto che piante più vecchie e con un diametro maggiore favoriscono molto la biodiversità.

Una volta correlati al valore RADAR il diametro medio e l'area basimetrica totale si è deciso di correlare il volume dell'area di saggio con il valore RADAR (Grafico 9).

Grafico 9: correlazione tra RADAR e volume dell'area di saggio



Come si può notare mediamente il valore RADAR e il volume dell'area di saggio vanno a pari passo, con una leggera tendenza negativa, all'aumentare del volume diminuisce di poco il valore RADAR. Questo indica che l'accrescimento volumetrico può essere un fattore che incide positivamente sia sulla biodiversità che sul valore economico.

3.3. DISCUSSIONE

3.3.1 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Dai risultati ottenuti si capisce come la specie e le dimensioni degli alberi influenzino di molto la presenza di microhabitat, infatti all'aumentare delle dimensioni medie degli alberi aumenta di molto la presenza di microhabitat, così come si intuisce quanto il faggio sia, tra le piante prese in esame, la specie che tende ad avere un maggior numero di microhabitat. Queste affermazioni sono anche confermate da altri studi sui microhabitat fatti in Francia dove si afferma che con l'aumento delle dimensioni degli alberi aumenti anche il numero di microhabitat (Vuidot et al. 2011; Augustynczyk et al. 2018). Queste affermazioni sono molto utili per entrambi gli scopi di questa ricerca: valutare se il metodo RADAR sia efficace e individuare dei fattori ambientali e strutturali che possano aumentare la ricchezza di microhabitat.

Dai risultati ottenuti però si riscontra anche un altro fattore importante ai fini di questa ricerca, cioè il fatto che ad un maggior numero di specie diminuisca la presenza di microhabitat sulle piante, il che può essere attribuito alla poca gestione, infatti l'area oggetto di studio è poco gestita e questo ha portato alla crescita incontrollata di diverse specie che potrebbero essere entrate in competizione per le risorse presenti andando di fatto a diminuire la crescita potenziale di ciascun albero.

All'interno dei risultati ottenuti si osserva anche una certa variabilità dovuta alle stime che si sono fatte in campo nella valutazione del metodo RADAR, infatti i punteggi RADAR rappresentano una stima e quindi non potrà mai essere corretta al 100%. Un altro fattore negativo di questo metodo è il fatto che alcuni dati sono difficili da osservare in campo rapidamente ma necessitano di una

valutazione più accurata, come ad esempio la presenza di Nidi che per piante molto alte e con una folta chioma sono difficili da individuare, affermazione fatta anche da Winter e Möller nel 2008.

Nel complesso il metodo RADAR è abbastanza accurato nella valutazione generale dei microhabitat in un'area di saggio anche se dovrebbe essere modificato leggermente a seconda della regione geografica in cui ci si trova, è impossibile pensare infatti che in climi ed ecosistemi diversi ci siano gli stessi microhabitat. Il metodo RADAR quindi può essere sviluppato e migliorato inserendo o togliendo fattori a seconda del luogo in esame, ad esempio in Nord America sono molto importanti i nidi di formiche nella valutazione dei microhabitat (Asbeck et al. 2020) fattore non considerato nel metodo RADAR. A livello generale però si può considerare tale metodo molto valido nella valutazione dei microhabitat in tutte le tipologie forestali.

Un aspetto positivo del metodo RADAR sta nel fatto che da un valore ai microhabitat e, di conseguenza, un valore anche all'albero considerato, questo può essere molto utile a livello di gestione forestale, infatti permette di andare ad identificare quali piante incidono positivamente o negativamente sulla presenza di microhabitat e questo consente, ad esempio, di effettuare degli interventi mirati per migliorare il numero di microhabitat (e quindi il valore RADAR) di un bosco.

3.3.2. METODI DI GESTIONE FORESTALE DELLA BIODIVERSITÀ

Nel corso degli ultimi anni con la biodiversità sta avendo sempre più importanza in campo agricolo e forestale, questo ha portato sempre più ricercatori a fare ricerche su come valutare la biodiversità, osservando anche le possibili differenze in foreste gestite e non gestite e proponendo diversi metodi.

Infatti, sulla carta enormi sono le differenze che intercorrono tra foreste gestite e non gestite, nelle foreste gestite infatti si ha avuto una semplificazione della struttura e della composizione delle foreste per favorire la produzione di legno (Puettmann et al. 2009) e il disturbo industriale è diverso dal disturbo che si avrebbe in modo naturale (Lindenmayer e Franklin, 2002),

su questa ipotesi si sono effettuati diversi studi tra di cui uno studio sulle foreste ircaniane dell'Iran: le foreste miste temperate nella regione ircaniana nell'Iran settentrionale sono uno degli ecosistemi naturali più importanti con il più alto valore economico e un ruolo chiave nella conservazione della biodiversità forestale in Iran. Queste foreste sono caratterizzate da una struttura di popolamento eterogenea, orizzontale o verticale (Sefedi et al. 2016). La specie arborea caratteristica più abbondante è il *Fagus orientalis* L. Oggi, le parti principali di queste foreste iraniane sono gestite con sistemi di selezione degli alberi individuali con interventi ogni 10 anni volti a imitare i processi dinamici dei gap naturali. Nonostante l'importanza ecologica dei microhabitat degli alberi per la biodiversità, mancano informazioni sull'impatto di questo approccio di gestione sulla presenza di microhabitat arborei nelle foreste dominate dal faggio orientale (*Fagus orientalis* L.) in Iran (Khanalizadeh et al. 2020).

Questo studio non ha trovato grandi differenze nella presenza di microhabitat tra foreste gestite e no, questo può essere spiegato dalla somiglianza delle foreste e dalla loro storia di gestione. Al contrario, Michel e Winter (2009) hanno riscontrato differenze significative nella densità del microhabitat lungo un gradiente di intensità di gestione. Paillet et al. (2017) hanno mostrato che nelle foreste montane francesi, la densità di microhabitat sugli alberi viventi era significativamente più alta nelle riserve forestali non gestite rispetto alle foreste gestite. È ovvio che nelle foreste non gestite, gli "alberi habitat" (cioè grandi alberi, alberi secolari) sono più frequenti rispetto alle foreste gestite a causa delle linee guida di gestione comuni che si concentrano principalmente sulla qualità del legno. Tuttavia, Vuidot et al. (2011) hanno scoperto che a livello di albero, la gestione forestale non ha influenzato i microhabitat. Quindi, vista la variabilità di risultati e teorie in letteratura si può affermare a livello generale che: l'influenza della gestione dipende anche dal luogo e dalle specie presenti, e che solitamente una foresta non gestita favorisce meglio la formazione di grandi alberi habitat.

Quindi, una questione importante è capire la dopo quanto tempo una foresta diventa "non gestita", visto che il tempo trascorso dall'ultimo taglio può essere

considerato un fattore efficace per la densità del microhabitat. Dalla letteratura in merito si capisce tuttavia che dopo aver messo da parte una foresta gestita di recente, potrebbe essere necessario molto tempo prima che i microhabitat si formino e si accumulino (Regnery et al. 2013). Secondo Larrieu et al. (2017) anche la densità e la diversità dei microhabitat potrebbero non svilupparsi in modo lineare dopo che la gestione si è interrotta e alcuni microhabitat potrebbero impiegare fino a 50 anni o più per svilupparsi.

Ciò mostra anche che il semplice utilizzo di un approccio di gestione generale come predittore della densità del microhabitat potrebbe non essere abbastanza specifico ma richiede una linea guida operativa per la selezione degli alberi da tagliare. I modelli predittivi che indicano quali alberi in una foresta possono sopportare e accumulare microhabitat durante il ciclo di vita possono fornire un utile supporto nella definizione delle linee guida di gestione (Khanalizadeh et al. 2020), in questo contesto il metodo RADAR può risultare molto utile nella comprensione di quali alberi possano accumulare microhabitat.

Oggi esiste il metodo della silvicoltura di conservazione che è un approccio basato sulla conservazione a lungo termine di strutture e organismi al momento del taglio. L'obiettivo è quello di raggiungere un livello di continuità nella struttura, composizione e complessità della foresta in modo da favorire la biodiversità (Gustafsson et al. 2012). Questo approccio è nato dalla consapevolezza che anche i disturbi naturali intensi lasciano un'eredità biologica e un'eterogeneità nella foresta che contrasta con l'ambiente omogeneo lasciato dalla silvicoltura tradizionale (Franklin et al. 2000). Questo metodo permette inoltre di lasciare alberi di grandi dimensioni che, come detto in precedenza, possono ospitare diversi microhabitat. Questo tipo di conservazione è anche adattabile ai sistemi emergenti di gestione forestale come il taglio per la bioenergia o la gestione delle foreste per lo stoccaggio del carbonio (Gustafsson et al. 2012).

Un altro metodo di gestione della biodiversità nelle foreste è l'approccio di zonizzazione funzionale (TRIAD) molto usato in Nord America. L'obiettivo di questo approccio è ridurre al minimo gli impatti ambientali negativi della selvicoltura mantenendo però un buon approvvigionamento di legname andando

a dividere la foresta in tre ampie zone: zona di conservazione, zona di gestione dell'ecosistema e zona di produzione del legno (Côté et al. 2010).

La zona di conservazione solitamente è formata da una rete di riserve, nella zona di gestione dell'ecosistema invece emula i disturbi naturali (Landres et al., 1999), si presume che tale approccio denominato "gestione basata sui disturbi naturali", avvantaggi le specie autoctone fornendo condizioni simili a quelle a cui sono adattate (Hauffler et al., 1996; Landres et al. 1999).

La capacità di questo approccio di emulare i modelli paesaggistici creati dal regime di perturbazione naturale e mantenere gli attributi di vecchia crescita e un'industria forestale vitale può variare a seconda della proporzione di foresta assegnata a ciascuna delle tre zone (Côté et al. 2010) quindi anche questo metodo deve essere valutato caso per caso.

Secondo alcuni ricercatori, la zonizzazione del paesaggio è vantaggiosa in quanto fornisce direzioni di gestione chiare, specifiche ed efficaci (Haas et al. 1987) e riduce la possibilità di conflitto tra le parti interessate stabilendo un ordine gerarchico di usi all'interno di ogni zona (Walther, 1986; Andison, 2003; Zhang, 2005). La zonizzazione può anche aiutare a concentrare le attività di taglio nel paesaggio diminuendo ad esempio la frammentazione antropica e ottimizzando i benefici economici (Swallow et al., 1990; Binkley, 1997; Beese et al., 2003).

Un aspetto negativo di questo approccio è il fatto che le differenze con i metodi tradizionali si riscontrino dopo 100 o a volte 200 anni, questo perché i modelli di paesaggio sono altamente resistenti al cambiamento (Wallin et al., 1994; Wong and Iverson, 2004; Pelletier et al., 2007). Questo indica anche la necessità di una visione a lungo termine nella pianificazione di gestione forestale.

3.3.3. QUANTIFICAZIONE IN TERMINI NUMERICI DELLA BIODIVERSITÀ E SUO POSSIBILE INSERIMENTO NEI PIANI DI GESTIONE FORESTALE

Nonostante oggi il tema della biodiversità sia un tema molto importante esistono pochi metodi per la sua valutazione e tutela, questo è dovuto al fatto che la biodiversità sia comunque un tema recente. I pochi metodi sviluppati per il mantenimento della biodiversità spesso risultano semplici e insufficienti per il mantenimento effettivo della biodiversità, in questo contesto un metodo rapido e semplice per la quantificazione della biodiversità, come il metodo RADAR, può avere un ruolo fondamentale. Infatti, il metodo RADAR permette di dare un valore numerico alla presenza di possibili microhabitat e questo valore può essere associato alla biodiversità. Ad esempio, si potrebbe associare il valore RADAR di un albero alla biodiversità ed affermare con una certa correttezza che più è alto il valore RADAR e più è alto il valore di biodiversità. Seguendo questo ragionamento il valore RADAR potrebbe essere usato come indice semplificato per valutare la biodiversità e quindi potrebbe essere inserito anche nelle normative, potrebbe anche essere usato per definire i premi della PAC per la biodiversità, si potrebbe ad esempio usare il valore RADAR medio ad ettaro per definire i vari scaglioni di biodiversità a cui associare i vari premi. Questo non solo renderebbe più veritiero il premio andando a pagare direttamente il valore della biodiversità, ma renderebbe anche più semplici le operazioni di controllo e verifica della biodiversità.

Il metodo RADAR potrebbe anche avere un ruolo importante nella quantificazione e retribuzione dello stoccaggio del carbonio (carbon sink), infatti è ovvio come lo stoccaggio di carbonio sia maggiore all'aumentare del volume, e di conseguenza della biomassa, degli alberi e che mediamente anche il valore RADAR aumenta con l'aumentare del volume, quindi si potrebbe, attraverso degli studi più approfonditi, anche in questo caso associare il valore RADAR con una certa quantità di carbonio stoccato e quindi associare a quel valore un compenso.

Questi incentivi spronerebbero sempre più gestori ad inserire nei piani di gestione forestale la biodiversità quantificata con il metodo RADAR che da

anche la possibilità di capire quali piante hanno o potranno avere microhabitat, e quindi biodiversità, e quali invece si possono esportare, l'uso di questo metodo andrebbe a modificare radicalmente la gestione forestale rendendola più semplice e veloce specialmente in quelle foreste di riserva in cui si fanno pochi interventi atti a favorire la biodiversità e le foreste non gestite potrebbero essere gestite in modo semplice ed efficace andando a diminuire il progressivo abbandono delle aree rurali.

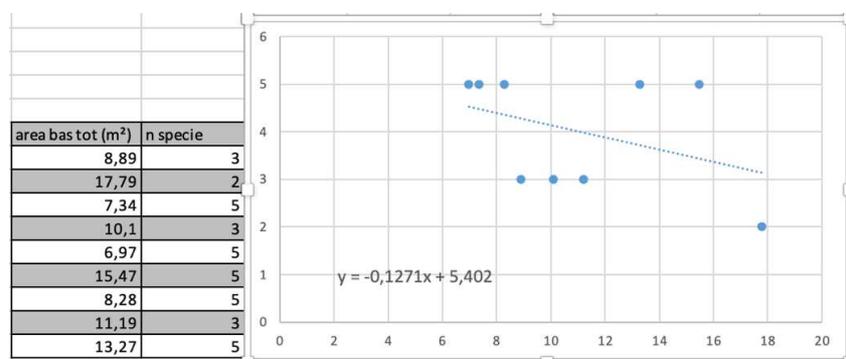
L'uso del metodo RADAR infine agevolerebbe il lavoro dei dottori forestali in fase di martellamento delle piante visto che bastano pochi minuti per valutare il valore in termini di biodiversità potenziale di un albero e questo valore può orientare sulla scelta degli alberi da tenere.

3.3.4. PROPOSTA DI GESTIONE PER LA CONSERVAZIONE DELLA BIODIVERSITÀ NELL'AREA OGGETTO DI STUDIO

Dai risultati ottenuti dalle analisi del metodo RADAR e dalle ricerche effettuate nella letteratura si capisce come la biodiversità non sia ancora adeguatamente ricercata e protetta e questa mentalità si è riscontrata anche nell'area oggetto di studio. In questo caso infatti si tratta di foreste poco gestite, scelta dovuta anche alla posizione difficilmente raggiungibile tramite mezzi forestali, in cui però una valutazione RADAR può essere utile per programmare ed effettuare degli interventi mirati per favorire la biodiversità.

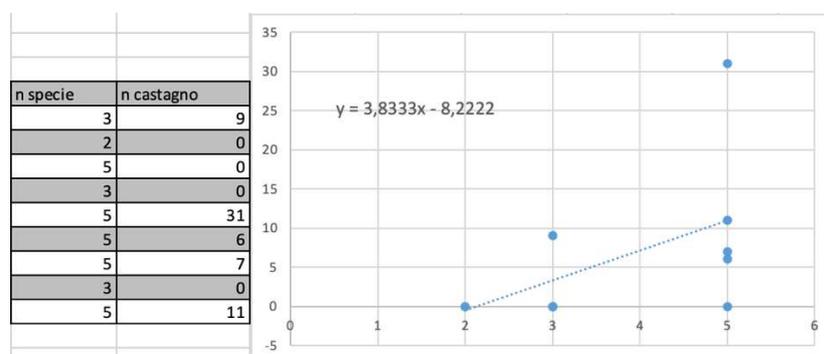
Essendo aree poco gestite è stato riscontrato un numero di specie arboree all'interno delle aree di saggio che va da 2 a 5 (Grafico 2), contrariamente a quello che si può pensare è risultato che i microhabitat mediamente diminuiscono all'aumentare delle specie, questo può essere dovuto, come già detto in precedenza, alla concorrenza che si instaura tra piante di specie differenti, oppure potrebbe essere dovuto alla possibile scarsità di risorse nel terreno, entrambi i fattori contribuiscono alla crescita di piante più stentate e di minori dimensioni, affermazione confermata anche dalla correlazione tra numero di specie e area basimetrica delle aree di saggio (Grafico 10).

Grafico 10: Correlazione tra numero di specie e area basimetrica dell'area di saggio



La diminuzione del RADAR medio con un maggior numero di specie potrebbe anche essere dovuta alla specie arborea maggiormente presente, ad esempio un popolamento di castagno avrà un RADAR medio inferiore rispetto a un popolamento di faggio a parità di numero di piante, infatti si è rilevato che ad un maggior numero di specie corrisponde un maggior numero di piante di castagno (Grafico 11).

Grafico 11: correlazione tra numero di specie e numero di piante di castagno



Una possibile soluzione per aumentare la biodiversità sarebbe quella di andare a selezionare all'interno delle aree di saggio con un maggior numero di specie delle piante da asportare per facilitare la crescita di quelle piante con maggiore attitudine alla presenza di microhabitat e quindi di biodiversità. A questo scopo ci tornano utili i grafici 3,4,5 e 6 che descrivono quali specie all'interno delle aree di saggio studiate siano più ricche di biodiversità, da tali grafici si evidenzia come le piante con maggiore biodiversità siano il Faggio e la Betulla,

mentre la Rovere e il Castagno hanno un impatto negativo sulla presenza di microhabitat, questo perchè all'interno dell'area oggetto di studio il Castagno e la Rovere hanno diametri medi inferiori ai 20 cm. Per quanto riguarda il Castagno questo fenomeno può essere dovuto al fatto che la maggior parte delle piante abbiano subito negli ultimi anni diverse malattie, questo ha portato quasi all'azzeramento della produzione di castagne nell'area di studio. Per quanto riguarda la Rovere invece questo fenomeno può essere spiegato dal fatto che la maggior parte delle piante siano giovani.

Un altro aspetto importante per gestire un'area forestale con lo scopo di aumentarne la biodiversità è la previsione dei possibili alberi d'avvenire e che quindi possano in futuro diventare alberi ricchi di microhabitat, per questo scopo ci tornano utili i valori delle tabelle 11,12,13,14,15,16,17,18 e 19. Infatti, si possono considerare alberi d'avvenire quelli con un valore radar pari a 2 o 3, mentre alberi con un valore superiore sono considerati habitat e quindi da tenere assolutamente.

Tornando quindi al discorso su quali piante asportare è ovvio come, nell'area oggetto di studio, sia necessario asportare tutte quelle piante con un valore RADAR inferiore a 2, in modo tale da dare la possibilità alle altre piante di crescere meglio e quindi di diventare alberi habitat, il legname tagliato potrà essere utilizzato sia come legno da opera sia come legno da ardere.

Si consiglia anche la rimozione (dove possibile) di una parte delle piante morte a terra (nonostante siano ricche di microhabitat), questo perché potrebbero risultare determinanti per la propagazione degli incendi, già accaduti nel recente passato dell'area di studio.

In conclusione, si consiglia di adottare una gestione non troppo conservativa apportando tagli saltuari per migliorare le caratteristiche di biodiversità.

4. CONCLUSIONI

La biodiversità è sicuramente un valore aggiunto delle foreste e delle aree verdi in generale, e per questo dovrà essere sempre più considerata all'interno della gestione e della legislatura legata al settore forestale e agrario, in Europa e di conseguenza anche in Italia le direttive PAC spingono sempre di più su questa via ma purtroppo ancora non basta. I problemi relativi alla biodiversità nascono dal fatto che sia di difficile valutazione, infatti ad oggi non esistono dei valori numerici di biodiversità da rispettare ma solo delle direttive su quante piante o prati ad ettaro lasciare, in questa situazione il metodo RADAR può effettivamente rappresentare un metodo di valutazione della biodiversità attraverso degli indici numerici basati sulla presenza di microhabitat.

I due grandi vantaggi del metodo RADAR sono: la facilità di utilizzo da parte degli operatori e la possibilità di adattarlo per ogni situazione, infatti attraverso successivi studi è possibile modificare alcuni indici del metodo RADAR adattandoli alla zona di utilizzo. Facendo ciò sarà possibile ottenere delle valutazioni di biodiversità standard da poter usare in tutto il mondo rendendo anche più semplice la creazione di una normativa sulla biodiversità che sfrutti questo metodo, ovviamente prima di arrivare ad una situazione di questo tipo dovranno passare un po' di anni, per questo è di primaria importanza sensibilizzare non solo i gestori e le istituzioni politiche ma anche le persone comuni sull'importanza della tutela e della valorizzazione della biodiversità. Infine, la biodiversità sarà in futuro molto importante, non solo sotto l'aspetto ambientale ma anche come fonte di reddito extra per le aziende che la rispettano e tutelano.

BIBLIOGRAFIA

ANDISON D.W., 2003 - Tactical forest planning and landscape design. In: Burton, P.J., Messier, C., Smith, D.W., Adamowicz, W.L. (Eds.), *Towards Sustainable Management of the Boreal Forest*. NRC Research Press, Ottawa, 433-480.

ASBECK T., BASILE M., STITT J., *et al.*, 2020 - Tree-related microhabitats are similar in mountain forests of Europe and North America and their occurrence may be explained by tree functional groups. *Trees* (34), 1453-1466.

AUGUSTYNICZIK A.L.D., YOUSEFPOUR R., RODRIGUEZ L.C.E., HANEWINKEL M., 2018 - Conservation costs of retention forestry and optimal habitat network selection in southwestern Germany. *Ecological Economics* (148): 92-102.

BAUHUS J., PUETTMAN K., MESSIER C., 2009 - Silviculture for old-growth attributes. *Forest Ecology and Management* (258), 525-537.

BEESE W.J., DUNSWORTH B.J., ZIELKE K., BANCROFT B., 2003 - Maintaining attributes of old-growth forests in coastal B.C. through variable retention. *Forestry Chronicle* (79), 570-578.

BINKLEY C., 1997 - Preserving nature through intensive plantation forestry: the case for forest allocation with illustrations from British Columbia. *Forestry Chronicle* (73), 553-559.

BLASI C., BOVIO G., CORONA P.M., MARCHETTI M., MATURANI A., 2004 - Incendi e complessità ecosistemica. Dalla pianificazione forestale al recupero ambientale. Pubblicato da Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, S.B.I. Roma.

BOVIO G., ASCOLI D., VALSECCHI C., BOTTERO A., 2010 - Indagine sulle caratteristiche degli incendi boschivi e sulle dinamiche di risposta degli ecosistemi forestali (1): 9-27. Pubblicato da Regione Piemonte e dal dipartimento AgroSelviTer dell'Università di Torino.

COMITATO CAPITALE NATURALE, 2017 - Primo Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia, Roma.

COMITATO PER IL CAPITALE NATURALE, 2017 - Primo rapporto sullo stato del capitale naturale in Italia.

CONFERENZA DELLE NAZIONI UNITE SU AMBIENTE E SVILUPPO, 1992. Rio de Janeiro.

CÔTÈ P., TITTLER R., MESSIER C., KNEESHAW D., FALL A., FORTIN M.J., 2010 - Comparing different forest zoning options for landscape-scale management of the boreal forest: Possible benefits of the TRIAD. *Forest Ecology and Management* (259), 418-427.

CULLOTTA S., MAETZKE F., 2008 - La pianificazione forestale ai diversi livelli in Italia. *L'Italia Forestale e Montana*, 63 (1): 29-47

DI LALLO G., OTTAVIANO M., SALLUSTIO L., LASSERRE B., MARCHETTI M., 2018 - Il paesaggio italiano tra urbanizzazione e ricolonizzazione forestale.

FOLKE C., CARPENTER S., ELMQVIST T., GUNDERSON L., HOLLING C.S., WALKER B., 2002 - Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations. Pubblicato da *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 31(5), 437-440.

FRANKLIN J.F., LINDENMAYER D., MACMAHON J.A., MCKEE A., MAGNUSSON J., PERRY D., WAIDE R., FOSTER D., 2000 - Threads of continuity: Ecosystem disturbances, biological legacies and ecosystem recovery. *Conservation Biology in Practice* (1), 8-16.

GUSTAFFSON L., BAKER S., BAUHUS J., BEESE W., BRODIE A., KOUKI J., LINDENMAYER D., LÖHMUS A., MARTINEZ PASTUR G., MESSIER C., NEYLAND M., PALIK B., SVERDRUP-THYGESON A., VOLNEY W., WAYNE A., FRANKLIN J.F., 2012 - Retention forestry to maintain multifunctional forests: a world perspective. *BioScience* (62), 633-645.

HASS G.E., DRIVER B.L., BROWN P.J., LUCAS R.C., 1987 - Wilderness management zoning. *Journal of Forestry* (85), 17-21.

HAUFLER J., MEHL C.A., ROLOFF G., 1996 - Using a coarse-filter approach with species assessment for ecosystem management. *Wildlife Society Bulletin* (24), 200-208.

LANDRES P., MORGAN P., SWANSON F., 1999 - Overview of the Use of Natural Variability Concepts in Managing Ecological Systems. *Ecological Applications - ECOL APPL* (9), 1179-1188.

LARRIEU L., CABANETTES A., BRIN A., BOUGET C., DECONCHAT M., 2013 - Tree microhabitats at the stand scale in montane beech-fir forests: practical information for taxa conservation in forestry. *European Journal of Forest Research*.

LINDENMAYER D., FRANKLIN J., 2002 - Conserving forest biodiversity: a comprehensive multiscaled approach. *Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press*.

LONATI S., 2011 - Studio dell'ornitofauna in Valsesia: nuovo monitoraggio 2009-2011. Pubblicato da Regione Piemonte in collaborazione con Parco naturale dell'Alta Valsesia, programma di cooperazione transfrontaliera Italia-Svizzera-interreg. "Indagine naturalistica e variabilità ambientale: dalla banca dati all'azione comune".

MICHEL A., WINTER S., 2009 - Tree microhabitat structures as indicators of biodiversity in Douglas-fir forests of different stand ages and management histories in the Pacific Northwest, USA. *Forest Ecology and Management* (257), 1453-1464.

MILLENIUM ECOSYSTEMS ASSESSMENT, 2005 - Ecosystems and human well-being: the assessment series. Pubblicato da Island Press, Washington DC.

PAILLET Y., ARCHAUX F., BOULANGER V., DEBAIVE N., FUHR M., GILG O., GOSSELIN F., GUILBERT E., 2017 - Snags and large trees drive higher tree microhabitat densities in strict forest reserves. *Forest Ecology and Management* (389), 176-186.

PAPITTO G., CINDOLO C., COCCIUFFA C., BRUNIALTI G., FRATI L., POLLASTRINI M., BUSSOTTI F. (a cura di), 2018 - Lo stato di salute delle foreste italiane (1997 - 2017). 20 anni di monitoraggio della condizione delle chiome degli alberi. Pubblicato da Arma dei Carabinieri, Comando Unità Forestali Ambientali e Agroalimentari. Roma. Pag.205

PELLETIER G., DUMONT Y., BE´DARD, M. 2007 - Systeme d'information forestie`re par tesselle: Manuel de l'usager (pre´liminaire). Ministe`re des Ressources naturelles et de la faune, Gouvernement du Que´bec, Que´bec.

PERRELLA P., DE ANGELIS P., 2015 - Sviluppo di una nuova metodologia per la classificazione numerica di alberi habitat: definizione e applicazione. Pubblicato da Universita` degli studi della Tuscia di Viterbo, dipartimento per l'innovazione nei sistemi biologici, agroalimentari e forestali.

PHALAN B., ONIAL M., BALMFORD A., GREEN R., 2011- Reconciling Food Production and Biodiversity Conservation: Land Sharing and Land Sparing Compared. Pubblicato da Science. New York.

REGIONE PIEMONTE, 2013 - Carta dei suoli.

REGIONE PIEMONTE, 2016 - Carta forestale.

REGNERY B., DENIS C., KUBAREK L., JULIEN J.F., KERBIRIOU C., 2013 - Tree microhabitats as indicators of bird and bat communities in Mediterranean forests. *Ecological Indicators* (34), 221-230.

SEFEDI K., DARABAD F.E., AZARYAN M., 2016 - Effect of topography on tree species composition and volume of coarse woody debris in an Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) old growth forests, northern Iran. *iForest: Biogeosciences and Forestry* (9), 658-665.

SWALLOW S.K., PARKS P.J., WEAR D.N., 1990 - Policy-relevant nonconvexities in production of multiple forest benefits? *Journal of Environmental Economics and Management* (19), 264-280.

VUIDOT A., PAILLET Y., ARCHAUX F., GOSSELIN F., 2011 - Influence of tree characteristics and forest management on tree microhabitats in France. *Biological conservation* (144), 441-450.

WALLIN D.O., SWANSON F.J., MARKS B., 1994 - Landscape pattern response to changes in pattern generation rules: land-use legacies in forestry. *Ecological Applications* (4), 569-580.

WALTHER P., 1986 - The meaning of zoning on the management of natural resource lands. *Journal of Environmental Management* (22), 331-343.

WINTER S., MÖLLER G., 2008 - Microhabitats in lowland beech forests as monitoring tool for nature conservation. *Forest Ecology and Management* (255), 1251-1261.

WONG C., IVERSON, K., 2004 - Range of natural variability: applying the concept to forest management in central British Columbia. *BC Journal of Ecosystems and Management* (4), 14.

ZHANG Y., 2005 - Multiple-use forestry vs. forestland-use specialization revisited. *Forest Policy and Economics* (7), 143-156.

SITOGRAFIA

<http://www.halleygov.it/c002114/zf/index.php/servizi-aggiuntivi/index/index/idtesto/20134>

<https://www.geoportale.piemonte.it/cms/>

<https://www.regione.piemonte.it/web/>

<https://www.unionemontanavalsesia.it/it-it/home>

RINGRAZIAMENTI

Ora vorrei dedicare qualche parola di ringraziamento a tutte le persone che mi hanno accompagnato in questa grande avventura:

Ringrazio il mio relatore Giorgio Vacchiano, che non solo mi ha seguito ed aiutato durante questa esperienza ma ha anche condiviso con me tutta la sua esperienza dedicandomi il suo tempo prezioso.

Ringrazio l'unione montana dei comuni della Valsesia, in particolare la sezione Monterosa Foreste per avermi permesso di seguirli e aiutarli durante le operazioni di campionamento.

Ringrazio i miei genitori e la mia famiglia che mi hanno permesso di intraprendere e concludere questo percorso di studi e che mi hanno sempre incoraggiato.

Ringrazio tutti i miei colleghi che hanno condiviso con me questo percorso di studi, in particolare un caloroso ringraziamento va a Luca e Chiara che mi hanno sopportato durante le innumerevoli ore di studio.

Ringrazio i miei amici Luca, Damiano, Edoardo e Nicolò che mi hanno fatto sempre ridere e svagare quando più ne avevo bisogno.

Ringrazio infine tutte le persone che mi hanno aiutato durante questi anni che non sto qui a nominare in quanto sarebbero troppe.

