



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE FORESTALI E AMBIENTALI

ANALISI FLORISTICO-VEGETAZIONALE ED ECOLOGICO-FUNZIONALE DELLE FAGGETE MICROTERME NEL PARCO NATURALE REGIONALE SIRENTE VELINO

TIPO TESI: sperimentale, di ricerca

Studente:

LEONARDO SERENELLI

Relatore:

PROF.SSA MARINA ALLEGREZZA

Correlatore:

DOTT. GIULIO TESEI

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI	3
CAPITOLO 1 AREA STUDIO.....	6
1.1 Localizzazione geografica.....	6
1.2 Caratterizzazione geologica e bioclimatica	6
1.3 Aree protette e uso del suolo	8
CAPITOLO 2 MATERIALI E METODI.....	10
2.1 Disegno sperimentale	10
2.2 Rilevamento floristico-vegetazionale.....	10
2.2.1 Forme biologiche.....	11
2.2.2 Tipi corologici.....	11
2.3 Analisi ed elaborazione dei dati	12
CAPITOLO 3 RISULTATI	14
3.1 Le faggete di campo felice (area studio)	14
3.1.1 Struttura.....	16
3.1.2 Diversità floristica e ruolo ecologico-funzionale delle specie erbacee	16
3.1.3 Spettro corologico ponderato e reale.....	17
3.2 Il confronto tra le faggete di Campo Felice (area studio) e Pian di Pezza.....	18
3.3 Le faggete di versante lungo il gradiente altitudinale da 1530 a 1920	19
3.3.1 Diversità floristica.....	20
3.3.2 Spettro biologico reale	21
3.3.3 Spettro corologico reale	22
3.3.4 Le specie tipiche dell'habitat *9210	23
CONCLUSIONI	24
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	25

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

Fagus sylvatica, secondo i dati paleobotanici relativi al periodo tardo glaciale, era presente solamente sulla sezione meridionale della catena appenninica, Successivamente tra i 10 e i 9 mila anni fa, partendo dai rifugi glaciali del Sud Italia il faggio si espanse rapidamente sull'Appennino centrale raggiungendo successivamente quello settentrionale solamente tra gli 8 e i 7 kyr BP (Magri et al. 2006). Questa espansione di tipo esponenziale avvenne principalmente grazie al modello biologico di moltiplicazione del faggio, infatti, man mano che l'area con condizioni climatiche adatte alla crescita del faggio aumentava, quest'ultimo invece che espandersi verso Nord come un fronte chiuso proseguì tramite un'espansione diffusa. Nonostante questa forte espansione post-glaciale, negli ultimi millenni *Fagus sylvatica* ha subito una riduzione del tasso di crescita a livello europeo e nel caso dell'Italia appenninica è stato persino analizzata, /negli ultimi 3kyr, una diminuzione dei siti con presenza della specie (Magri 2008). L'espansione dell'areale del faggio ha influenzato positivamente anche quella che è l'area di distribuzione delle specie erbacee ed arbustive esclusive del sottobosco delle faggete; come dimostrato da Willner et al. (2009) infatti la presenza di queste specie diminuisce con l'allontanarsi da quelli che sono i rifugi glaciali indicati da Magri et al. (2006). Particolarmente importanti sono poi le specie di faggeta definite a corto raggio, le quali sono assenti nelle ultime aree colonizzate dal faggio, cioè Europa centrale, Francia settentrionale, Gran Bretagna e la penisola scandinava. La situazione appenninica si complica data la presenza di un rifugio glaciale nel sud della catena e la vicinanza dei rifugi glaciali delle alpi, facendo sì che sull'Appennino centrale si possano trovare specie a corto raggio: di origine alpina (*Anemone trifolia*, *Pulmonaria picta*), di origine appenninica meridionale (*Cardamine chelidonia*, *Geranium versicolor*, *Pulmonaria apennina*, *Senecio stabianus*) e di origine pan adriatica come *Cardamine kitaibelii*. Gli Appennini settentrionali presentano una vicinanza ai rifugi glaciali di alpi orientali, della Francia sudorientale e meridionale decretando un maggior numero di specie tipiche di faggeta e specie a corto raggio rispetto a quelle della catena centrale e meridionale. Infine gli Appennini meridionali, vista la presenza di importanti rifugi glaciali al loro interno, nonostante non presentino un numero di specie di faggeta estremamente alto detengono il valore più elevato in Europa di specie di faggeta a corto raggio (Willner et al. 2009).

I fattori ecologici che principalmente definiscono la composizione specifica delle faggete sugli appennini, secondo Di Pietro (2009), sono essenzialmente 3: altitudine, pH del suolo ed il contesto biogeografico. Il pH del terreno funge da fattore discriminante soprattutto negli Appennini settentrionali dove troveremo faggete acidofile e oligotrofiche (*Luzulopedemontanae-Fagetum*), faggete subacidofile (*Gymnocarpio-Fagetum*) ed infine faggete neutro-basofile ed eutrofiche (*Cardaminoheptaphyllae-Fagetum*) mentre negli appennini centrali il pH, seppur con minore influenza, distingue floristicamente le faggete acidofile (*Dactylorhizofuchsii-Fagetum*, *Prenanthopurpureae-Fagetum*, *Actaeospicatae-Fagetum*) e basofile (*Cardaminokitaibeli-Fagetum*, *Lathyro veneti-Fagetum*). Il contesto biogeografico ci permette di distinguere quelli che sono i boschi di faggio della sezione meridionale della catena appenninica da quelli delle sezioni centrale e settentrionale, grazie alla presenza di specie con alta fedeltà per faggete e strettamente endemiche del territorio. Per quanto riguarda la distribuzione altitudinale del faggio in Appennino questo presenta tra i

più vasti range in Europa: nelle esposizioni nord dei massicci dell'Appennino centrale, ad esempio, è presente tra i 700 e i 1900 m; ciò definisce due aspetti altitudinali: una faggeta termofila nella fascia 700-1300m e una faggeta microterma nella fascia 1300-1900m.

Il limite superiore del bosco in Appennino è frutto dell'influenza di 58 variabili raggruppate da Bonanomi et al. (2017) in tre classi principali: variabili geografiche e topografiche, climatiche e antropogeniche. Il limite superiore ha mostrato una forte correlazione negativa con la densità di popolazione nel raggio di 10km negli anni 1861, 1921 e 2011; nel 1921 questa correlazione è stata particolarmente marcata suggerendo un intensivo sfruttamento del bosco. Altri risultati raggiunti sono legati a fattori naturali: la tree-line raggiunge quote maggiori in esposizioni nord rispetto all'esposizione sud perché il bosco è meno esposto a stress idrico per temperature estive più miti e minore insolazione, una correlazione fortemente positiva con temperature primaverili ed invernali rispetto alla media annuale delle temperature e le temperature della stagione vegetativa. Infine anche la latitudine svolge un ruolo importante nella determinazione del limite superiore del bosco: procedendo verso il settore meridionale della catena appenninica, il limite fisiologico altitudinale della faggeta aumenta sino a raggiungere sui rilievi più elevati del gruppo del Pollino i 2130 m di quota che rappresenta attualmente il limite superiore più elevato della faggeta in Europa (Bonanomi et al. 2020). Specificatamente questo sito è stato individuato sul versante NO del monte Serra del Prete nel Parco Nazionale del Pollino, rendendolo esplicativo per la sezione meridionale degli Appennini. Sopra ai 2000m di quota la faggeta presenta un aumento nella produzione di polloni e una forte diminuzione dell'altezza (33% circa) e della PAI (Plant Area Index) delle piante di faggio che vanno ad assumere una struttura definita krummholz, per quale la conformazione del troncorisulta prostrata e ritorta (solitamente riferita alle conifere). La struttura appena descritta è indotta da condizioni climatiche estreme, come la pressione esercitata da abbondanti nevicate e forti venti in quota. La faggeta in questo sito crea un microclima favorevole e stabile anche per diverse specie erbacee di sottobosco, facendo sì che siano protette dagli eventi climatici estremi e dalle valanghe. Tra le specie di sottobosco segnalate di particolare interesse sono: *Doronicum columne*, che è una specie generalista delle foreste di caducifoglie presente su Appennini e Balcani; *Polistichum lonchitis*, una specie relitto glaciale circumboreale tipica di zone in cui il terreno è coperto da neve per lunghi periodi; *Adenostyles australis*, specie endemica degli appennini, generalista che occupa i margini delle faggete microterme; *Oxalis acetosella*, specie specialista di faggeta, limitata a luoghi ombreggiati ed umidi (Saulino et al. 2022)

I numerosi studi floristico-vegetazionali sulle faggete appenniniche pubblicati nel corso degli anni hanno permesso di caratterizzare gli aspetti biogeografici ed ecologico-funzionali di queste comunità forestali anche lungo i gradienti altitudinali nei diversi settori appenninici. Sono tuttavia scarsi o assenti dati floristico-vegetazionali sulle faggete microterme dell'Appennino centro-meridionale che si sviluppano al di sopra del 1700-1800 m di quota ad eccezione del Pollino di cui si è parlato in precedenza. Ciò si lega principalmente alla quota raggiunta da i diversi gruppi montuosi che raramente superano i 2000 m di altitudine con presenza di comunità forestali al di sopra dei 1800 e che nella maggior parte dei casi sono anche difficilmente accessibili.

Gli obiettivi dello studio che viene presentato e che si inserisce in un progetto più ampio sulla caratterizzazione floristico-vegetazionale e ecologico-funzionale delle faggete microterme appenniniche centro-meridionali che si sviluppano al di sopra dei 1700 m di quota sono quelli di:

- 1) indagare sulle faggete microterme presenti al di sopra dei 1700 m nel versante settentrionale di un rilievo montuoso del Parco naturale regionale Sirente-Velino dove il limite superiore della faggeta si attesta sui 1950 m e che rappresenta una delle quote più elevate raggiunte dalla faggeta nell'Appennino centrale;
- 2) evidenziare l'eventuale variazione floristico-vegetazionale della faggeta lungo il gradiente altitudinale dei versanti Nord dei rilievi montuosi del parco da 1530 a 1950 utilizzando oltre ai rilievi inediti condotti con la presente tesi anche quelli pubblicati in precedenza per le faggete microterme presenti in un settore limitrofo all'area studio nel range altitudinale 1530-1630 m s.l.m..

1. Area studio

1.1. Localizzazione geografica

L'area studio è ubicata sul versante nord di Cima di Pezza Est (2074 m) che delimita il settore meridionale dell'altopiano di Campo Felice (Parco Naturale Regionale del Sirente-Velino, Appennino centrale, Provincia de l'Aquila) e che lo separa da contiguo altipiano di Pian di Pezza (Fig.1.1).

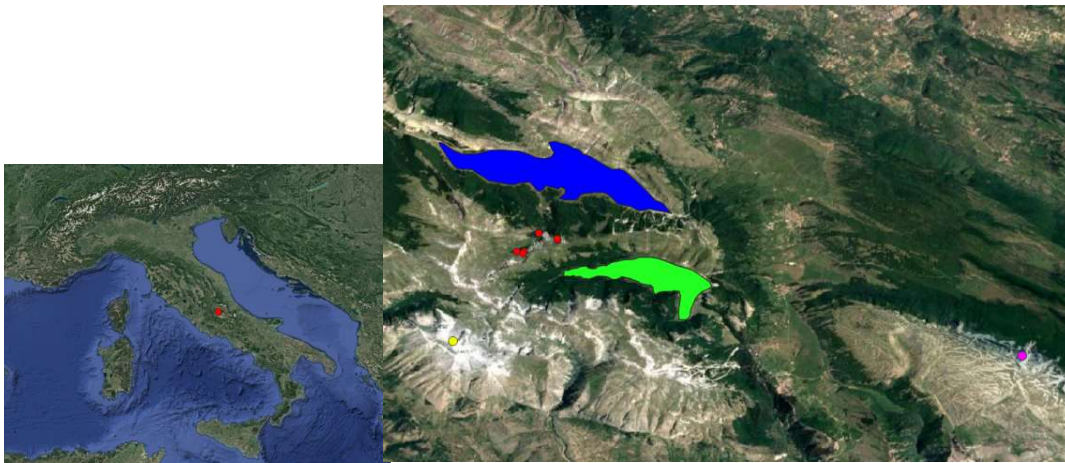


Fig.1.1 – Localizzazione geografica dell'area studio: l'altipiano di Campo Felice (blu) e il contiguo Pian di Pezza (verde) nel gruppo montuoso Sirente-Velino

1.2. Caratterizzazione geologica e bioclimatica

Campo Felice è un altipiano di origine carsica, esteso nelle dimensioni massime per 10 km in lunghezza e 5 km in larghezza e posto ad una altitudine media di poco superiore ai 1500 m s.l.m. ha la forma di una conca nella quale digradano le pendici delle montagne circostanti, tutte prossime o superiori ai 2000 m (<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/museo/regioni/musei/campo-felice>). I rilievi montuosi che delimitano l'altipiano sono di natura prettamente calcarea e localmente caratterizzati da depositi di bauxite. Nell'area di Campo Felice sono infatti presenti delle vecchie miniere ormai dismesse che testimoniano il passato sfruttamento questo minerale, le cui concessioni di estrazione sono state emesse nella prima metà degli anni '50, con attività limitata alla primavera ed estate per la presenza di neve, e chiuse poi nella prima metà degli anni '70 data la diminuzione dell'allumina nel materiale estratto. I giacimenti di bauxite sono stati originati dal fenomeno del carsismo, infatti mentre il carbonato di calcio (CaCO_3) veniva dissolto e dilavato dalle acque meteoriche gli ossidi di alluminio e di ferro insolubili si accumulavano dando vita a depositi di bauxite. Gli strati di bauxite di Campo Felice presentano un 40-60% di allumina e 20-25% di limonite.

Per quanto riguarda la classificazione dei suoli il suolo forestale viene definito come Rendzic Leptosol (Fig. 1.2) (<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/carta-dei-suoli-ditalia-soil-map-italy>). I Leptosol, come vengono

descritti dall'ISRIC, sono limitati in profondità da roccia continua entro i 25cm dalla superficie, o poggiano su materiale con un equivalente di carbonato di calcio di oltre il 40% entro i 25cm dalla superficie, o contengono meno del 10% di terra fine fino ad una profondità di 75cm dalla superficie del suolo, infine i Leptosols non hanno orizzonti diagnostici oltre a mollic, ochric, umbric, vertic o yermic (<https://www.isric.org/explore/world-soil-distribution/leptosols>). Nel sito del Parco Naturale Regionale Sirente-Velino questi suoli sono descritti come originati su un massiccio caratterizzato geologicamente da calcari organogeni molto compatti e permeabili (<https://www.parcosirentevelino.it/pagina.php?id=8>).



Fig.1.2 – Esempio di un profilo di Rendzic Leptosol

Per l'inquadramento climatico sono stati presi in considerazione i dati della stazione situata a Rocca di Mezzo relativi al periodo 1991 al 2021 (Fig.2.3). Da questi dati si evincono temperature medie inferiori allo 0 solo nei mesi di Gennaio e Febbraio; le temperature medie minime si attestano sotto lo 0 nei mesi di Dicembre, Gennaio, Febbraio e Marzo; nel periodo estivo si raggiungono la temperatura media più alta (18.2°C) e la media delle temperature massime maggiore (23.3°C) in Agosto. Le precipitazioni si attestano sui 968mm annuali con la presenza di due periodi più umidi in primavera ed autunno con un picco primaverile di 101mm in Aprile ed un picco autunnale di 112mm a Novembre; l'estate al contrario è un periodo abbastanza secco che raggiunge 154mm nella totalità della stagione con una minima delle precipitazioni in Agosto (43mm). L'insieme delle alte temperature estive e le basse precipitazioni producono un'estate arida con l'umidità che scende fino al 59% in agosto.

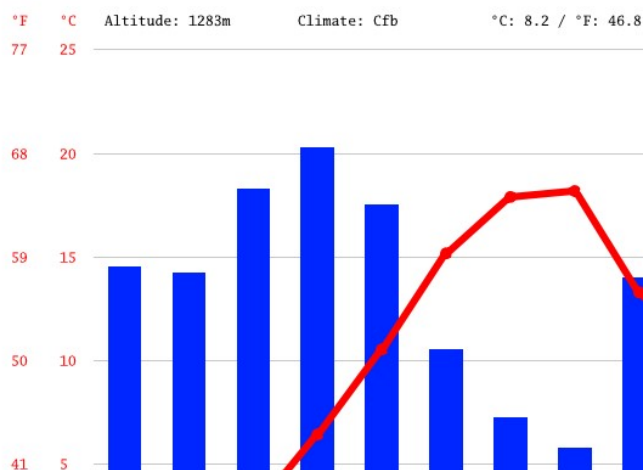


Fig.1.3 – Andamento delle temperature e precipitazioni medie mensili per la stazione termo-pluviometrica di Rocca di Mezzo

1.3. Aree protette e uso del suolo

L'area studio rientra all'interno della Zona Speciale di Conservazione (ZSC) IT7110206 "Monte Sirente e Monte Velino" istituita il 28 Dicembre 2018 che a sua volta è compresa nella zona di protezione speciale (ZPS) IT7100130 "Sirente Velino". La ZPS si sovrappone infine territorialmente a quella del Parco Naturale Regionale Velino-Sirente.

La ZSC comprende 17 habitat di interesse comunitario alcuni dei quali prioritari. Sono presenti ad alte quote gli ambienti di tundra alpina caratterizzati da *Silene acaulis* ssp. *cenisia* e *Saxifraga speciosa* dell'habitat 8240*-pavimenti calcarei (<https://rgpbio.it/riserva/monte-velino/>). Presenti poi anche diverse praterie, partendo da quelle d'alta quota abbiamo quelle xerofitiche discontinue di *Sesleria juncifolia* (habitat 6170-formazioni calcicole alpine e subalpine) e le mesofile continue a *Festuca microphylla* e *Trifolium thalii* (habitat 6230*-formazioni erbose a Nardus). Sul Velino dove nel 1987 è stata istituita anche la Riserva Naturale orientata è esteso l'habitat 4060-lande alpine e boreali, che si presenta come un arbusteto composto da *Juniperus sibirica* ed *Arctostaphylos uva-ursi* (l'uva orsina presenta proprio in questa area il suo limite meridionale). Importanti in questa ZSC sono anche le praterie secondarie xerofitiche che presentano molte specie della famiglia delle Orchideaceae (habitat*6210-formazioni erbose secche semi-naturali e facies coperte da cespugli su substrato calcareo *Festuco-Brometalia*). La presenza di ghiaioni, ospitati in grandi circhi glaciali, permettono l'esistenza dell'habitat 8120-ghiaioni calcarei e scisto-calcarei montani ed alpini dei *Thlaspietea rotundifolii*. Da un punto di vista forestale, la ZSC, come risulta dal data form del 2019, presenta 4 tipi di habitat: 91AA*-boschi orientati di quercia bianca, 91L0 Querceti di rovere illirici, 9210*-faggeti degli Appennini con *Taxus* ed *Ilex* 9260 boschi di *Castanea sativa*.

Varie sono anche specie relitte, rare e protette presenti all'interno della ZSC come *Allium strictum* che è situato, all'interno de gli Appennini, solo in alcune stazioni del Velino; *Betula pendula* e *Arctostaphylos uva-*

ursi nonostante abbiano un areale centrato nelle regioni artiche trovano il loro limite sud sul massiccio del Monte Velino. La maggior parte delle specie protette nella ZSC si trovano proprio sul Velino e sono: *Nigritella widderi*, *Adonis distorta*, *Daphne mezereum*, *Gentiana dinarica*, *Gentiana lutea*, *Lilium martagon*, *Lilium bulbiferum*, *Paeonia officinalis ssp. italica*, *Papaver alpinum*, *Primula auricula*, *Pulsatilla alpina*, *Ruscus aculeatus*, *Iris marsica*, *Adonis distorta* e *Himantoglossum adriaticum* (<https://rgpbio.it/riserva/monte-velino/>).

L'influenza antropica si manifesta nell'aria di Campo Felice e Pian di Pezza sotto forma di allevamento di ovini, bovini ed equini che vengono fatti pascolare nella stagione vegetativa sulle praterie secondarie e primarie, soprattutto per gli ovini è svolta la transumanza, verso le zone più a monte ed interne nella stagione primaverile/estiva mentre nella stagione invernale verso valle (per la transumanza verticale) o verso la costa (per la transumanza orizzontale). Durante la stagione fredda l'area è interessata dal turismo invernale grazie alla presenza degli impianti di Campo Felice che contano una totalità di 35km di piste da sci alpino e di fondo che possono anche essere innevati artificialmente. L'attività estrattiva, ormai conclusa, ha lasciato la sua impronta sotto forma di miniere di bauxite ad oggi abbandonate. L'attività forestale nell'area del Parco Naturale Regionale Sirente-Velino è soggetta a regolamentazione che permette il taglio per fini commerciali solo in boschi di origine artificiale e con l'obbligo di rilascio di piante da frutto e/o interesse faunistico e piante di grosse dimensioni (caratteristiche definite dall'articolo 6 del "Regolamento sull'uso forestale del territorio del Parco Naturale Regionale Sirente-Velino").

2. Materiali e metodi

2.1. Disegno sperimentale

Per il rilevamento floristico-vegetazionale i plots delle dimensioni di 300 m² e georeferenziati sono stati scelti e posizionati lungo il versante Nord di punta di Pezza per circa ogni cento metri di dislivello partendo da 1734 a 1934 m di quota: Plot 1 a 1734m; Plot 2 a 1853m; Plot 3 a 1865m; Plot 4 a 1934m; Plot 5 a 1926m; Plot 6 a 1920m. Per la scelta dei lungo il gradiente altitudinale è stato seguito il criterio dell'omogeneità geomorfologica, strutturale e floristica.

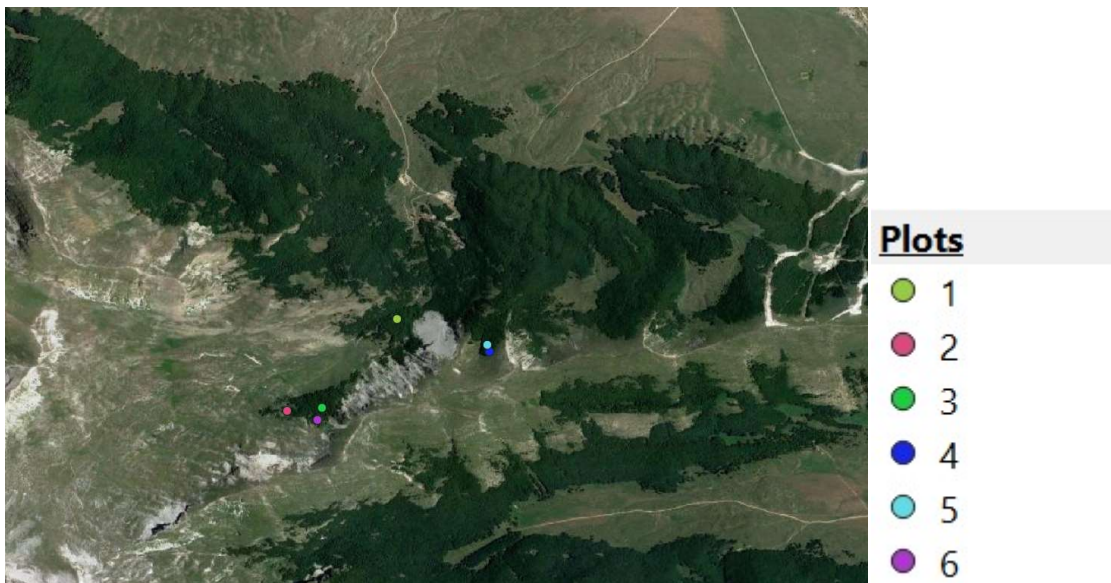


Fig.2.1 – Localizzazione dei plots lungo il versante Nord di Cima di Pezza Est

2.2. Rilevamento floristico-vegetazionale

All'interno di ciascun plot omogeneo per caratteristiche floristiche, geomorfologiche ed ecologiche sono stati indicati i dati stazionali (localizzazione UTM nel settore 33T, la quota, la pendenza, l'esposizione) e una brevissima descrizione del substrato, della struttura del bosco, della copertura totale e la presenza della necromassa.

Il passo successivo è stato quello del rilevamento floristico-vegetazionale vero e proprio secondo il metodo fitosociologico di Braun-Blanquet. Sono state elencate tutte le specie vegetali vascolari presenti all'interno del plot e suddivise negli strati: arboreo, arbustivo ed erbaceo. Tramite una stima ad occhio è stato quindi attribuita la copertura in % sia ai differenti strati della struttura che alle specie vascolari elencate. I sei rilievi floristico-vegetazionali sono stati successivamente inseriti in tabella tramite un foglio excell. Per il riconoscimento delle specie dubbie raccolte in campo è stata utilizzata la flora d'Italia di Pignatti (1982).

Per ottenere un gradiente altitudinale più esteso, nella tabella dei rilievi effettuati in campo con la presente ricerca, sono stati aggiunti i dati pubblicati in letteratura provenienti dal limitrofo pian di Pezza (Ciaschetti et al. 2006) e che si riferiscono ad un range altitudinale compreso tra 1500 e 1600 m di quota. La tabella finale integrata per un totale di 12 rilievi fitosociologici copre pertanto un gradiente altitudinale compreso tra 1500 e 1930 tutti con esposizione Nord

La nomenclatura delle specie segue la check list della flora italiana (Bartolucci et al. 2018) mentre per i tipi corologici e le forme biologiche delle specie la flora d'Italia (Pignatti 1982).

2.2.1. Forme biologiche

Le piante vengono classificate in forme biologiche secondo un solo carattere morfologico, la posizione delle gemme nella pianta e la modalità con cui queste vengono protette durante la stagione avversa, così come proposto da Raunkiaer. Si riconoscono 7 categorie fondamentali di forme biologiche, alcune delle quali comprendono diversi sottotipi:

- le fanerofite (P) sono piante perenni e legnose, arbustive e arboree con gemme portate da rami ad una altezza dal suolo superiore a 30cm, nelle fanerofite su inserisce la sottocategoria delle nanofanerofite (NP) che presentano le gemme tra i 30cm a 1m di altezza dal suolo (Pignatti nella Flora d'Italia 1982 la considera una categoria a se);
- le camefite (Ch) sono piante legnose alla base che presentano le gemme della stagione avversa a 20-30cm dal suolo circondate da rami e foglie;
- le emicriptofite (H) sono piante erbacee perenni che presentano le gemme resistenti a livello del suolo protette da residui vegetali, neve e terriccio;
- le geofite (G) sono piante erbacee perenni che durante la stagione avversa non hanno organi aerei e le gemme resistenti sono protette da organi sotterranei come bulbi, rizomi e tuberi perciò;
- le terofite (T) sono piante erbacee annuali che superano la stagione avversa sotto forma di seme (non presentano gemme resistenti);
- le elofite (He) sono piante immerse con la parte basale in acqua da cui emergono il fusto ed il fiore;
- le idrofite (I) piante acquatiche con gemme sommerse o natanti e comprende quindi le sottocategorie radicanti e natanti.

2.2.2. Tipi corologici

I tipi corologici sono raggruppamenti di specie basati sulla loro distribuzione. Visto che il raggruppamento è fatto solo considerando l'areale delle specie, possiamo trovare nello stesso tipo corologico delle piante con ecologia e posizione tassonomica totalmente differenti. Il nome del corotipo riflette quello della regione geografica corrispondente.

In Italia la flora può essere suddivisa in 8 gruppi fondamentali:

- Endemiche, sono le specie che occupano un areale ristretto e rappresentano gli elementi più caratteristici e qualificanti di una flora che per la loro rarità in alcuni casi sono persino considerate

minacciate o in pericolo d'estinzione; all'interno del gruppo delle endemiche sono anche presenti paleoendemismi (endemismi relitti) che sono piante con una distribuzione molto ampia in passato che si è poi ridotta a causa di eventi di natura geologica e/o climatica;

- le Mediterranee sono le specie il cui distribuzione è centrata sul bacino del Mediterraneo; queste presentano dei sottotipi, le Stenomediterranee vivono direttamente sulle rive del Mediterraneo, le Eurimediterranee vivono sia nell'area mediterranea che nelle zone più calde dell'Europa media, le Mediterraneo-montane hanno il loro areale situato sui rilievi montuosi circummediterranei;
- le Orofite Sud-Europee, hanno l'areale distribuito sui rilievi montuosi più elevati dell'Europa meridionale, come Pirenei, Alpi, Appennini, Carpazi, Balcani, Sierra Nevada, Montagne della Corsica e Monte Olimpo);
- le specie Eurasiatiche sono specie continentali con il baricentro dell'areale centro-europeo ma con possibili estensioni in Siberia in estremo oriente ed in zone sub mediterranee; il corotipo eurasiatico presenta vari sottotipi, come per esempio Centro-Europeo, SE Europeo-pontico (o illirico) ed il sottotipo Turaniano;
- le piante Atlantiche sono quelle che hanno il loro optimum nelle aree atlantiche, come isole Britanniche, Galizia e Portogallo centro-settentrionale; in Italia la loro frequenza è molto bassa e principalmente sul versante tirrenico;
- le Boreali sono piante diffuse su tutte le masse continentali che circondano il Polo Nord e presentano un macroclima polare e boreale; sono presenti vari sottotipi all'interno di questo gruppo, Eurosiberiano, Circumboreale ed Artico-Alpino;
- le specie Cosmopolite sono quelle che sono diffuse su ampie aree della superficie terrestre e solitamente si trovano legate a specifici ambienti ecologici che si possono trovare ripetuti in tutto il mondo, come le acque interne, ambienti salati o degli ambienti fortemente antropizzati;
- le Aliene o Esotiche sono infine delle specie non native che sono state introdotte al di fuori del loro areale di distribuzione; le Aliene sono classificate anche in base alla loro presenza sul territorio, avremo quindi le Aliene casuali che non sono stabilizzate a carattere effimero, le Aliene naturalizzate la cui permanenza è duratura e definitiva nel nuovo territorio costituendo delle popolazioni autosufficienti senza l'aiuto dell'essere umano, le Aliene invasive che sono Aliene naturalizzate con la capacità di diffondersi su ampie superfici ed infine le Aliene invasive di rilevanza unionale che sono soggette ad immediati interventi di eliminazione e contenimento da parte delle autorità competenti per il loro carattere fortemente invasivo; un'altra distinzione che può essere fatta delle specie Aliene è in base al loro anno di introduzione nel nuovo ambiente, avremo quindi le archeofite, introdotte prima del 1492, e le neofite, introdotte successivamente al 1492.

2.3. Analisi ed elaborazione dei dati

I dati per poter essere elaborati sono stati prima trasformati da percentuali di copertura nei valori della scala di Braun-Blanquet e successivamente, con l'intento di eliminare il simbolo "+", sono stati convertiti in valori

della scala Van Der Maarel. Tramite l'utilizzo del software R, è stata eseguita la cluster analysis gerarchica group average, sui plot dell'area di Campo Felice, basata sulla matrice di dissimilarità costruita con l'indice di Bray Curtis. Per i plot dell'area di Campo Felice sono stati calcolati, utilizzando fogli di calcolo excell, le coperture ed il numero di specie presenti degli strati arboreo, arbustivo ed erbaceo, delle le forme biologiche, dei i tipi corologici, dei ruoli ecologici e delle specie caratteristiche dell'habitat *9210; le matrici di dati risultanti sono poi state utilizzate per la creazione di istogrammi di ogni categoria considerata.

Nella seconda fase dell'elaborazione dei dati sono stati comparati i plot di Campo Felice e quelli presenti in letteratura di Pian di Pezza (Ciaschetti et al. 2006). Il confronto è avvenuto tramite l'esecuzione della cluster analysis gerarchica group average anche questa basata sulla dissimilarità calcolata con l'indice di Bray curtis, perciò c'è stato bisogno di convertire i valori di copertura Braun-Blanquet, dei plot di Pian di Pezza, in Van Der Maarel. In questa stessa fase è anche stata eseguita la PCA tra tutti i plot.

L'ultima analisi si è avuta sui plot selezionati per la costruzione del gradiente altitudinale; con questi dati è stata svolta la PCA tramite il software R; mentre utilizzando excell è stato possibile calcolare, per ogni plot, il numero di specie presente per ogni forma biologica, tipo corologico, ruolo ecologico ed il numero di specie dell'habitat *9210; anche in questo caso i risultati sono stati utilizzati per costruire istogrammi così da rendere più visibile il confronto tra i plot.

3. Risultati

3.1. Le faggete Campo Felice (area studio)

Come si può osservare nel dendrogramma (Fig.3.1),ottenuto dalla classificazione dei rilievi fitosociologici eseguiti sulle faggete dell'area studio, la dissimilarità maggiore si trova tra il plot 1 e tutti gli altri, questo perché la faggeta in questione oltre che a quote relativamente più basse (1734 m s.l.m.) non occupala posizione del limite superiore; diminuendo la dissimilarità è possibile evidenziare i 2 aspetti principali del limite superiore della faggeta legati alla geomorfologia: di impluvio e rupestre di versante.

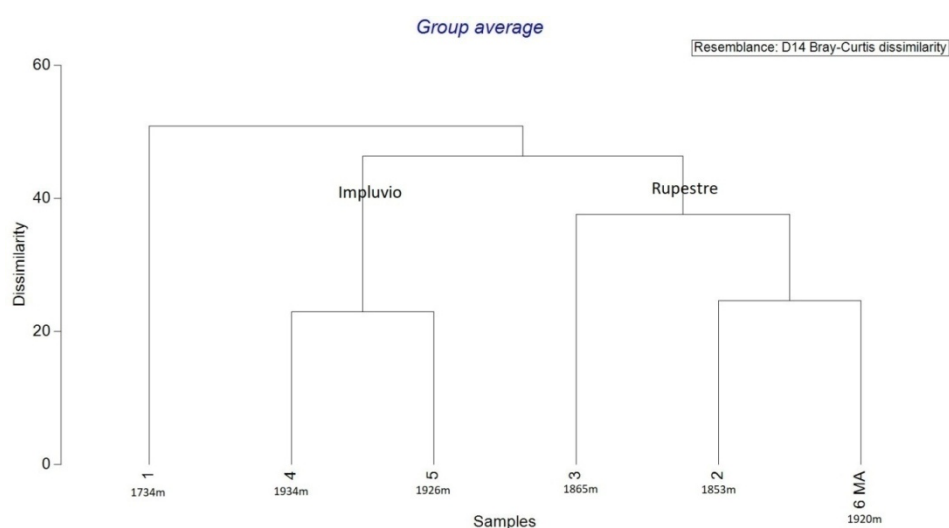


Fig.3.1- Dendrogramma di dissimilarità Bray-Curtis

I plot 4 (1934m s.l.m.) e 5 (1926m s.l.m.) si trovano nella posizione di impluvio che quindi, nonostante l'elevata quota al limite superiore del bosco, presentano suoli profondi e con un basso livello di rocciosità. Di conseguenza sono caratterizzati dalla presenza di specie erbacee nemorali tipiche di suolo profondo (Fig.3.2) quali *Stellaria nemorum* subsp. *montana*, *Milium effusum* subsp. *effusum*, *Corydalis cava* subsp. *cava* e *Pulmonaria vallisarsae* subsp. *apennina*. Da sottolineare che quest'ultima specie, tipica dell'habitat 9210, si rinviene anche alle quote relativamente meno elevate come nel plot 1 (1734m s.l.m.) ma sempre su suolo profondo e bruno. Grazie alla posizione di impluvio la faggeta ha visto in un certo senso ammortizzati gli stress dell'ambiente d'alta quota, che rimangono circoscritte ai faggi del margine superiore.



Fig.3.2-Alcune delle specie che caratterizzano la faggeta del limite superiore in posizione di impluvio (da sinistra a destra: *Miliun effusum*, *Corydalis cava*, *Pulmonaria vallisarsae* subsp. *apennina*)

I plot 2 (1853m s.l.m.), 3 (1865m s.l.m.) e 6 (1920m s.l.m.) viceversa si riferiscono alla faggeta rupestre di limite che occupa la posizione di versante caratterizzato da un'elevata rocciosità, sia per presenza di roccia in situ che per la presenza di blocchi alloctoni. La fisionomia della faggeta è quella tipicamente rupestre del limite superiore con presenza alberi contorti a causa dei fenomeni di dissesto (valanghe) e dal peso neve. Le specie differenziali dell'aspetto rupestre del limite sono rappresentate da specie strettamente microterme (Fig.3.3) quali: *Sorbus aucuparia* subsp. *aucuparia*, *Prenanthes purpurea*, *Polystichum lonchitis*, *Rumex nebroidese* e *Sedum magellense*, quest'ultime due specie indicatrici di ghiaione.



Fig.3.3 Alcune delle specie che differenziano la faggeta rupestre del limite superiore in posizione di versante (da sinistra a destra: *Polystichum lonchitis*, *Prenanthes purpurea*, *Sorbus aucuparia*)

Da sottolineare tuttavia la presenza in comune tra tutti i plots rilevati di specie tipiche delle faggete microterme dell'Appennino centrale dell'alleanza *Aremonio-Fagion* a cui la faggeta in studio va riferita tra cui: *Adenostyles australis* (Fig.3.4) , *Daphne mezereum* e *Doronicum columnae* (Fig.3.5)



Fig.3.4-*Adenostyles australis*



Fig.3.5-*Doronicum columnae*

3.1.1 Struttura

Le faggete rilevate sono principalmente rappresentate da cedui abbandonati da lungo tempo. Il grafico, relativamente al numero di specie per strato (arboreo, arbustivo ed erbaceo) (Fig.3.6), non sembra mostrare un pattern, è solo possibile notare un aumento delle specie erbacee nei plot 2 e 6, che comunque rimane la categoria maggiormente rappresentata in tutti i plots rilevati. Per quanto riguarda la copertura delle specie nei layer, interessante risulta il comportamento dello strato arbustivo; questo ha la copertura più alta nei plot 2, 3 e 6, che corrispondono alla faggeta rupestre di limite mentre i valori di copertura più bassi li troviamo nei plot 5 e 4 (rispettivamente 1 e 2,5%).

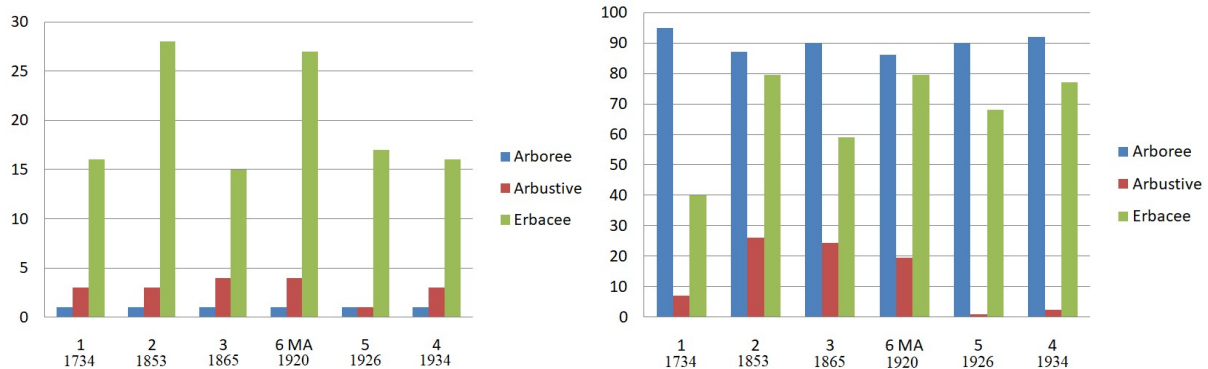


Fig.3.6-Diversità (a sinistra) e copertura delle specie nei tre layer: arboreo, arbustivo ed erbaceo (a destra)

3.1.2. Diversità floristica e ruolo ecologico-funzionale delle specie erbacee

La diversità floristica, in termini di numero di specie, è compresa tra 19 e 32 specie con una media di 24 specie per plot. Il valore più basso si registra nel plot 5 sito nella posizione di impluvio a 1926 m sl.m., mentre quello più elevato nei plot 2 e 6 siti nella posizione di versante rupestre del limite superiore rispettivamente a 1854 e 1920 m sl.m..

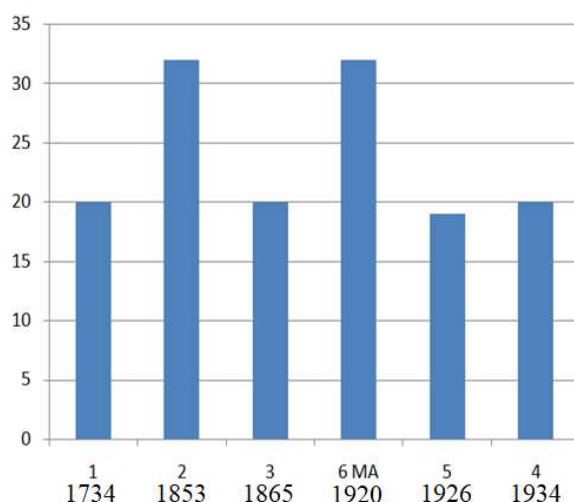


Fig.3.7-Numero di specie per plot

Per quanto riguarda il ruolo ecologico-funzionale relativamente alle sole specie erbacee, il grafico (Fig.3.8), mostra come la categoria più rappresentata sia data dalle nemorali (erbacee tipiche di bosco). Le specie ecotonali e di prateria raggiungono i loro picchi nei plot 2 e 6 spiegando anche il forte aumento generale del numero delle specie in queste aree di limite. Tuttavia a livello di copertura il loro contributo risulta trascurabile.

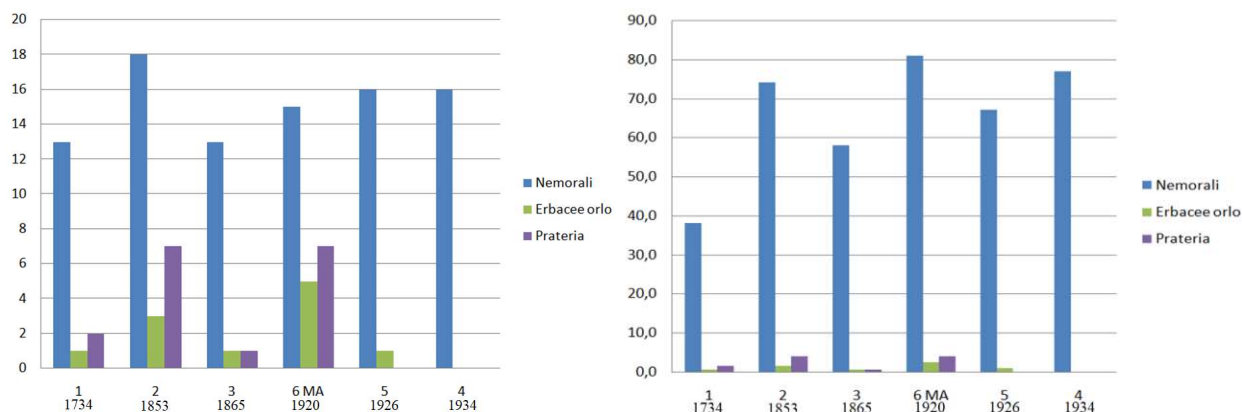


Fig.3.8- Il ruolo ecologico-funzionale delle specie erbacee in termini numero (a sinistra) e di copertura (a destra)

3.1.3 Spettro corologico reale e ponderato

Analizzando da un punto di vista del numero di specie per tipo corologico (spettro corologico reale Fig.3.9) si nota come la categoria più rappresentata sia data dalle Eurasiatiche, seguite dalle Endemiche e dalle Boreali. Rilevanti sono anche le Orofite S-Europee mentre le Mediterraneo-Montane sono pressoché assenti nella faggeta di impluvio, che può essere spiegata da una maggiore permanenza, in quelle aree, di neve e un maggior ristagno idrico. Analizzando le coperture (Spettro corologico ponderato Fig.3.9), dalle quali sono

state escluse le coperture di *Fagus sylvatica* che avrebbero rischiato di appiattire il grafico, si confermano le principali categorie già riportate per lo spettro corologico reale basato sul numero di specie.

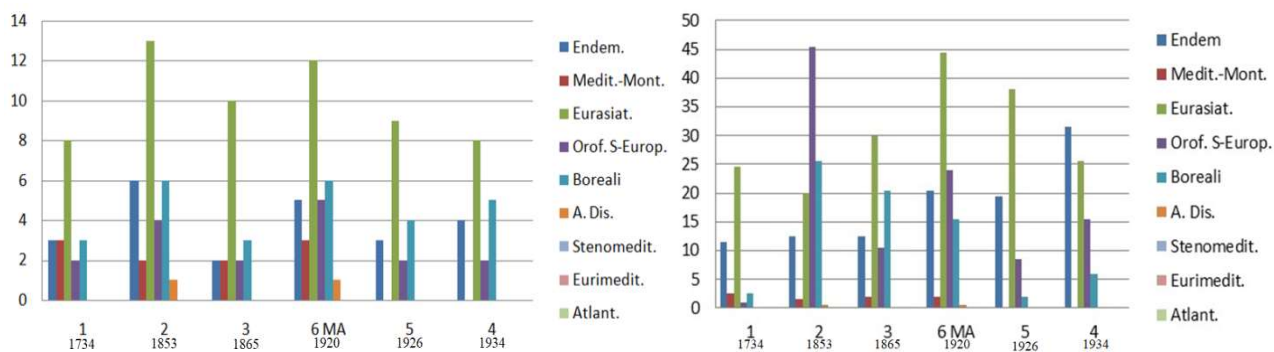


Fig.3.9-Spettri corologici reale (a sinistra) ponderato (a destra)

3.2 Il confronto tra le faggete di Campo Felice (area studio) e di Pian di Pezza

I risultati del confronto tra le faggete di Pian di Pezza (da Ciaschetti, 2006), ubicate nel range altimetrico di 1530-1630, e quelle dell'area studio, comprese tra 1734 e 1934, viene espresso dal dendrogramma di dissimilarità Bray-Curtis di Fig.3.10. Il dendrogramma separa due cluster principali: il primo include i rilievi delle faggete di limite di Campo Felice mentre il secondo i rilievi di Pian di Pezza unitamente al plot 1 di Campo Felice; diminuendo la dissimilarità le faggete di limite di Campo Felice vengono distinte come già indicato in precedenza in rapporto alla posizione nella faggeta d'impluvio e nella faggeta rupestre di versante.

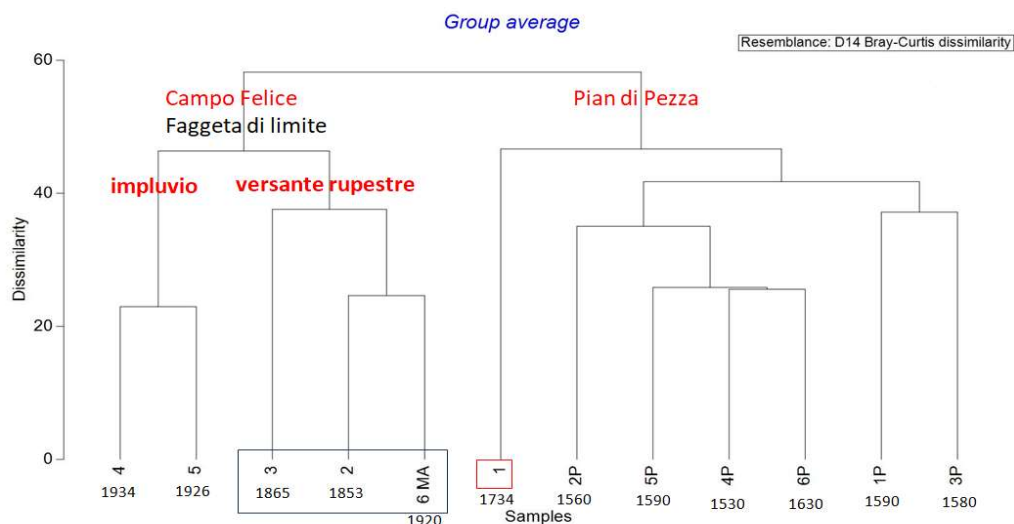


Fig.3.10-Dendrogramma per dissimilarità di Bray-Curtis dei plot di Campo Felice e Pian di Pezza

L'ordinamento dei rilievi PCA (Fig.3.11) evidenzia, oltre alla separazione delle faggete di Campo Felice da quelle di Pian di Pezza, la posizione del plot 1 di Campo Felice a cavallo tra i due blocchi, il gradiente floristico lungo l'asse PC1 passando dalle faggete microterme relativamente di bassa quota di Pian di Pezza con *Galium odoratum*, *Cardamine kitaibelii* e *Lathyrus vernus*, ecc. a quelle rupestri di limite di Campo

Felice con *Doronicum columnae*, *Polystichum lonchitis* ecc..Osservando la PC2 invece si evidenziano le differenze presenti all'interno delle faggete tra quelle rupestri e quelle di impluvio o di versante su suolo profondo.

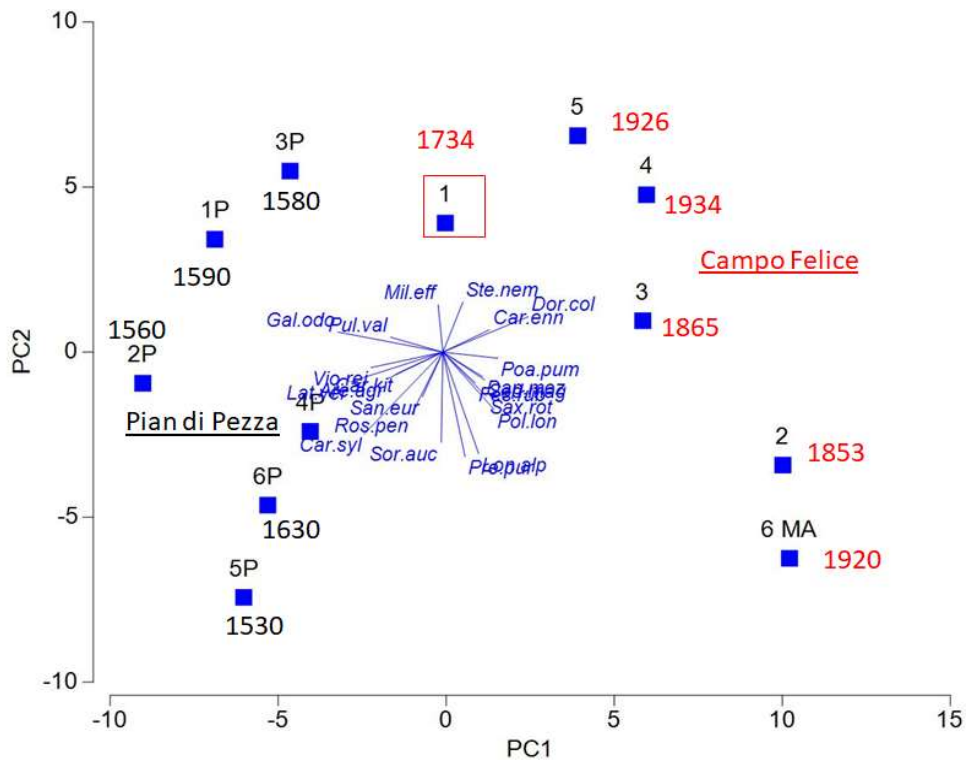


Fig.3.11-PCA dei plot di Campo Felice e Pian di Pezza

3.3 Le faggete di versante lungo il gradiente altitudinale da 1530 a 1920

Lungo l'asse PC1 della PCA (Fig.3.12), si può seguire il gradiente di variazione floristica che si realizza con la quota lungo il versante fino al limite superiore. Le specie differenziali legate al limite superiore risultano specie microterme tipicamente rupestri quali: *Doronicum columnae*, *Saxifraga rotundifolia* subsp. *rotundifolia*, e *Polystichum lonchitis* mentre *Cardamine kitaibelii*, *Galium odoratum* e *Pulmonaria vallisarsae* subsp. *apennina* sono legate alle faggete di versante delle quote relativamente più basse.

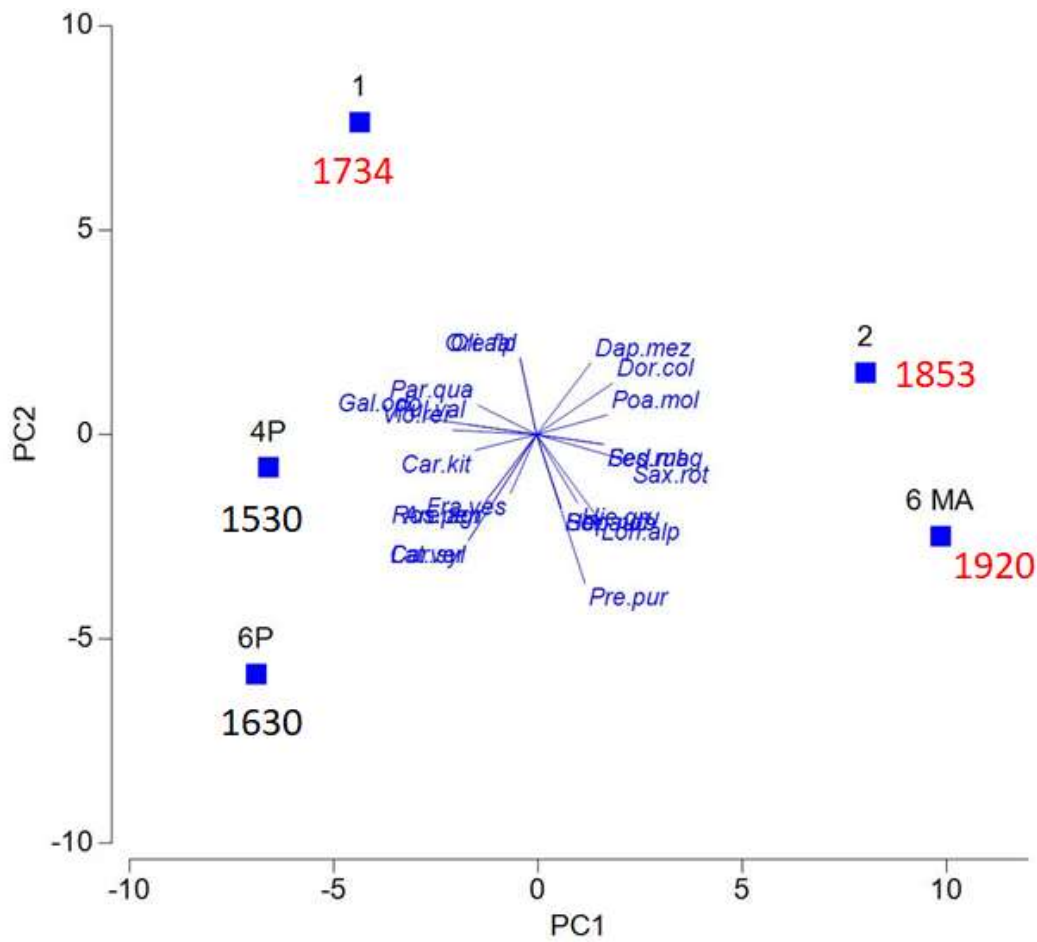


Fig.3.12-PCA dei plot scelti ogni 100m circa di quota

3.3.1 Diversità floristica

La diversità floristica in termini di numero di specie, (Fig.3.13), tende a diminuire con l'aumentare della quota nelle faggete di versante fino a 1734 m per poi aumentare nella faggeta di limite.

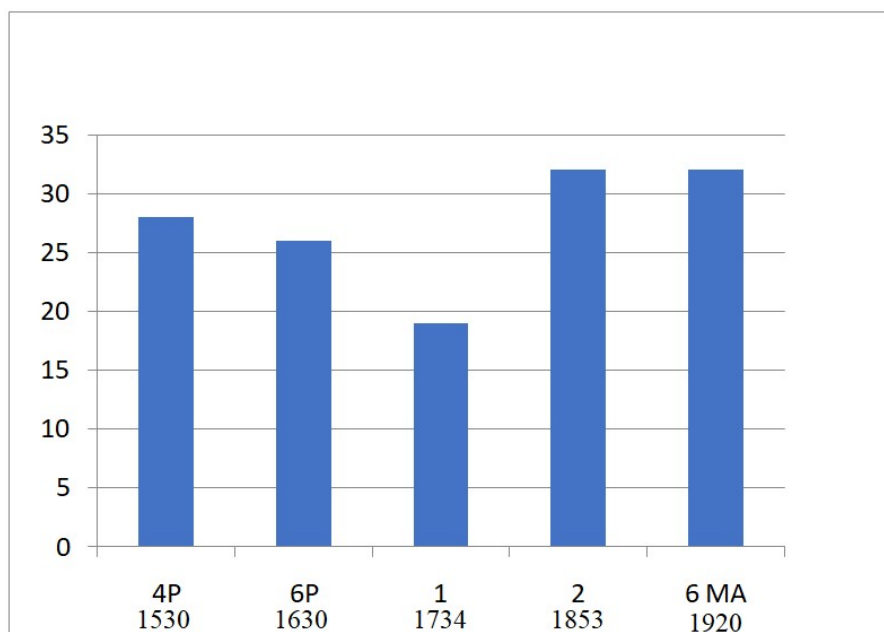


Fig.3.13-Istogramma del numero di specie

Nello spettro relativamente al ruolo ecologico-funzionale delle specie (Fig.3.14) si registra una leggera riduzione del numero delle specie forestali con l'aumento della quota mentre quelle ecotonali e di prateria tendono ad aumentare nelle faggete rupestri del limite confermando la loro posizione ecologica e giustificando in parte l'aumento del numero totale delle specie riscontrato in questi plots.

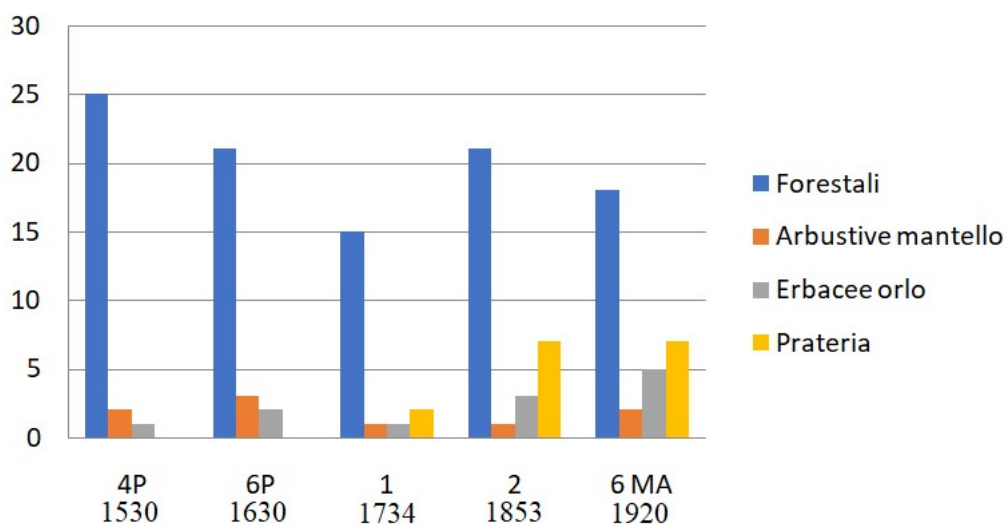


Fig.3.14-Istogramma del numero di specie per categoria ecologica

3.3.2 Spettro biologico reale

Per le forme biologiche sono stati presi in considerazione i numeri di specie presenti per ciascuna forma biologica nei vari plot presi in considerazione. L'interesse, sull'istogramma del numero di specie (Fig.3.15), è stato attirato principalmente dall'andamento delle Emicriptofite (H) e dalle Geofite (G). Le Emicriptofite tendono a diminuire con l'aumentare della quota fino a 1734 m, per poi aumentare drasticamente nella faggeta del limite superiore. Le geofite aumentando con la quota tendono a diminuire in maniera regolare, passando dalle 11 specie nel plot 4P a 1530 m s.l.m. alle 6 specie nei plots di limite 2 e 6.

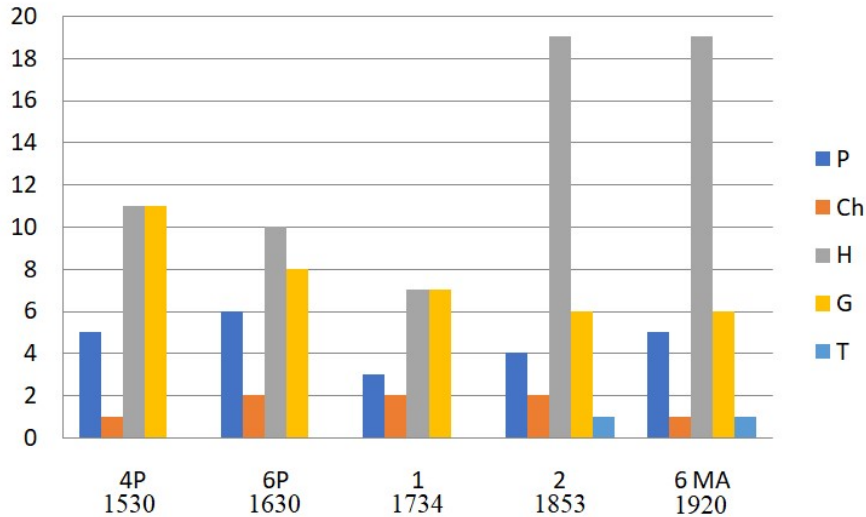


Fig.3.15-Istogramma del numero di specie per forma biologica

3.3.3 Spettro corologico reale

Da un punto di vista corologico (Fig.3.16) il tipo che domina per numero di specie è l'Eurasiatico che però all'aumentare della quota tende a diminuire; trend opposto è quello delle specie Endemiche, che aumentando la quota subiscono un incremento. Il tipo mediterraneo (Stenomediterraneo ed Eurimediterraneo) è rappresentato esclusivamente nei rilievi di Pian di Pezza (4P e 6P) fino a 1630 m di quota scomparendo poi nei rilievi di Campo Felice, dove però sono presenti specie del tipo Mediterraneo-Montano. Il corotipo Boreale che sembra non subire una significativa variazione con la quota, almeno sulla base del numero delle specie, raggiunge tuttavia il massimo delle specie nei plot di limite (6P, 2 e 6) stabile a 6 specie.

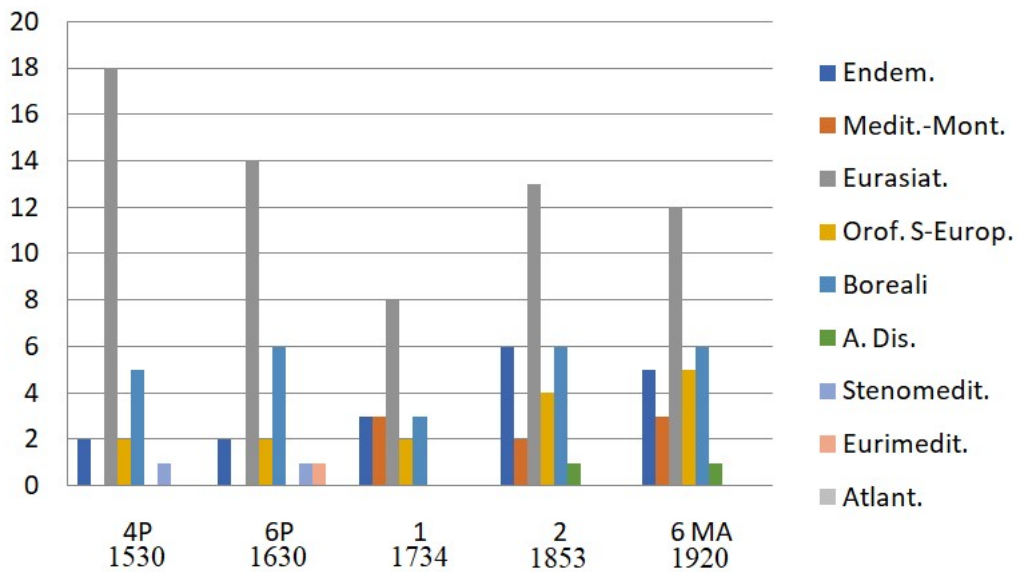


Fig.3.16-Istogramma del numero di specie per tipo corologico

3.3.4 Le specie tipiche dell'habitat *9210

Le specie tipiche dell'habitat *9210, nei 5 plot presi in considerazione, sono in totale 17. Queste diminuiscono in maniera regolare all'aumentare della quota passando da un massimo di 14 nel rilevamento 4P (il più basso di Pian di Pezza) a 1530 m s.l.m. ad un minimo nel plot di limite posto a 1920 m di quota (Fig.3.17) . Se si analizzano le coperture tuttavia è possibile notare come non sempre valori relativamente bassi del numero di specie tipiche corrisponda anche bassi valori di copertura come nel caso del plot 2 di limite (Fig.3.17); unica similarità l'abbiamo nel plot 6 con valore minimo di copertura e numero di specie tipiche.

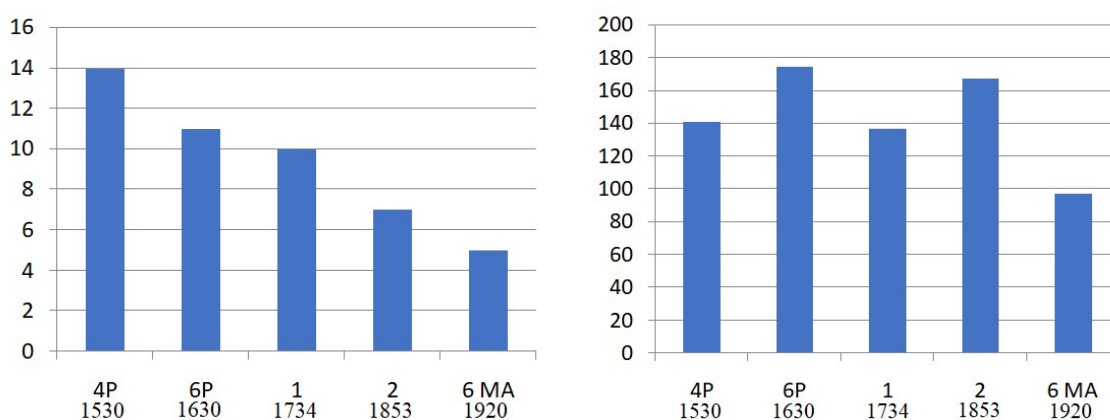


Fig.3.17-Numero e copertura delle specie tipiche dell'habitat *9210 rispettivamente a sinistra e a destra della figura

Conclusioni

I risultati del presente studio ha permesso di caratterizzare a livello floristico-vegetazionale ed ecologico-funzionale le faggete del limite superiore nell'area di Campo Felice (Parco Regionale Naturale Sirente Velino) che attestandosi sui 1934 m s.l.m. risulta tra i più elevati registrati per l'Appennino centrale e di cui ad oggi non ci sono dati floristico-vegetazionali pubblicati.

Si tratta in generale di cedui abbandonati da lungo tempo e caratterizzati da specie nemorali tipiche dell'habitat 9210 e inquadrabili nell'alleanza *Aremonio-Fagion sylvaticae*. Le faggete del limite superiore in particolare hanno mostrato due differenti aspetti in rapporto alla posizione. Il primo espresso dalla faggeta rupestre compresa tra i 1850 e i 1920m s.l.m. in posizione di versante con un alti livelli di rocciosità presenta una fisionomia caratterizzata da numerosi alberi contorti in conseguenza del dissesto idrogeologico e dal peso della neve ed è caratterizzata da specie di particolare interesse, strettamente microterme e rupestri. Il secondo aspetto si riferisce alla faggeta di limite oltre i 1900m, in posizione di impluvio, su suoli relativamente profondi e differenziata da specie nemorali tipiche di suoli eutrofici.

Infine i risultati dell'analisi sulle faggete di versante lungo il gradiente altitudinale 1530-1920 ha mostrato prima di tutto una netta differenza tra le aree di faggeta microterma non di limite e quelle di limite; differenza resa visibile dalle Emicriptofite che diminuiscono in numero all'aumentare della quota fino alle faggete del limite superiore dove raggiungono i valori più elevati unitamente alle specie ecotonali e di prateria. Trend regolari lungo il gradiente altitudinale sono stati riscontrati nella riduzione delle geofite, delle specie eurasiatiche ed un aumento di quelle endemiche, ciò in accordo con i dati di letteratura. Infine per quanto riguarda le specie tipiche dell'habitat *9210 queste diminuiscono in numero con l'aumentare della quota, nonostante la copertura non vari significativamente.

Bibliografia e Sitografia

Bonanomi G., Rita A., Allevato E., Cesarano G., Saulino L., Di Pasquale G., Allegranza M., Pesaresi S., Borghetti M., Rossi S., Saracino A. (2018). Anthropogenic and environmental factors affect the tree line position of *Fagus sylvatica* along the Apennines (Italy). *Journal of Biogeography* 2018, 1-14 doi: 10.1111/jbi.13408

Bonomi G., Zotti M., Mogavero V., Cesarano G., Saulino L., Rita A., Tesei G., Allegranza M., Saracino A., Allevato E. (2020). Climatic and anthropogenic factors explain the variability of *Fagus sylvatica* treeline elevation in fifteen mountain groups across the Apennines. *Forest Ecosystem* 7,5 <https://doi.org/10.1186/s40663-020-0217-8>

Di Pietro R. (2009). Observations on the beech woodlands of the Apennines (peninsular Italy): an intricate biogeographical and syntaxonomical issue. *LAZAROA* 30, 89-97

Magri D., Vendramin G.G., Comps B., Dupanloup I., Geburek T., Gomory D., Latalowa M., Litt T., Paule L., Roure J.M., Tantau I., Van der Knaap W.O., Petit R.J., De Beaulieu J.L. (2006). A new scenario for the Quaternary history of European beech populations: paleobotanical evidence and genetic consequences. *New Phytologist* 171, 199-221 doi: 10.1111/j.1469-8137.2006.01740.x

Magri D. (2008). Patterns of post-glacial spread and the extent of glacial refugia of European beech (*Fagus sylvatica*). *Journal of Biogeography* 35, 450-463 doi:10.1111/j.1365-2699.2007.01803.x

Saulino L., Rita A., Allegranza M., Zotti M., Mogavero V., Tesei G., Montecchiari S., Allevato E., Borghetti M., Bonanomi G., Saracino A. (2022). Clonality drives structural patterns and shape the community assemblage of the Mediterranean *Fagus sylvatica* subalpine belt. *Front. Plant Sci.* Doi: 10.3389/fpls.2022.947166

Willner W., Di Pietro R., Bergmeier E. (2009). Phylogeographical evidence for post-glacial dispersal limitation of European beech forest species. *Ecography* 32, 1011-1018 doi: 10.1111/j.1600-0587.2009.05957.x

<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/museo/regioni/musei/campo-felice>

<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/carta-dei-suoli-ditalia-soil-map-italy>

<https://www.isric.org/explore/world-soil-distribution/leptosols>

<https://www.parcosirentelino.it/pagina.php?id=8>

<https://rgpbio.it/riserva/monte-velino/>

Per concludere questo scritto passo ai ringraziamenti, doverosi nei confronti della mia famiglia che non mi ha fatto mai mancare l'appoggio e l'approvazione per quello che sto delineando come mio percorso formativo e soprattutto di vita, spronandomi a raggiungere traguardi più lontani; un grande ringraziamento va poi ai miei amici, che durante i passati periodi di lontananza (con qualcuno anche presenti) hanno sempre fatto in modo di esprimere il loro calore ed affetto nei miei confronti, e a chi in questi ultimi mesi mi è stato accanto aiutandomi ad affrontare ansie e paure della fine di un percorso, offrendomi uno spazio tranquillo ed un orecchio all'ascolto; non dimentico infine di ringraziare la relatrice Prof.ssa Marina Allegranza, il correlatore Dott. Giulio Tesi, ed il Dott. Mattia Camilletti per la loro grande disponibilità e supporto nel dissipare repentinamente ogni mio dubbio.