

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PARMA**

**DOTTORATO IN BIOLOGIA VEGETALE**

**CICLO XX**

**STUDIO DELLA BIODIVERSITÀ VEGETALE E  
DEL POPOLAMENTO A MICROARTROPODI  
EDAFICI NELLA RISERVA NATURALE  
"GUADINE PRADACCIO"**

Tutor:

Prof. M. TOMASELLI

Cotutore:

Dott.ssa C. MENTA

Candidato:

Dott. ALAN LEONI

Coordinatore del Dottorato

Prof. M. TOMASELLI

Anno 2008

“Un’emozione in un bosco a primavera  
può insegnarci di più sull’uomo,  
di più sul bene e sul male  
di quanto possano tutti i sapienti.”

W. Wordsworth, *Il Rovescio della Medaglia*.

# INDICE

<b>CAPITOLO 1: Introduzione.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITOLO 2: Stato delle conoscenze.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Il Suolo</b>	<b>4</b>
2.1.1 Proprietà fisiche del suolo	6
2.1.2 Sostanza organica	7
<b>2.2 La vegetazione dell'Appennino tosco-emiliano</b>	<b>10</b>
2.2.1 Le faggete	11
2.2.2 La vegetazione soprasilvatica	21
2.2.3 Le brughiere a mirtilli	23
2.2.4 Le praterie d'altitudine	26
<b>2.3 La silvicoltura</b>	<b>31</b>
<b>2.4 La fauna edafica</b>	<b>37</b>
2.4.1 Ecologia e habitat	40
2.4.2 Microartropodi edafici	42
<b>CAPITOLO 3: L'area di studio.....</b>	<b>45</b>
<b>3.1 Clima</b>	<b>45</b>
<b>3.2 Storia e gestione forestale</b>	<b>46</b>
<b>3.3 Siti esaminati</b>	<b>49</b>
<b>CAPITOLO 4: Materiali e metodi.....</b>	<b>52</b>
<b>4.1 Descrizione dei suoli</b>	<b>52</b>
4.1.1 Determinazione del pH	52
4.1.2 Contenuto in azoto	53
4.1.3 Contenuto di sostanza organica	53
4.1.4 Rapporto carbonio azoto	54
4.1.5 Massa della lettiera	54
<b>4.2 Metodo fitosociologico</b>	<b>55</b>
<b>4.3 Determinazione del volume di legname</b>	<b>58</b>
<b>4.4 Campionamento ed identificazione dei microartropodi edafici</b>	<b>59</b>



5.6.2 Valori di QBS nei rilievi della fascia soprasilvatica	152
5.6.3 QBS, confronto tra faggete, vaccinieti e brachipodieti	154
5.6.4 Correlazione tra QBS-ar e QBS-c	155
<b>5.7 Correlazioni tra biodiversità vegetale ed animale</b>	<b>160</b>
5.7.1 I rilievi della riserva	160
5.7.2 I rilievi di faggeta	161
5.7.3 I rilievi della fascia soprasilvatica	162
5.7.4 Relazioni biogeografiche	163
<b>CAPITOLO 6: Discussione.....</b>	<b>165</b>
<b>6.1 Le faggete</b>	<b>165</b>
<b>6.2 Praterie a <i>Brachypodium genuense</i></b>	<b>170</b>
<b>6.3 Arbusteti a mirtilli</b>	<b>172</b>
<b>6.4 Nardeto</b>	<b>173</b>
<b>6.5 Vegetazioni igronitrofile</b>	<b>174</b>
<b>6.6 Biodiversità vegetale e dei popolamenti edafici</b>	<b>175</b>
<b>CAPITOLO 7: Conclusioni.....</b>	<b>177</b>
<b>Riassunto.....</b>	<b>181</b>
<b>Ringraziamenti.....</b>	<b>182</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>183</b>
<b>Allegati.....</b>	<b>192</b>

## Capitolo 1. Introduzione

Le ricerche svolte nel corso di questo progetto di dottorato costituiscono uno studio multidisciplinare volto ad evidenziare le relazioni tra la vegetazione ed il popolamento dei microartropodi edafici, in rapporto alle caratteristiche del suolo.

Il suolo è il principale luogo di interazione tra la vegetazione e la fauna edafica essendo il substrato che sostiene la vita di entrambi questi gruppi di organismi. Come per le specie vegetali, la maggior parte dei taxa edafici è strettamente legato alle caratteristiche del suolo in cui abita, data la mobilità estremamente ridotta che li caratterizza e che non permette loro rapide migrazioni in altre aree in cerca di condizioni maggiormente favorevoli. E' quindi ipotizzabile che alcune caratteristiche del suolo (pH, tessitura, struttura, contenuto in nutrienti) influenzino sia il tipo di vegetazione, sia le comunità edafiche. Come noto dalla letteratura la composizione delle comunità edafiche è influenzata dalle caratteristiche ambientali e del suolo quali l'umidità (in particolare per la distribuzione della collembolofauna), la presenza di sostanza organica, il pH ed il tipo di humus (Hagvar 1982, Kuznetsova 2002). Si deve osservare come i fattori sopracitati siano generalmente correlati con il tipo di vegetazione presente nell'area. Inoltre le piante modificano attivamente le caratteristiche fisico-chimiche del suolo (Materna 2004) influenzando quindi indirettamente la composizione della fauna edafica. Infatti, mediante l'apparato radicale esse cambiano la distribuzione dell'acqua e dei nutrienti nel suolo, oltre a variare la porosità dello stesso tramite l'azione di scavo delle radici sottili. Le stesse radici e i loro essudati costituiscono una risorsa trofica importante per molti organismi edafici ed influenzano la distribuzione della microflora (Wallwork 1970). Le parti aeree delle piante riducono la radiazione solare diretta che raggiunge terreno, stabilizzano le variazioni di temperatura e mitigano gli effetti sugli orizzonti superficiali del suolo di vento e pioggia. I prodotti di caduta delle piante (foglie e legno morto) rappresentano la principale risorsa trofica per le comunità edafiche, ed il chimismo di tali prodotti (in particolare la presenza di cere e fenoli, ed il rapporto carbonio/azoto) può inibire o favorire lo sviluppo di alcuni taxa. Ad esempio Pinto *et al.* (1997) hanno evidenziato la relazione tra le comunità di collemboli ed il contenuto in azoto nelle foglie di specie di piante autoctone ed esotiche. Soprattutto in ambito forestale la fauna edafica influenza la degradazione della lettiera agendo sulla formazione dello strato di humus (Bird *et al.*

2000; 2004). A sua volta l'humus influisce sulle caratteristiche della comunità vegetale e delle stesse popolazioni animali (Cassagne *et al.* 2003; 2004). L'effetto del tipo di humus sulla fauna edafica può arrivare anche a mascherare quello legato alla tipologia di vegetazione, come osservato da Ponge (1993) in foreste di conifere e querceti, entrambi con humus tipo *moder*, che presentavano la medesima comunità di collemboli. Tali osservazioni mostrano quindi come le caratteristiche del suolo non solo influenzano la distribuzione degli organismi viventi, sia animali sia vegetali, ma ne sono a loro volta conseguenza. All'interno del suolo si sviluppa quindi una fitta rete di interazioni tra piante e fauna edafica ben esemplificata dal già citato ciclo del detrito, in cui le parti morte delle piante depositate al suolo forniscono il nutrimento base per la comunità edafica, la quale degrada le sostanze complesse in composti semplici rendendoli nuovamente disponibili per le piante. L'importanza della fauna edafica nei cicli biogeochimici di molti nutrienti (es. carbonio, azoto, fosforo e zolfo) è tale che alcuni autori sono arrivati a definirla come un "superorganismo" che agisce per la decomposizione del detrito organico.

Da tali considerazioni si può dedurre come molti parametri pedologici influenzino sia la vegetazione, sia la fauna edafica e come entrambe siano strettamente legate attraverso il ciclo del detrito. E quindi logico chiedersi se queste due componenti biotiche mostrino sensibilità simile ai cambiamenti chimico-fisici del suolo, e se reagiscano alle perturbazioni in modo correlabile. La risposta a tali quesiti è però complicata dal notevole ritardo nelle conoscenze delle caratteristiche ecologiche degli organismi edafici rispetto a quanto noto sulle specie vegetali (Ponge 1993), con conseguenti difficoltà nello stabilire i fattori che determinano lo svilupparsi di una particolare comunità in un determinato ambiente. Infatti, sebbene le comunità edafiche, con particolare riferimento alla collembolofauna, siano state ripetutamente studiate in relazione alla copertura vegetale ed alle caratteristiche del suolo in diverse aree europee (Ponge 1993, Cassagne *et al.* 2006), non è stata ancora sviluppata una visione d'insieme del legame tra ambiente e organismi edafici (Kuznetsova 2002).

Prove a favore di una correlazione tra vegetazione e fauna del suolo potrebbero essere cercate anche nella presenza di specie o di taxa edafici che, come accade per le specie vegetali, siano indicatori di particolari caratteristiche ambientali. E' infatti noto come il pH sia un fattore determinante nella distribuzione delle specie vegetali

(acidofile o basofile) e come alcune piante tollerino in maggior misura la presenza di metalli pesanti (metallofite). Allo stesso modo diversi studi hanno dimostrato come la presenza o la maggiore abbondanza di alcune specie di microartropodi edafici sia legata al grado di acidità del terreno (Hagvar & Abrahamsen 1984) o alla presenza di inquinanti come i metalli in traccia (Bengtsson 1983).

Quanto sopra descritto pone però il quesito se lo studio della comunità vegetale e della comunità edafica fornisca le medesime informazioni sulle caratteristiche di un ambiente o se ne mostri aspetti diversi e complementari.

Nella comunità scientifica un sempre maggiore interesse è rivolto alla fauna edafica data la sua sensibilità sia ai cambiamenti nei parametri ambientali sia agli *stress* di origine antropica. Queste caratteristiche, unite alla numerosità degli organismi ed alla elevata biodiversità presente nel suolo, sottolineano le sue potenzialità come bioindicatore (Cortet *et al.* 2000, van Straalen 1998, 2004, Deharveng 1996, Detsis *et al.* 2000, Frampton 1997). Tale impiego non può però prescindere da un lavoro preparatorio sulla struttura della comunità edafica presente negli ambienti esaminati (Chagnon *et al.* 2000) e quindi dai legami con il tipo di comunità vegetale. Per questo motivo nello studio qui descritto sono stati impiegati anche due indici di qualità del suolo basati sui microartropodi il QBS-ar ed il QBS-c (Parisi 2001, Parisi *et al.* 2005).

In questa ricerca di dottorato ci si pone l'obiettivo di evidenziare se le comunità vegetali ed edafiche presenti nella riserva naturale "Guadine Pradaccio" mostrino andamenti comuni delle rispettive biodiversità nelle stazioni analizzate, e di determinare quali siano i possibili fattori che influenzano tali andamenti. Allo stesso tempo si vuole rilevare se sono presenti specie vegetali o taxa edafici che indichino questi fattori, e se le caratteristiche dei diversi ambienti possano essere messe in relazione con i valori di qualità biologica del suolo.

## Capitolo 2. Stato delle conoscenze

### 2.1 Il suolo

Il suolo non deve essere considerato come un ecosistema distinto, quanto come lo strato basale di tutti gli ecosistemi terrestri. In esso si ha infatti la chiusura dei cicli biogeochimici di molti elementi (C, N, S, P) che sono ritrasformati in forme nuovamente assimilabili dalle piante. Il suolo è strettamente dipendente dall'ambiente sovrastante, da cui riceve la materia organica che sostiene il popolamento biologico, in quanto la mancanza di luce (che si ferma alla superficie) rende minimo l'apporto della produzione primaria per fotosintesi. I fattori che determinano il tipo di suolo sono principalmente tre:

1. La vegetazione
2. Il macroclima regionale (latitudine, altitudine, temperatura)
3. Il tipo di roccia madre

L'acqua e le sostanze nutritive che permeano il suolo danno origine a processi di pedogenesi che si concretizzano nella formazione di strati con caratteristiche chimiche e fisiche differenti detti orizzonti. Molto schematicamente osservando il profilo del suolo dalla superficie e scendendo in profondità possiamo incontrare:

- La lettiera (orizzonti  $O_1$  e  $O_2$ ) cioè la parte superficiale dove si depositano i prodotti di caduta delle piante.
- Lo strato eluviale, orizzonte A, dove avviene l'asportazione del materiale solubile.
- Lo strato illuviale, orizzonte B, in cui si depositano i materiali asportati dall'orizzonte eluviale.
- La roccia madre, orizzonti C e D

Negli orizzonti appena descritti si possono poi avere ulteriori separazioni, per esempio la lettiera può essere suddivisa a seconda del grado di decomposizione dei materiali vegetali e della possibilità di riconoscerne le componenti originali. Invece nella roccia madre si possono riconoscere diversi orizzonti legati agli stati di alterazione del substrato. Lo schema sopra descritto è quello tipico di un suolo non rimaneggiato, come può essere quello di una foresta matura. Nelle aree sottoposte ad attività antropiche, come la pratica agricola dell'aratura, modificano il profilo del suolo rimescolando gli strati.

Considerando gli orizzonti A e B, la loro composizione relativa è in linea generale la seguente: 45% minerali, 25% soluzione acquosa, 5% sostanza organica, 25% gas dell'atmosfera ipogea. In realtà le proporzioni di acqua e gas sono complementari, in quanto entrambe occupano gli stessi interstizi del suolo e quindi all'aumentare di una parte l'altra diminuisce di conseguenza. Di seguito queste quattro componenti sono analizzate singolarmente.

Soluzione acquosa: l'acqua presente nel suolo può essere ascritta a quattro tipi a seconda del legame con cui è trattenuta nel terreno:

1. Acqua gravitazionale: riempie le cavità con un diametro minimo di 8  $\mu\text{m}$  e tende a scendere in profondità per effetto della gravità.
2. Acqua capillare: riempie le cavità sufficientemente piccole per essere trattenuta grazie all'effetto della capillarità.
3. Acqua igroscopica: è legata chimicamente alle sostanze presenti nel suolo e la sua percentuale varia a seconda del tipo di substrato dal 3% dei suoli sabbiosi al 23% di quelli argillosi.
4. Acqua di cristallizzazione: è legata alla struttura molecolare delle componenti del suolo. (Parisi 1974, Giordano 1999)

L'energia con cui l'acqua è legata al terreno limita la capacità degli organismi di utilizzarla. Infatti mentre l'acqua gravitazionale è facilmente disponibile in quanto non legata chimicamente al substrato, l'acqua di cristallizzazione fa parte della struttura dei minerali e non può esserne separata.

Minerali: La componente minerale del suolo è molto varia a seconda del tipo di suolo e della roccia madre da cui deriva, però in generale si possono osservare (anche se in diverse proporzioni): carbonato di calcio, quarzo, vari solfati e silicati. Data la loro importanza nel determinare le proprietà fisiche del suolo (ad esempio le capacità di rigonfiarsi e trattenere l'acqua) vanno ricordati i minerali argillosi come: la Caolinite, la Montmorillonite e l'Illite. Questi minerali costituiti da strati alternati di ottaedri e tetraedri di silicio possono variare le loro dimensioni legando chimicamente l'acqua nella loro struttura molecolare (Parisi 1974, Giordano 1999).

Componente organica: la parte organica del suolo (escludendo gli organismi viventi) è formata da una vasta gamma di composti, derivati principalmente dalla demolizione del detrito vegetale della lettiera. In varie proporzioni sono presenti: polisaccaridi

(cellulose, emicellulose, lignina), lipidi, proteine, terpeni, tannini e altre sostanze tra cui le più caratteristiche sono gli acidi umici. Questi acidi derivano dalla decomposizione di materiali vegetali, ad opera dei batteri presenti nel suolo, e sono importanti non solo perché funzionano nel suolo come soluzioni tampone bilanciando le variazioni di pH, ma anche perché precursori dell'humus.

### 2.1.1 Proprietà fisiche del suolo

Tra le principali proprietà fisiche di un suolo vi sono la compattezza e la capacità di trattenere l'acqua; caratteristiche che a loro volta dipendono dalla struttura e dalla tessitura.

Per tessitura del suolo si intende le proporzioni relative con cui sono presenti le quattro classi granulometriche, infatti, a seconda delle dimensioni le particelle possono essere suddivise in:

- Scheletro, le particelle di diametro superiore a 2 mm
- Sabbia, le particelle di diametro compreso tra 2 e 0,05 mm
- Limo, le particelle di diametro compreso tra 0,05 e 0,002 mm
- Argilla, le particelle con diametro inferiore a 0,002 mm

La struttura invece caratterizza il modo in cui le particelle sono disposte tra loro, influenzando le dimensioni delle cavità.

Gli altri fattori fisici che caratterizzano l'ambiente ipogeo sono: luce, pH e temperatura. La luce si arresta alla superficie, perché assorbita dalle particelle terrose, questo impedisce la fotosintesi e limita la produzione primaria all'interno del suolo. Il pH pur presentando variazioni elevate nelle aree di intensa attività di decomposizione, resta generalmente costante all'interno di uno stesso suolo grazie anche all'effetto tampone degli acidi umici. Le variazioni diurne e stagionali di temperatura si attenuano con l'aumentare della profondità dell'orizzonte considerato. Questa omogeneità climatica evita agli organismi ipogei il bisogno di particolari adattamenti fisiologici e morfologici per difendersi dalle temperature estreme e da brusche variazioni termiche (Parisi 1974).

### 2.1.2 Sostanza organica

La sostanza organica è composta da tutti i residui della decomposizione, i prodotti dell'attività microbica, le sostanze di resintesi nel plasma batterico e dalle sostanze non specifiche del suolo (grassi, proteine, cellulose, terpeni, ecc.). La presenza di sostanza organica è influenzata principalmente dalle caratteristiche climatiche, dalla copertura vegetale, dall'attività della pedofauna e dal dilavamento. La differente quantità di composti estranei al suolo influenza la decomposizione e di conseguenza la quantità di sostanza organica. Infatti alcune sostanze idrosolubili presenti nei detriti vegetali sono tossiche o repellenti, e per questo la lettiera (orizzonti O<sub>1</sub> e O<sub>2</sub>) deve essere sottoposta ad un periodo di "lavaggio" prima di poter essere attaccata da detritivori e decompositori. Oltre alla presenza di sostanze tossiche, anche la stessa composizione dei detriti è importante nel determinare la velocità di degradazione, in quanto lettiere ricche di lignina, fenoli e acidi organici sono decomposte molto lentamente, in periodi che possono arrivare fino a cinque anni, mentre lettiere ricche di azoto e cellulosa hanno tempi di decomposizione estremamente rapidi che possono essere di soli sei mesi. In tutti i tipi di lettiera le sostanze sono degradate sempre nello stesso ordine: le prime ad essere attaccate sono le sostanze idrosolubili, seguite da quelle solubili in alcool, dalle emicellulose, la cellulosa ed infine la lignina.

In generale la sostanza organica può essere suddivisa in tre diverse frazioni in base al grado di degradazione e complessità molecolare: sostanza organica fresca (costituita da residui inalterati di origine vegetale e animale ben riconoscibili), sostanza organica ereditata (materiali costituiti da molecole più o meno complesse di glucidi, lipidi, protidi, lignina, derivati dall'alterazione dei residui) e sostanze umiche (costituite dall'humus vero e proprio).

La sostanza organica fresca può essere legata a diverse fonti, ma un contributo particolarmente importante è costituito dai residui prodotti dalla porzione epigea della vegetazione che costituiscono la quasi totalità della lettiera. In un bosco, per esempio, l'apporto di biomassa proveniente dalle chiome degli alberi è costituito per circa l'80% da foglie e il rimanete 20% da corteccia, frutti, rametti ed altri materiali (Zanella *et al.* 2001). Di importanza non secondaria è anche il contributo dovuto alle radici morte, infatti ogni anno gli alberi rinnovano il loro apparato radicale sostituendo dal 60% al 90% delle radici fini (Zanella *et al.* 2001). Questo turnover di biomassa radicale si

traduce in un apporto di sostanza organica al suolo pari ad alcune tonnellate per ettaro. A questo si deve aggiungere l'apporto di sostanza organica legato al rilascio di essudati radicali (composti organici solubili come zuccheri e acidi organici), ormoni, mucillagini (sostanze di consistenza gelatinosa e di natura polisaccaridica) e lisati (sostanze derivanti dalla lisi delle cellule dei tessuti radicali).

L'humus è una parte della sostanza organica e rappresenta la fase conclusiva di una serie di complesse trasformazioni a carico dei residui vegetali e animali. A sua volta l'humus si decompone in sostanze minerali che vengono poi riassorbite dalle piante. Si possono distinguere tre tipologie di umine sulla base della sua genesi: 1) umina residuale nel terreno, 2) umina di neosintesi batterica 3) umina di policondensazione.

Nell'ultimo caso la sostanza organica attraversa una serie di stadi in cui si ha la formazione di: acidi crenici, acidi fulvici e acidi umici. Durante i passaggi dagli acidi crenici all'umina, i composti cambiano le proprie caratteristiche in vari modi:

- Aumenta la polimerizzazione della catena C-C
- Aumentano i legami di tipo aromatico
- Il colore diventa progressivamente più scuro
- Aumenta il peso molecolare
- Aumenta il contenuto di carbonio, che passa dal 49% degli acidi fulvici al 62% delle umine.
- Diminuisce il contenuto di ossigeno, dal 48% degli acidi fulvici al 30% delle umine.
- Diminuisce l'acidità di scambio.
- Diminuisce il grado di solubilità in acqua.

L'azione delle umine si manifesta anche sulle caratteristiche fisiche del suolo aumentandone la compattezza, con la formazione di composti umo-argillosi.

Generalmente si distinguono humus aerobi, formati in terreni areati, ed anaerobi, formati in idromorfia. I primi comprendono le forme principali mor, mull forestale, mull calcico e moder, mentre gli humus anaerobi comprendono torba calcica e anmor.

Mor: si forma in suoli acidi, a basse temperature, con lettiere difficilmente degradabili. Il processo di formazione del complesso umico è molto lento, ma ancora più lenta è la sua decomposizione, per cui si ha accumulo più o meno rilevante di materia organica preumica. Il mor tipico ha un pH inferiore a 5 ed è povero di azoto,

rapporto C/N superiore a 20. Riguardo alla componente vivente, in questo tipo di humus prevalgono funghi, acari, collemboli ed enchitreidi.

Mull forestale: è un tipo di humus con turnover della sostanza organica piuttosto rapido. Allo stesso modo, anche umificazione e mineralizzazione sono rapide; ne risultano orizzonti organici poco spessi. Il mull forestale ha un pH compreso fra 5 e 6,5 ed un rapporto C/N inferiore a 20. Solitamente sono presenti in grande quantità oligocheti anecici.

Mull calcico: si forma su substrati ricchi di calcare. Presenta reazione neutra od alcalina ed è ricco di azoto, in particolare amminico, rapporto C/N pari a 10. L'elevato grado di polimerizzazione e lo stretto legame con i colloidali minerali lo rendono abbastanza resistente alla decomposizione biologica.

Moder: è un tipo di humus intermedio fra il mull ed il mor, caratteristico dei terreni forestali che si trovano in una fase iniziale di degradazione. La lettiera si decompone più rapidamente rispetto al mor, ad opera principalmente di funghi. Il rapporto C/N è variabile da 15 a 25 ed il pH inferiore a 5, ma sempre meno acido del mor.

Le forme di humus anaerobiche hanno origine in idromorfia permanente, che determina una decomposizione molto lenta della materia organica con residui poco trasformati e ricchi di lignina.

Torba calcica: cellulosa ed emicellulosa sono degradate in anaerobiosi con dispersione dei prodotti volatili e accumulo di complessi ligninici. Generalmente il pH è neutro e rapporto C/N superiore a 30.

Anmor: humus di suoli idromorfi su falda freatica poco profonda che si abbassa durante la stagione asciutta e determina l'alternarsi di attività aerobiche. Questo tipo di humus presenta una mescolanza di materia organica variamente trasformata ed umificata e di argilla. Il pH è variabile ed il rapporto C/N è pari a 20 (Zanella *et al.* 2001).

La degradazione della sostanza organica è il processo che fornisce l'energia necessaria per sostenere i viventi del suolo, infatti come già ricordato, l'assenza di luce impedisce la fotosintesi e di conseguenza tutti i rapporti trofici che normalmente avvengono in superficie. La catena del detrito oltre a sostenere la vita della pedofauna rende anche nuovamente disponibili alle piante elementi fondamentali come N, P, S, C.

## **2.2 La vegetazione dell'Appennino tosco-emiliano**

La vegetazione è legata alle caratteristiche climatiche di un'area, infatti è facile osservare come al variare della quota o della latitudine la vegetazione si modifica di conseguenza. Le variazioni in senso latitudinale definiscono le zone fitoclimatiche, mentre quelle in senso altitudinale definiscono le fasce di vegetazione. Le zone fitoclimatiche presenti nell'Europa occidentale sono sei: artica, boreale, subatlantica, atlantica, centroeuropea e mediterranea. Di queste solo la centroeuropea e la mediterranea sono rappresentate sul territorio italiano. La linea di confine tra queste due zone attraversa lo spartiacque ligure-piemontese, passa per il piede meridionale dell'Appennino Tosco-Emiliano e raggiunge l'Adriatico con una fascia di transizione tra Rimini e Ancona. Tutto il territorio a nord di tale linea appartiene alla zona medioeuropea, mentre tutto quanto si trova a sud è attribuito alla zona mediterranea, detta "zona dell'ulivo" (Pignatti 1998). La regione Emilia-Romagna è posta a ridosso di tale confine, netto lungo il crinale dell'Appennino settentrionale e più sfumato nella sua parte sudorientale (Romagna), rivestendo una zona di particolare interesse per la fitogeografia europea in quanto area di contatto tra due zone. In questa regione la composizione specifica della vegetazione compone un quadro complesso su cui si sovrappongono gli effetti del gradiente altitudinale e della distanza dal mare adriatico. Il gradiente altitudinale è quello principale e può essere descritto mediante le seguenti fasce di vegetazione (Ferrari 1997):

- Fascia dei querceti misti xerofili (fascia submediterranea)
- Fascia dei querceti misti mesofili (fascia medioeuropea)
- Fascia dei faggeti (fascia subatlantica)
- Fascia degli arbusteti a mirtilli (fascia boreale)

Il gradiente longitudinale è ben visibile nella composizione della vegetazione forestale dell'Appennino, mentre è di più difficile descrizione nella pianura a causa dell'elevato grado di antropizzazione. È però possibile schematizzare la regione in settori geografici (Ferrari 1997):

- Settore della costa
- Settore della pianura
- Settore delle colline romagnole sublitorali
- Settore dell'Appennino romagnolo

- Settore dell'Appennino emiliano orientale, dalla valle del Reno sino alla valle del Taro (Appennino Tosco-Emiliano)
- Settore dell'Appennino emiliano occidentale, dalla valle del Taro sino alla valle del Tidone.

In base alle schematizzazioni sopra riportate la riserva naturale orientata “Guadine di Pradaccio”, l'area esaminata in questa ricerca, è situata nel settore dell'Appennino emiliano orientale e presenta tipologie vegetali della fascia dei faggeti e degli arbusteti a mirtilli. Per tale motivo la descrizione dettagliata della vegetazione sarà limitata a quella presente in queste fasce altitudinali.

### 2.2.1 Le faggete

Il faggio (*Fagus sylvatica*) è una delle più importanti specie forestali europee, sia come estensione dell'areale, che come incidenza nei consorzi forestali e qualità del legname. L'area del faggio si estende dalla Spagna alla Grecia e dalla Sicilia alla Scandinavia. Questo albero è strettamente legato a particolari condizioni ecologiche e per questo esso costituisce un indicatore ambientale della massima importanza. Le foreste di faggio sono per lo più monospecifiche (il faggio è l'unica specie arborea dominante) oppure può essere associato con abete bianco (*Abies alba*) o abete rosso (*Picea abies*) (Pignatti 1998).

La faggeta è un bosco di latifoglie decidue adatto alle condizioni di clima fresco e umido, che in Italia si ritrovano solo nelle aree di montagna. A differenza del querceto misto, un altro componente del gruppo dei boschi temperati caducifogli, la faggeta è in grado di svilupparsi in aree con temperatura media annua di 9-11 °C, mentre il primo richiede in generale 11-13°C. Le condizioni climatiche che determinano lo svilupparsi della faggeta influiscono sulla pedogenesi portando generalmente alla formazione di terre brune, che spesso subiscono processi più o meno spinti di acidificazione.

La vegetazione delle faggete si sviluppa in un ambiente temperato-freddo con larga disponibilità di acqua, nel quale possono crescere specie arboree caducifoglie ad elevata produzione e biomassa stabile. Tra queste, oltre ovviamente a *F. sylvatica*, specie del genere *Acer* e aghifoglie come *Abies* e *Picea*. Si viene quindi a formare un ambiente ben ombreggiato in estate e luminoso nella stagione fredda, con la tendenza all'accumulo di humus nel suolo.

Il clima di tipo oceanico risulta relativamente umido durante l'intero corso dell'anno con variazioni di temperatura abbastanza smorzate. In generale la stagione fredda inizia in autunno e include tre mesi con temperature medie inferiori allo zero. Durante questo periodo le abbondanti precipitazioni possono portare all'accumulo di una spessa copertura nevosa. La ripresa vegetativa primaverile (abbastanza precoce per le faggete più termofile) è avviata dalla vegetazione a livello del suolo (principalmente geofite) in un ambiente luminoso, dato che la produzione di foglie da parte della vegetazione arborea è più tardiva (fine aprile in genere). Con lo sviluppo del fogliame il suolo rimane ombreggiato, spesso con forte riduzione della luminosità, fino alla caduta nel periodo autunnale. Le precipitazioni nelle aree coperte da faggete risultano abbondanti anche durante la stagione calda, anche se in alcune aree dell'Appennino è possibile rilevare una loro diminuzione nei mesi estivi. Tale riduzione non è però mai tale da portare a periodi di marcato *stress* idrico. Il clima della faggeta è quindi caratterizzato da una marcata stagionalità per quanto riguarda le temperature, ma l'apporto delle precipitazioni è abbondante per tutto l'arco dell'anno. Durante la stagione calda le condizioni favorevoli fanno prevalere i processi di produzione primaria (fotosintesi) mentre nella stagione fredda l'attività metabolica delle piante è ridotta alla respirazione. Questa stagionalità si evidenzia anche nei processi di pedogenesi, infatti nella stagione fredda i processi di fermentazione biologica sono ridotti, con un conseguente accumulo di humus acido e la lisciviazione delle sostanze solubili dagli strati superficiali del suolo. Nella stagione calda i processi fermentativi sono invece molto intensi e la materia organica si combina con la componente minerale, si ha quindi la formazione di humus "dolce" che aumenta la fertilità del suolo (Pignatti 1998).

Le condizioni climatiche e pedologiche che caratterizzano le faggete permettono lo sviluppo di numerosi gruppi ecomorfologici tra cui:

Alberi decidui. Sebbene il faggio formi spesso popolamenti monospecifici, si può osservare anche la presenza di *Acer* (soprattutto *A. pseudoplatanus*) e più raramente *Sorbus aucuparia* ed *Ostrya carpinifolia*.

Alberi sempreverdi. Le specie di faggio distribuite nell'emisfero boreale sono spesso associate ad una o più specie di conifere dei generi: *Abies*, *Tsuga*, *Thuja*, *Cephalotaxus*, *Taxus*, *Torreya*. Sono sempreverdi che a differenza di *Picea* sono adatte al clima

oceanico. *Abies* tende a localizzarsi nelle aree a clima più fresco, mentre *Taxus* è frequente in condizioni di elevata oceanicità.

Cespugli decidui. Sono presenti specie sciafile che sostanzialmente popolano anche il querceto misto. Dal punto di vista ecomorfologico corrispondo agli alberi decidui, anzi sono spesso le medesime specie con individui giovani dal portamento arbustivo.

Cespugli sempreverdi. Insieme agli alberi sempreverdi si tratta di elementi relitti, soprattutto *Ilex aquifolium*, *Daphne laureola*, *Edera helix*. Anche questi sono sciafile.

Erbe stagionali sciafile. A causa della densa copertura delle foglie di faggio la radiazione luminosa che raggiunge il terreno è decisamente ridotta; per questo motivo lo strato erbaceo delle faggete è composto soprattutto da specie sciafile, spesso legate specificamente al faggio. Ne sono un esempio: *Paris quadrifolia*, *Prenanthes purpurea*, *Galium odoratum*, *Cardamine* sp.pl.

Erbe stagionali eliofile. Per svilupparsi utilizzano la breve nicchia temporale primaverile che precede lo sviluppo delle foglie sugli alberi di faggio. Per approfittare di questo breve periodo in cui il suolo è soleggiato devono crescere rapidamente, per tale motivo risultano favorite le specie con organi sotterranei di riserva (*Allium*, *Scilla*, *Gagea*, *Corydalis*, *Ciclamen*) in grado di fruttare le riserve accumulate nell'estate precedente.

Muschi ed epatiche. Le condizioni di formazione dell'humus e lo spesso strato di lettiera non permettono lo stabilirsi di popolamenti di crittogame paragonabili a quelli delle peccete. I licheni sono scarsi e muschi ed epatiche non costituiscono quasi mai tappeti estesi.

Le condizioni climatiche ottimali per il faggio sono probabilmente quelle della porzione collinare e di bassa montagna della Germania, sebbene il faggio sia ampiamente diffuso in Spagna, Francia, Italia, nei Carpazi, lungo la penisola balcanica e nella parte meridionale di Inghilterra e Svezia. Un buon numero di specie vegetali presentano distribuzione simile e accompagnano il faggio in tutto il suo areale. Sono indicate come specie "faggetali" in quanto legate alle caratteristiche della faggeta più che al faggio. Tra quelle più diffuse si ricordano:

- Alberi o cespugli: *Acer pseudoplatanus*, *Sorbus aucuparia*
- Arbusti bassi: *Daphne laureola*, *D. mezereum*

- Erbe spontanee scapose: *Galium odoratum*, *Phyteuma ovatum*, *Prenanthes purpurea*, *Pulmonaria* sp.pl., *Sanicula europea*.
- Erbe perenni cespitose: *Festuca altissima*, *Hordelymus europaeus*, *Luzula* sp.pl., *Melica nutans*.
- Erbe perenni bulbose o rizomatose: *Cardamine* sp.pl., *Festuca drymeia*, *Lathyrus vernus*, *Paris quadrifolia*.
- Erbe perenni saprofite: *Corallorhiza trifida*, *Monotropa hypopithys*, *Neottia nidus-avis*.

Si osserva un gruppo molto eterogeneo in cui sono rappresentate molte delle più importanti famiglie di Angiosperme. Il gruppo più numeroso è quello delle geofite che come ricordato in precedenza possono meglio sfruttare il periodo che precede l'ombreggiamento dovuto alle foglie dei faggi. Caratteristicamente mancano le erbe annuali, le erbe a rosetta, gli arbusti spinosi e le liane.

Oltre alle specie sopraccitate e presenti in molte delle associazioni forestali di faggeta, ve ne sono altre che caratterizzano particolari aspetti ecologici o biogeografici come sotto riportato (Pignatti 1998).

Gruppo della fascia fredda.

Circuboreali: *Athyrium filix foemina*, *Majanthemum bifolium*, *Milium effusum*, *Orthilia secunda*, *Paris quadrifolia*.

Gruppo della fascia temperata

Centroeuropee: *Actaea spicata*, *Adoxa moschatellina*, *Allium ursinum*, *Arum maculatum*, *Daphne mezereum*, *Fagus sylvatica*, *Galium odoratum*, *Lamium galeobdolon*, *Lathyrus vernus*, *Luzula albida*, *Mercurialis perennis*, *Mycelis muralis*, *Neottia nidus-avis*, *Pulmonaria officinalis*, *Sanicula europea*, *Viola reichenbachiana*.

Subatlantiche: *Daphne laureola*, *Ilex aquifolium*.

Sudest-europee: *Acer pseudoplatanus*, *Agrimonia agrimonoides*, *Asarum europaeum*, *Cephalanthera damasonium*, *C. longifolia*, *Prenanthes purpurea*, *Ranunculus lanuginosus*, *Salvia glutinosa*.

Westeuropee: *Buxus sempervirens*, *Luzula pedemontana*, *Trochiscanthes nodiflora*.

Europee: *Carex digitata*, *Epilobium montanum*, *Geranium robertianum*, *Listera ovata*, *Oxalis acetosella*, *Platanthera bifolia*.

Europeo-caucasiche: *Melica nutans*

Gruppo delle specie montane

Orofite Centroeuropee: *Abies alba*, *Galium rotundifolium*, *Lonicera alpigena*, *Saxifraga rotundifolia*, *Veronica urticifolia*.

Orofite estalpine: *Anemone trifolia*, *Cardamine trifolia*, *Carex alba*, *Cyclamen purpurascens*.

Gruppo delle specie mediterranee

Mediterraneo montane: *Campanula trachelium*, *Cardamine chelidonia*, *Doronicum orientale*, *Geranium versicolor*, *Lamium flexuosum*, *L. garganicum*, *Ranunculus brutius*.

Il contingente più numeroso è costituito dalle specie centroeuropee, tra cui lo stesso faggio. La vegetazione a *Fagus sylvatica* appare dunque centrata sull'area fitogeografia dell'Europa centrale.

Le faggete Europee presentano una struttura unitaria sia come sinecologia sia come flora, costituendo l'alleanza *Fagion sylvaticae* Pawloski 1928 (Pignatti 1998). Il *Fagion* è caratterizzato da un blocco specie che costituiscono la sopra descritta "florula fagetale", ma sono possibili ulteriori articolazioni sia sulla base di criteri sinecologici sia di corologia-biodiversità. Nel primo caso i fattori principali che creano distinzioni sono il clima e il suolo delle aree di faggeta. In Italia, ad esempio, alcuni ambienti alpini (valli periferiche) mostrano un'elevata oceanicità, mentre in altri si ha un clima di transizione verso quello continentale (vallate intermedie, ambiente mesalpico) con il passaggio alle foreste di faggio e abete bianco o solo abete bianco. Il clima con moderata secchezza estiva dell'Appennino meridionale conferisce invece caratteristiche più termofile alle faggete di queste aree. Tra gli ambienti a clima francamente oceanico, il suolo determina una ulteriore divisione in conseguenza della presenza di: rendzine, terre brune e suoli acidi. Su rendzina si sviluppa la faggeta termofila che caratterizza le pendici calcaree delle Alpi e dell'Appennino settentrionale, mentre sulle terre brune e profonde si sviluppa la faggeta eutrofica, mentre su terre brune acide e suoli podzolici si sviluppano faggete acidocline. La biodiversità delle faggete viene evidenziata soprattutto da specie meridionali nella Penisola Iberica, in Italia meridionale, Sicilia e Balcani: le aree di rifugio del faggio durante le glaciazioni. Nell'Europa centrale, già ricordata come area con l'ambiente più favorevole alla faggeta, il faggio si è affermato

solo in epoca molto recente (4000 anni fa). Infatti tali faggete presentano una ridotta biodiversità e la mancanza di specie endemiche. In Italia lo stock floristico più importante si presenta nelle faggete della Penisola meridionale ed in Sicilia. Sebbene le specie che caratterizzano tali aree non siano generalmente endemismi ma specie sudeuropee presenti anche nei Balcani e nella penisola Iberica, la loro presenza differenzia nettamente le faggete meridionali dalle altre presenti sul nostro territorio nazionale (Pignatti 1998).

Prima delle glaciazioni non ci sono tracce dell'esistenza di faggete sulle montagne mediterranee, che durante questo periodo avevano un clima freddo tale da non permettere il mantenersi una fascia boschiva. Le faggete dovevano quindi essere limitate a poche aree rifugio in Sicilia e presso la costa. La migrazione verso le sedi attuali delle faggete è quindi avvenuta essenzialmente nel postglaciale. Per l'area padana i diagrammi pollinici del postglaciale mostrano una progressiva espansione in senso est-ovest da aree rifugio ubicate nella zona adriatica e peri-adriatica (Bertoldi 1997). Contemporaneamente si sarebbe avuta l'espansione verso nord dalle aree rifugio dell'Italia meridionale ed insulare. La peculiarità delle faggete meridionali è legata alla possibilità che queste hanno avuto di evolvere in modo indipendente nelle fasi fredde del Wurmiano. Si tratta di fatti abbastanza recenti che non hanno permesso un'ampia fase di speciazione. Il grado di endemismo tende ad aumentare verso sud fino al massimo nell'associazione *Asyneumati-Fagetum*, facendo supporre che l'areale di tale associazione (Calabria e Nebrodi) corrisponda all'area rifugio della fase fredda (Pignatti 1998).

Le formazioni del faggio in Italia possono essere ripartite in tre grandi gruppi principali, che vanno dalle faggete con *Abies*, che si situano in una posizione intermedia tra faggete e peccete, sino alle faggete termofile meridionali, che si avvicinano al bosco misto.

- I. Boschi misti di faggio e abete bianco delle Alpi e dell'Appennino settentrionale (*Abeti-Fagion*). Gruppo di faggete caratterizzate dalla presenza nello strato arboreo di abete bianco (*Abies alba*) e spesso anche di rosso (*Picea abies*), mentre il faggio rimane spesso in posizione subordinata. Le specie boreali dei *Vaccinio-Piceetea* sono ampiamente diffuse, soprattutto *Vaccinium*

*myrtillus*. Questi consorzi rappresentano l'ambiente più freddo nell'ambito della faggeta, e costituiscono la transizione verso la pecceta.

- II. Faggete dell'Italia settentrionale ed Appennino Tosco-Emiliano. Il faggio domina lo strato arboreo e il corteggio floristico è dato essenzialmente da specie del bosco caducifoglio, con penetrazioni di specie orientali (illiriche e dinariche), mentre sono assenti specie endemiche o subendemiche meridionali. L'ambiente è moderatamente fresco e subcontinentale. Sulla base di fattori ecologici si possono distinguere tre gruppi subordinati: a) faggete mesofile (*Eu-Fagion*) su suoli bruni profondi e fertili, b) faggete termofile (*Cephalanthero-Fagion*) su rendzine, c) faggete acidofile (*Luzulo-Fagion*) su suoli acidi o podzolici.
- III. Faggete dell'Italia centro meridionale e Sicilia (*Geranio versicoloris-Fagion*). Il faggio è in generale dominante, però a volte accompagnato da abete bianco. Tra le specie erbacee alcune endemiche o subendemiche (*Hieracium grovesianum*, *Ranunculus umbrosus*, ecc.), mentre mancano specie boreali e orientali. L'ambiente è più caldo rispetto ai gruppi precedenti ed in estate si ha una marcata diminuzione della piovosità, seppur non vi sia un vero e proprio periodo arido. Questi consorzi, come in precedenza ricordato, costituiscono una transizione verso il querceto misto.

Date le finalità di questo studio saranno descritte in modo dettagliato solo le caratteristiche del gruppo II, Faggete dell'Italia settentrionale e Appennino Tosco-Emiliano.

Nell'Italia settentrionale e centrale le faggete per vari aspetti risultano fortemente simili a quelle continentali presenti dalla Francia al Belgio, fino al versante settentrionale delle Alpi ed ai Carpazi. Infatti tra queste faggete italiane e quelle europee si osservano forti similitudini sulla base di caratteristiche quali: la composizione floristica, la struttura del soprassuolo e l'alternanza di tipi mesofili, termofili ed acidofili. In molti casi si osservano le stesse associazioni già descritte per l'areale centroeuropeo oppure vicarianti. Solo poche specie meridionali possono essere usate come differenziali e la loro distribuzione non è generale. Questo tipo di vegetazione è generalmente indicata come *Fagion sylvaticae* e rappresenta il contesto vegetazionale che meglio corrisponde alle caratteristiche del faggio (Pignatti 1998). In tutto l'areale

centro europeo e anche sul territorio italiano si possono distinguere tre gruppi di associazioni con carattere: mesofilo, termofilo, ed acidofilo.

Le faggete mesofile si sviluppano su suoli profondi, su rocce né spiccatamente acide né spiccatamente basiche, oppure dove gli orizzonti superficiali sono abbastanza sviluppati da isolare la rizosfera rispetto alla roccia madre. In tali condizioni si sviluppa una terra bruna neutra o blandamente acida, con humus tipo Mull e buona disponibilità di acqua durante tutta la stagione vegetativa. Tali faggete hanno significato zonale e sono in generale indicate come *Eu-Fagion* o *Galio odorati-Fagion*. Sebbene siano le faggete più produttive mancano specie veramente esclusive di tale ambiente. Le faggete mesofile sono distribuite in Italia in tre aree principali: Alpi orientali, Alpi occidentali, Appennino settentrionale; ma tra queste aree si osservano solo deboli differenze floristiche. Le faggete occidentali sono quelle maggiormente differenziate, soprattutto per la presenza di *Geranium nodosum*, e la maggiore incidenza di *Calamintha grandiflora*. L'elevata fertilità di questa tipologia di faggete è testimoniata anche in caso di schiarite nel bosco che portano in pochi anni alla formazione di associazioni di erbe alte ascrivibili agli *Adenostyletalia*, e alla trasformazione, da parte dell'uomo, di questi boschi in prati stabili altamente produttivi come l'*Arrhenatheretum*.

Le faggete termofile si formano su substrati calcarei, in generale su pendii soleggiate e protetti, dove i suoli hanno le caratteristiche di rendzine. Non sono ambienti intrinsecamente aridi, ma il forte drenaggio e l'erosione superficiale impediscono la formazione di un profilo maturo. Il suolo ha caratteristiche basiche, povero di humus o con accumulo di materia organica scarsamente mineralizzata. Nei mesi estivi si può anche avere un deficit idrico che talora provoca danni alla crescita del faggio. Tali faggete sono caratterizzate da tre specie di orchidee: *Cephalanthera rubra*, *C. longifolia*, *C. damasonium*, che non sono però molto frequenti né esclusive. Queste faggete sono comunque denominate *Cephalanthero-Fagion*. Quando la faggeta viene tagliata è sostituita da pascoli steppici di *Bromion erecti* o da consorzi di transizione tra *Bromion* e *Seslerion albicantis*.

Le faggete acidocline sono legate a substrati silicei su cui si sviluppano suoli acidi, generalmente di tipo ranker (con profilo primitivo e ricchi di scheletro) o podzol (se la pedogenesi è più progredita). Il suolo presenta scarsa fertilità e humus di tipo Moder. Tali faggete sono riunite nel *Luzulo-Fagion* in quanto caratterizzate da diverse specie di

*Luzula*; sebbene si deve considerare che specie come *L. sylvatica* e *L. nivea* possono essere frequenti anche nelle faggete mesofile. Significativa è anche la presenza di specie di *Vaccinio-Picetea*, come il mirtillo. Se il bosco viene abbattuto si forma vegetazione a brughiera (con *Calluna* o *Cystus scoparius*) o pascolo a *Nardus stricta*.

Nell'Appennino settentrionale si possono riconoscere sei associazioni di faggete che distinguono le quote superiori ed inferiori di tale area in tre settori fitogeografici: a) ligure-emiliano, b) tosco-emiliano, c) romagnolo (Ubaldi 1988).

Nell'Appennino ligure-emiliano le faggete naturali e subnaturali sono state descritte da Gentile con l'associazione *Trochischanto-Fagetum* Gentile 1974, caratterizzate da *Trochiscanthes nodiflora*. Da circa 1000 a 1400 m di quota questi faggeti sono attribuiti alla subassociazione *seslerietosum autumnalis*, mentre quelli più elevati, sino a 1600-1700 m di quota sono prevalentemente attribuibili alla subassociazione *sorbetosum aucupariae*. Tali subassociazioni risultano abbastanza differenti e, secondo Ubaldi (1988), possono essere anche elevate al rango di associazioni; caratterizzate rispettivamente da *Sesleria autumnalis* e *Rosa pendulina*. L'associazione a *S. autumnalis* è una cenosi moderatamente oligotrofica che si sviluppa su suoli meno evoluti rispetto alla associazione con *R. pendulina*. La combinazione specifica di questo faggeto conta 46 specie di cui una arborea, il faggio, e una alto-arbustiva, il maggiociondolo alpino. Mancano sorbo degli uccellatori, acero di monte e abete bianco. Nello strato erbaceo sono presenti alcune specie termofile comuni nei querceti (*Primula vulgaris*, *Hepatica nobilis*, *Anemone trifolia*) che possono essere messe in relazione con la posizione medio e basso-montana di queste faggete e con il suolo poco evoluto. Nell'associazione a *R. pendulina* che caratterizza le quote più elevate di questo settore la combinazione specifica è data da 53 specie, tra cui tre costanti tra le arboree ad alto fusto: *Fagus sylvatica*, *Sorbus aucuparia* e *Laburnum alpino*; queste ultime presenti anche nello strato arbustivo. La faggeta, quasi pura, presenta due varianti: una con abete bianco (*Abies alba*) ed una con acero di monte (*Acer pseudoplatanus*), quest'ultima legata a suoli umidi.

Nell'Appennino tosco-emiliano faggete delle quote montane più basse (generalmente tra 1100 m e 1500 m) sono state descritte con l'associazione *Saniculo-Fagetum* Ubaldi 1993, caratterizzata da *Sanicula europea*, *Trochiscanthes nodiflora* e *Stellaria nemorum* (Ubaldi 1993). Sono aceri-faggeti, con *Acer pseudoplatanus*, nelle situazioni più

naturali e hanno la fisionomia di fustaie di faggio nelle situazioni subnaturali (Ferrari 1997). Nella fascia montana più elevata di questo settore (da 1500 a 1700 m), le faggete sono state descritte con l'associazione *Gymnocarpio-Fagetum* Ubaldi et Speranza 1985, caratterizzata dalle felci *Gymnocarpium dryopteris* e *Dryopteris dilatata*. Le specie arboree più frequenti, oltre al faggio, sono *Abies alba*, *Acer pseudoplatanus* e *Sorbus aucuparia*. *Abies alba* è però presente soltanto in siti marginali con suoli meno evoluti. I boschi di questa associazione sono una situazione abbastanza singolare, in quanto presentano una certa somiglianza floristica con l'alleanza dei boschi boreali di conifere (*Vaccinion-Piceion*), pur essendo nell'ambito sociologico del *Fagion* (Ubaldi 1998). Tra le specie che ricordano le foreste di conifere abbiamo: *Gymnocarpium dryopteris*, *Dryopteris dilatata*, *Polystichum lonchitis*, *Pyrola minor*, *Phegopteris polypodioides* e *Vaccinium myrtillus*. Impronta floristica da porre in relazioni a condizioni climatiche freddo-continentali. Situazioni oligotrofiche legate al passato sfruttamento forestale sono abbastanza comuni e sono contrassegnate da specie quali: *Daphne mezereum*, *Corallorhiza trifida*, *Pulmonaria saccharata*, *Orchis maculata*, *Potentilla micrantha* e *Phyteuma scorzonerifolium* (Ubaldi 1988). Il *Gymnocarpio-Fagetum* viene in contatto nel livello superiore con la brughiera subalpina *Vaccinio-Hypericetum richeri* ed in alcuni casi con resti del bosco naturale di conifere.

Nell'Appennino romagnolo sono state descritte due associazioni, *Acer platanoides-Fagetum* Ubaldi et. Gentile 1985 e *Polygonato verticillati-Fagetum* Ubaldi et. Gentile 1985, che racchiudono rispettivamente le faggete delle quote comprese tra gli 800 (a contatto con i querceti termo-mesofili) e i 1200 m e quelle di quota superiore sino a 1600 m. *Acer platanoides-Fagetum* presenta una elevata ricchezza in specie (68-76 specie) tanto da essere la più ricca tra le faggete dell'Italia peninsulare. Le specie caratteristiche locali sono: *Polystichum setiferum*, *Euphorbia amygdaloides*, *Fraxinus excelsior*, *Acer platanoides* e *Arisarum proboscideum*. Le specie arboree più importanti, oltre al faggio, a *Fraxinus excelsior* e *Acer platanoides*, sono: *Ulmus glabra*, *Tilia platyphyllos*, *Abies alba*. È l'associazione che corrisponde alla maggior parte dei faggeti presenti nel versante romagnolo del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi (Ferrari 1997). Il *Polygonato verticillati-Fagetum* è noto nella letteratura forestale come aceri-faggeto. È il tipo di faggeto che in Emilia-Romagna si trova alle quote più elevate nelle Foreste Casentinesi, dove il clima locale ha caratteri marcatamente oceanici, con

piovosità elevata (2000 mm annui). Le specie caratteristiche locali sono *Polygonatum verticillatum*, *Galeopsis tetrahit* e *Cardamine trifolia*.

L'elevata diversità, sopra descritta, delle faggete dell'Appennino settentrionale è da mettere in relazione con le differenti condizioni climatiche dei diversi settori, che ipoteticamente dovrebbero coincidere con condizioni più freddo-continentali del settore tosco-emiliano rispetto a quelle più oceaniche degli altri due (Ubaldi 1988).

### 2.2.2 La vegetazione soprasilvatica

Con il termine vegetazione soprasilvatica si indica l'insieme delle comunità vegetali che occupano i versanti di un rilievo montuoso oltre il limite superiore della vegetazione arborea. Tale limite è determinato dalle basse temperature, tuttavia non si tratta di una relazione lineare, ma di un complesso fenomeno connesso alle condizioni di sofferenza degli alberi provocate dalle gelate durante le condizioni di ripresa vegetativa primaverile. Le aree a clima continentale hanno un limite della vegetazione arborea superiore a quelle con clima oceanico. Infatti si può notare come sulle Alpi questo limite sia alla quota di 2000-2200 m, o anche più alto, mentre nell'Appennino scende a 1700-1900 m. In generale il limite del bosco si presenta netto, ma singoli alberi possono vegetare anche a quote di 100-150 m superiori, approfittando di favorevoli condizioni locali. Tra i fattori del rilievo che influenzano il limite del bosco si deve considerare anche "l'effetto vetta"; gli alberi difficilmente riescono ad attecchire e svilupparsi in ambienti molto esposti, per cui è normale che le cime delle montagne siano prive di vegetazione anche se sono più basse della quota limite del bosco. In alcune zone la scomparsa della vegetazione arborea a quote superiori a 1500-1600 m è collegata agli effetti di passate attività antropiche quali il taglio per la produzione di legna da ardere e l'espansione delle aree destinate a pascolo (Pignatti 1998). Nell'Appennino tosco-emiliano lo sviluppo altitudinale è relativamente modesto con solo alcune cime che superano i 2000 m di quota e poche altre che oltrepassano i 1900 m, mentre il crinale si mantiene per la massima parte al di sopra dei 1700 m. Dato che l'attuale limite della vegetazione arborea oscilla, in quest'area, tra 1600 e i 1750 m, lo sviluppo altitudinale del rilievo permette la formazione di una fascia di vegetazione soprasilvatica lungo la massima parte del crinale, sebbene tale fascia assuma un'estensione relativamente ampia solo in corrispondenza dei settori più elevati (Alpe di Succiso, Prado, Cusna,

Monte Giovo, Monte Rondinaio e la dorsale Libro Aperto-Monte Cimone). Anche se l'areale della vegetazione soprasilvatica dell'alto Appennino emiliano risulta abbastanza limitato, la sua importanza floristica e fitogeografia è notevole data la particolarità della sua composizione specifica nettamente diversificata da quelle delle fasce vegetazionali sottostanti e la ricchezza di specie interessanti dal punto di vista corologico. Le specie arbustive ed erbacee dei contigui boschi di faggio sono quasi completamente assenti nelle aree soprasilvatiche, che presentano quindi una composizione originale. Inoltre tali aree presentano una maggiore ricchezza in specie a testimonianza dell'elevato grado di diversità ambientale che si riscontra in corrispondenza del crinale, dove in uno spazio ridotto si possono incontrare habitat tra loro molto diversi come: pareti rocciose, falde detritiche, pendii in erosione, campi di pietre, depositi morenici, piccole conche, laghi di circo, pozze stagionali, depositi torbosi, sorgenti e ruscelli. A questi tipi di habitat corrispondono comunità vegetali floristicamente differenziate con un conseguente arricchimento globale della flora d'altitudine (Tomaselli 1997).

La flora ipsofila dell'Appennino settentrionale consta di 444 taxa e la sola flora del distretto tosco-emiliano è formata da 391 specie. I suoi caratteri fitogeografici possono essere così riassunti:

1. La flora dell'alto Appennino tosco-emiliano comprende un elevato numero di orofite dell'Europa centrale e sud-occidentale e di endemiche alpine occidentali, a prova del legame biogeografico tra questa parte dell'Appennino, le Alpi occidentali ed i Pirenei. Appartengono a questo gruppo di specie: *Luzula lutea*, *Sagina glabra*, *Silene acaulis* ssp. *excapata*, *Sedum anacampseros*, *Stachys pradica*, *Plantago alpina*, *Artemisia umbelliformis*, *Leucanthemopsis alpina*, *Scorzonera aristata*.
2. Molti taxa boreali raggiungono il loro limite di distribuzione meridionale in Italia nell'Appennino tosco-emiliano. I taxa boreali al limite della loro distribuzione sono situati prevalentemente in habitat palustri e di torbiera, come: *Eriophorum angustifolium*, *Trichophorum alpinum*, *Trichophorum caespitosum*, *Juncus filiformis*. Tra quelli artico-alpini presenti nei rari ambienti a lungo innevamento si segnalano *Gnaphalium supinum* e *Carex foetida*.

3. La flora ipsofila dell'Appennino tosco-emiliano è relativamente povera di specie endemiche appenniniche, e si tratta in genere di specie che qui hanno il loro limite geografico settentrionale. Alcuni taxa sono poco differenziati rispetto a taxa simili presenti sulle Alpi, come: *Saxifraga latina*, *Ranunculus apenninus*, *Brachypodium genuense*, *Linum gracilis*. Anche le poche specie endemiche del solo Appennino tosco-emiliano sono correlate a taxa endemici delle Alpi od orofite europee, come nel caso di: *Murbeckiella zanonii*, *Primula apennina*, *Taraxacum aemilianum*, *Saxifraga etrusca*.

Da questo emerge come il distretto tosco-emiliano dell'appennino settentrionale presenti un basso grado di indipendenza floristica dalle Alpi, un alto valore rifugio per taxa boreali e uno scarso numero di taxa endemici (Ferrari 1995). Dal punto di vista fitosociologico la predominanza nelle comunità soprasilvatiche di specie in comune con le principali montagne centro-europee e di specie a distribuzione boreale più ampia, ha come conseguenza che le unità di vegetazione presenti lungo il crinale Appenninico siano tendenzialmente riferibili ad associazioni già descritte per le Alpi. Nella maggior parte dei casi, tuttavia, questa condizione non si verifica in quanto le unità appenniniche mostrano un certo grado di autonomia floristica rispetto al modello alpino. L'autonomia rimane comunque relativamente debole e confinata al livello di associazione, mentre le unità fitosociologiche di rango superiore rimangono quelle individuate nelle Alpi (Tomaselli 1997).

Nonostante la già citata diversità di habitat presenti nella fascia soprasilvatica dell'Appennino tosco-emiliano, di seguito saranno affrontate in modo più dettagliato solo le vegetazioni delle brughiere a mirtilli e le praterie, in quanto ambienti studiati in questo lavoro di ricerca.

### 2.2.3 Le brughiere a mirtilli

Sul versante settentrionale dell'alto Appennino tosco-emiliano la formazione vegetale più diffusa è l'arbusteto basso dominato da *Vaccinium gaultherioides* e *V. myrtillus*, una tipologia di arbusteto che è presente anche su aree limitate delle vicine Alpi Apuane e che deve essere considerata la formazione climax della vegetazione soprasilvatica nell'Appennino settentrionale (Ferrari 1995). Prove paleobotaniche mostrano la presenza di queste brughiere già dal tardo Würm (Bertolani Marchetti 1963

in Ferrari 1995), ma anche della pratica millenaria di ricavare dalle quote più elevate pascoli bruciando la brughiera a mirtillo. Tale pratica ha raggiunto il culmine tra il XVIII ed il XIX secolo, infatti, fonti storiche evidenziano la presenza di estese praterie a *Nardus stricta* ad espressione della degradazione della praterie di altitudine in seguito al sovrasfruttamento da pascolo (Ferrari 1995). All'inizio del '900, con l'abbandono delle pratiche silvo-pastorali e l'impovertimento demografico delle montagne si osserva una progressiva ripresa della vegetazione di brughiera a mirtilli.

Alla presenza delle due specie di mirtillo sopraccitate, da cui i vaccinieti derivano la loro fisionomia, si deve aggiungere una terza specie *V. vitis-idaea*, comune nei vaccinieti dell'Appennino parmense e reggiano, ma estremamente rara a sud-est del Passo delle Radici (Appennino modenese); a testimonianza del progressivo impoverimento in specie dei vaccinieti lungo la direzione Nord-Ovest verso Sud-Est. Oltre a *V. vitis-idaea* dai vaccinieti ad est del settore reggiano-modenese scompaiono anche altre specie come: *Empetrum hermaphroditum* e *Lycopodium annotinum*.

Nelle brughiere di crinale alle già citate specie di mirtilli e all'empetro, si accompagnano altri arbusti come *Juniperus nana* e *Rosa pendulina*, ed occasionalmente: *Calluna vulgaris*, *Sorbus chamaemespilus*, *Rhododendron ferrugineum* e *Salix hastata*. La composizione delle brughiere a mirtilli è arricchita dalla presenza di numerose specie erbacee tra cui: *Avenella flexuosa*, *Anthoxanthum alpinum*, *Hypericum richeri*, *Carex sempervirens*, *Festuca nigrescens*, *Homogine alpina*. Sono inoltre presenti licopodi quali: *Huperzia selago*, *Diphasiatrum alpinum*, *Lycopodium annotinum* e *L. clavatum*. Frequenti sono anche i muschi (*Dicranum scoparium*, *Pleurozium schreberi*, *Rhytidiadelphus triquetrus* e *R. loreus*) ed i licheni (*Cetraria islandica*, *Cladonia furcata*, *C. rangiferina*) (Tomaselli 1997).

Nelle brughiere a mirtilli (vaccinieti) dell'Appennino settentrionale le specie caratteristiche della classe *Loiseleurio-Vaccinietea*, comprensiva delle brughiere a ericacee artico-alpine, sono quasi del tutto assenti. Sembrerebbe quindi più opportuno una loro attribuzione alla classe dei boschi boreali e montano-alpini *Vaccinio-Piccetea*, in cui inserire l'ordine *Loiseleurio-Vaccinietalia*. Tali vaccinieti sono ascrivibili all'associazione *Empetro-Vaccinietum* descritta da Braun-Blanquet per le Alpi centrali (Tomaselli 1997). I vaccinieti nordappenninici appaiono dunque come una forma

impoverita per marginalità geografica ed ecologica degli Empetro-Vaccinieti alpini (Ferrari 1995).

Spesso in contiguità topografica con *Empetro-Vaccinietum* è presente sull'Appennino tosco-emiliano un altro tipo di vaccinieto, caratterizzato dalla dominanza di *V. myrtillus* (meno frequentemente in codominanza con *V. gaultherioides*) e dalla quasi totale scomparsa di *E. hermaphroditum*. Assumono maggior rilievo specie di prateria (in particolare quelle trasgressive dei pascoli a nardo) come: *Nardus stricta*, *Potentilla erecta*, *P. aurea*, *Solidago alpestris*, *Pseudorchis albida*; indicati la persistenza nella flora di vegetazione attuale delle tracce dell'intenso pascolamento subito in passato. Questa tipologia di vaccinieti può essere inquadrata nell'associazione *Vaccinion-Hypericetum*, da inserirsi nell'alleanza *Rhododendro-Vaccinion* che comprende le brughiere a rododendri soprasilvatiche delle alpi (Tomaselli 1997).

*Empetro-Vaccinietum* è presente generalmente nei versanti con maggiore pendenza e nelle forme convesse del terreno (espluvi, costoni, piccoli dossi) dove la copertura nevosa permane per non oltre i sei mesi l'anno. In queste situazioni il suolo risulta in genere non molto profondo con elevata pietrosità superficiale e ricco in scheletro. Al contrario *Hyperico-Vaccinietum* predilige versanti meno acclivi e le forme concave del terreno ( piede dei pendii, depressioni, vallecole) dove la neve permane più a lungo ed il suolo è in genere più profondo e con una minore quantità di scheletro (Tomaselli 1997).

Nei vaccinieti posti alle quote più basse, in prossimità del limite degli alberi e con suoli più evoluti, si può osservare l'intromissione di alcune specie di *Fagetalia sylvaticae*, come *Daphne mezereum* e *Prenanthes purpurea*. Nei vaccinieti più soleggiati o con situazioni maggiormente degradate dall'azione antropica si osservano con maggiore frequenza *Juniperus nana* e *Brachypodium genuense* (Ferrari 1995).

Come sopradescritto il progressivo abbandono delle pratiche pastorali ha portato ad una espansione, soprattutto sui versanti settentrionali, dei vaccinieti a scapito delle praterie a nardo; fenomeno che dimostra come come queste brughiere siano la vegetazione strutturalmente più complessa che si può sviluppare in corrispondenza del crinale.

#### 2.2.4 Le praterie d'altitudine

Le praterie dell'alto Appennino tosco-emiliano costituiscono un insieme molto articolato in conseguenza di differenze nel substrato, praterie neutro-basifitiche e acidofitiche, e dell'influenza delle passate attività antropiche, praterie primarie o naturali e praterie secondarie originate da pascolo o da incendio del vaccinieto. Il quadro che ne risulta è quello di una vegetazione con prevalenza di complessi di praterie acidofitiche ed esempi di praterie basifitiche legate ad ambienti di cengia o di impluvio, dove diventa importante la presenza di calcare derivato dal dilavamento delle pareti (Ferrari 1995).

Le praterie neutro-basifitiche presentano due tipi di vegetazioni fondamentali: 1) i pascoli pingui caratterizzati da *Trifolium thalii* e *Festuca puccinellii*, 2) l'associazione *Aquilegio-Anemonetum narcissiflore*, corrispondente ai lembi di praterie primarie insediati nelle cenge delle pareti rocciose esposte a nord.

Il primo presenta una copertura continua in cui oltre alle due specie dominanti (*T. thalii* e *F. puccinellii*) emergono per frequenza e abbondanza le graminacee *Festuca nigrescens* e *Poa alpina*, e le erbacee perenni di piccola taglia e foglia a rosetta come: *Alchemilla flagellata*, *Crepis aurea* ssp. *glabrescens* e *Plantago alpina*. Dal punto di vista fitosociologico queste praterie rivelano una stretta affinità con il *Trifolio-Festucetum violaceae* delle Alpi centrali, ma alcune importanti differenze floristiche sembrano giustificare l'istituzione di una associazione indipendente denominata provvisoriamente da Rossi (1994) *Trifolio-Festucetum puccinellii* (Tomaselli 1997). I suoli che caratterizzano questa associazione hanno un pH che oscilla intorno alla neutralità con punte debolmente acide per i popolamenti insediati su substrato arenaceo. La buona disponibilità di nutrienti e un rifornimento idrico adeguato (favorito dalla persistenza e dall'abbondanza della copertura nevosa) rendono possibile lo sviluppo di un cotico erboso continuo ricco di specie foraggere. Il ridotto pascolo attuale permette a questi ambienti una relativa stabilità floristica e una composizione ancora simile a quella originaria. In aree dove il carico del pascolo è stato eccessivo sino a tempi recenti si possono invece osservare segni di degradazione, accompagnati da una tendenza all'acidificazione, che mostrano la tendenza alla conversione verso i pascoli magri acidofitici dominati da *Nardus stricta*.

In corrispondenza di linee di impluvio o di suoli con idromorfia superficiale il disturbo provocato dal sovrapascolo crea le condizioni ottimali per l'insediamento di *Deschampsia caespitosa*, una robusta graminacea igro-nitrofila che a causa delle foglie scabre e taglienti ha un valore foraggero per gli ovini solo nello stadio giovanile. L'aggruppamento a *Deschampsia caespitosa* è fitosociologicamente inquadrato nell'alleanza *Poion alpinae*, tuttavia la composizione floristica dell'aggruppamento è arricchita da un contingente di specie diffuse soprattutto dai nardeti, ad indicare l'acidificazione del suolo da pascolo eccessivo (Tomaselli 1997).

L'associazione *Aquilegio-Anemonetum narcissiflorae* caratterizza le cengie esposte a nord con una copertura fitta e continua dall'aspetto di prateria. La composizione floristica di tale associazione è caratterizzata da un contingente di specie neutro-basifile e mesofile dell'alleanza *Caricion ferrugineae*, inserita nell'ordine *Sesleria variae*, comprendente tutte le praterie di altitudine delle principali montagne centro-sudeuropee sviluppate su substrati carbonatici. L'attribuzione di questa associazione ad un'alleanza che comprende praterie relativamente fresche e umide diffuse nelle Alpi calcareo-dolomitiche dalla fascia subalpina boreale a quella alpina sembra giustificato non solo dalla composizione floristica ma anche dalle caratteristiche dell'habitat (Tomaselli 1997).

Le praterie che si sviluppano su suoli con caratteristiche acide sono tra le formazioni erbacee di altitudine più diffuse nell'Appennino tosco-emiliano. Come detto in precedenza tali formazioni possono essere separate in naturali o secondarie in base all'origine, e quest'ultime a loro volta possono essere distinte in praterie fisionomicamente caratterizzate dalla presenza di *Nardus stricta* (su superfici pianeggianti), e in quelle caratterizzate da *Brachypodium genuense* (su versanti acclivi).

Le praterie acidofitiche primarie mostrano una copertura erbacea discontinua costituita da un mosaico di tappeti erbacei a *Trifolium alpinum* e *Plantago alpina*, cuscinetti emisferici (pulvini) di *Silene acaulis* subsp. *excapa*, densi cespi di *Juncus trifidus* e *Festuca rotundifolia* e, nei punti più ripidi da festoni di *Alchemilla saxatilis* e *Luzula spicata* disposti ortogonalmente alla linea di massima inclinazione del pendio. Le specie dei vari syntaxa di *Juncetea trifidi*, che raggruppa le associazioni di praterie primarie acidofitiche artico-alpine, caratterizzano fitosociologicamente la composizione floristica di queste praterie appenniniche. L'elenco di tali specie comprende: *Senecio*

*incanus*, *Hieracium glanduliferum*, *Agrostis rupestris*, *Phyteuma hemisphaericum*, *Luzula lutea*, *Euphrasia alpina*, *E. minima*, *Juncus trifidus*, *Luzula spicata*, *Lychnis alpina*. Tra le specie caratteristiche locali si ricordano: *Gentianella campestris*, *Hieracium lactucella*, *Trifolium alpinum*, *Silene exscapa*. Le ultime due specie sono state considerate caratteristiche dell'associazione denominata *Sileno exscapae-Trifolietum alpini* a cui vanno riferite le praterie acidofitiche primarie dell'alto Appennino tosco-emiliano. Dal punto di vista fitogeografico l'importanza del *Sileno exscapae-Trifolietum alpini* è particolarmente rilevante in quanto unica associazione di *Caricion curvulae* descritta, al momento, sull'Appennino settentrionale e la sua distribuzione coincide con il limite meridionale di questa alleanza in Italia (Tomaselli 1997).

Le praterie acidofile secondarie sono ampiamente diffuse lungo tutto il crinale dell'Appennino tosco-emiliano, tra esse la tipologia dei pascoli magri a *Nardus stricta* (nardeto o cervino) risulta particolarmente importante dal punto di vista dell'estensione. La dominanza di tale specie è indice di degradazione dovuta al carico eccessivo del pascolo, che ha portato ad una riduzione nel numero e nella quantità delle specie foraggere. I pascoli a nardo si presentano infatti poveri di specie vegetali, con suolo a pH acido, ridotta disponibilità di nutrienti e suolo reso asfittico dal calpestio. Il nucleo fondamentale dei nardeti appenninici, è costituito da un cospicuo contingente di specie caratteristiche dell'alleanza *Nardion* (*Geum montanum*, *Potentilla aurea*, *Gentiana kochiana*, *Leontodon helveticus*, *Centaurea nervosa*), dell'ordine *Nardetalia* e della classe *Nardo-Callunetea* (*Nardus stricta*, *Festuca nigrescens*, *Antennaria dioica*, *Luzula multiflora*, *Potentilla erecta*). Nell'ambito dei nardeti si possono distinguere tre diverse fitocenosi allineate secondo un gradiente altitudinale e correlate a situazioni geomorfologiche distinte: l'associazione *Geo montani nardetum*, l'associazione *Violo cavallieri-Nardetum* e l'aggruppamento a *Nardus stricta* e *Luzula alpino-pilosa*. La prima associazione, *Geo montani nardetum*, comprende i pascoli a nardo situati nella fascia alto montana e nella parte inferiore della fascia boreale e subalpina, derivanti da antiche distruzioni del bosco di faggio e delle brughiere a mirtilli in favore del pascolo. La seconda associazione è invece una tipologia di vegetazione diffusa nella fascia boreale subalpina superiore, in stazioni con maggiore durata della copertura nevosa. Dalla precedente differisce per il minore peso del contingente di specie dei *Nardetalia* e

dei *Nardo-Callunetea* e per l'accresciuta rappresentanza di entità della classe *Juncetea trifidi*, in quanto, il *Violo cavallieri-Nardetum* è legato al sovrappascolo in aree anticamente occupate da empetro-vaccinieti, quindi già in origine abbastanza ricche di specie di questa classe. Entrambe le associazioni sono osservabili in stazioni pianeggianti o debolmente inclinate situate sul fondo o lungo i fianchi dei circhi glaciali, dove il bestiame ovino staziona più di frequente per il pascolo (Tomaselli 1997). L'aggruppamento a *Nardus stricta* e *Luzula alpino-pilosa*, è meno diffuso rispetto alle associazioni precedentemente descritte ed occupa in genere piccole superfici pianeggianti modellate da fenomeni crionivali situate sul fondo di trincee derivate da fenomeni di crollo di creste oppure scavate entro corpi detritici dei *rock-glaciers*. In tali situazioni la copertura nevosa permane per molto tempo e al suo scioglimento il suolo resta comunque imbibito per buona parte della stagione vegetativa, condizione che favorisce il nardo. Dal punto di vista floristico questi nardeti risultano estremamente poveri, tuttavia, anche se ridimensionato, il contingente di specie di *Nardo-Callunetea* è ancora il più rappresentativo. A testimonianza della copertura nevosa di lunga permanenza si osservano specie di *Salicetea herbaceae*.

Tra le praterie acidofitiche secondarie dell'Appennino tosco-emilino si osserva anche una formazione erbacea chiusa caratterizzata dall'addensamento dei cespi di *Brachypodium genuense*. I brachipodieti mostrano una discreta eterogeneità floristica, dovuta alla presenza di specie appartenenti a diverse classi di vegetazione. Prevale abbastanza nettamente la classe *Nardo-Callunetea* con le specie: *Nardus stricta*, *Festuca panicolata*, *Luzula multiflora*, *Geum montanum*, *Centaurea nervosa*, *Potentilla erecta*, *Alchemilla glaucescens*, *Leontodon helveticus*, *Gentiana kochiana*. Tale contingente testimonia l'influenza del pascolo in questa fitocenosi. Un altro contingente ben rappresentato è quello delle specie xerotermofile della classe *Festuco-Brometea* quali: *Cerastium suffruticosum*, *Carlina acaulis*, *Knautia purpurea*, *Dianthus monspessulanus*, *Galium centroniae*, *Asperula oreophila*, *Hippocrepis comosa*. La presenza di tali specie è legata alla diffusione dei brachiopodi su pendii acclivi e spesso sui versanti meridionali, condizioni che inducono scarsità d'acqua. Sui suoli relativamente sottili ed a elevata petrosità superficiale di aree semirupicole, risultano frequenti specie litofile come: *Saxifraga paniculata*, *Silene saxifraga*, *Sempervivum tectorum*, *Seseli libanotis* (Tomaselli 1997). In generale nelle fitocenosi a

*Brachypodium genuense* il suolo si presenta abbastanza profondo ed evoluto, con reazione acida. Nelle stazioni con suolo più profondo è quantitativamente significativo il contingente di specie di vaccinieto (*Vaccinion-Piccetea*), comunque presenti in tutti i popolamenti di questa fitocenosi. Tale presenza attesta una tendenza dinamica dei brachipodieti verso la costituzione della brughiera a mirtilli. Infatti è verosimile che la maggior parte dei brachipodieti sia originata da passati interventi antropici e che la acclività dei versanti su cui questa fitocenosi si sviluppa ostacolino il riformarsi dei vaccinieti, garantendo una elevata costanza e stabilità floristica. Sebbene lo studio di queste fitocenosi sia ancora agli inizi, i brachipodieti secondari sono inquadrabili nell'alleanza *Nardion* e riferibili all'associazione *Anthoxantho-Brachypodietum* (Tomaselli 1997).

## 2.3 La silvicoltura

L'espansione delle aree agricole e la sempre maggiore richiesta di risorse naturali conseguente allo sviluppo della civiltà industriale ha portato spesso alla distruzione o allo sfruttamento delle foreste. In zone dove l'uomo ha invece reputato necessario mantenere una copertura forestale da utilizzare per la produzione di legname o come protezione dal dissesto idrogeologico, si può osservare l'impiego di soluzioni tecniche che oltre alla conservazione garantiscono la rinnovazione delle aree boschive. Tali tecniche, dette silvicolture, possono avere diverse finalità e conseguentemente diversi effetti sull'ambiente. Infatti mediante la silvicoltura l'uomo apporta per i suoi fini modifiche alla copertura vegetale che possono portare a un degrado dell'ambiente ma anche ad una sua ricostituzione.

Prima di ogni azione su un ambiente forestale si deve tenere presente come il bosco sia più di un semplice insieme di alberi, ma una comunità biotica molto diversificata che comprende: erbe, arbusti, funghi ed animali (vertebrati ed invertebrati). Inoltre il suolo forestale è il delicato risultato di processi pedogenetici estremamente lenti, e le attività antropiche possono portarlo rapidamente a perdere fertilità. Anche in una prospettiva globale le foreste hanno un ruolo di primo piano data la loro importanza nei processi di regolazione degli scambi gassosi in atmosfera e per l'attività di fissazione dell'anidride carbonica.

Da questo risulta evidente come nelle pratiche silvicolture sia maturata la convinzione della necessità di un approccio scientifico alla gestione forestale, in cui l'ecologia rappresenti un perno fondamentale (Piusi 1997).

In linea generale possiamo distinguere due tipologie di gestione forestale, la fustaia ed il ceduo. Queste si differenziano sia per la frequenza dei tagli (maggiore nel ceduo) sia per le caratteristiche dei prodotti legnosi ottenuti.

Nella gestione della fustaia oltre al tipo di taglio (a raso, tagli successivi, taglio saltuario) si deve valutare se utilizzare rinnovazione naturale o artificiale (semina diretta e piantagione di piantine prodotte in vivaio). La rinnovazione naturale, prevalente nelle fustaie italiane, assicura in genere una copertura permanente del terreno e quindi un collegamento più efficace tra le generazioni di alberi; inoltre il microclima a livello del suolo rimane stabile favorendo l'attività biotica. La rinnovazione naturale consente la conservazione di ecotipi locali, generalmente più adatti alla stazione, e permette di

mantenere e dosare in modo migliore le mescolanze di specie. Si riducono inoltre i costi della raccolta del seme e di allevamento in vivaio. La rinnovazione artificiale permette però di mettere a dimora in sito piantine già affermate eliminando rischi nelle fasi di fioritura, fruttificazione, disseminazione e permanenza del seme al suolo prima della germinazione; i quali rendono spesso imprevedibile l'esito della rinnovazione. Inoltre, con la rinnovazione artificiale il periodo necessario al rinnovamento può essere abbreviato e si ha la possibilità di regolare opportunamente la densità delle piantagioni, riducendo la necessità di sfolli e facilitando gli interventi di diserbo e decespugliamento, eseguibili anche con mezzi meccanici (Piusi 1997).

Nel taglio a raso della fustaia si procede all'abbattimento di tutte le piante presenti sulla superficie selezionata; questo semplifica le operazioni in quanto non è necessaria l'indicazione preliminare delle piante da asportare. Tale metodo può però avere conseguenze negative sulla stabilità del terreno determinando fenomeni erosivi. Per questo motivo le aree sottoposte a taglio tendono ad avere forma allungata con il lato maggiore disposto lungo la superficie di taglio. Come conseguenza del taglio a raso il terreno è esposto direttamente ai fattori esterni, si hanno di conseguenza temperature elevate durante il giorno mentre nelle ore notturne si assiste ad un più rapido raffreddamento del suolo e degli strati d'aria sovrastanti. Le acque meteoriche, non più trattenute dalle chiome, cadono in maggiore quantità sul terreno, questo, associato ad una minor traspirazione, porta ad un accumulo idrico. A livello del suolo la maggiore disponibilità di acqua e le alte temperature portano ad una rapida alterazione della sostanza organica accumulata, che comporta la messa in circolo nel sistema di grandi quantità di nutrienti; di cui una parte è utilizzata o trattenuta dalla vegetazione erbacea, ma altra è dilavata. Tale processo si protrae per diversi anni fino alla formazione di una nuova generazione di alberi in grado di utilizzare e fissare gli elementi nutritivi, favorendo nuovamente il loro accumulo nel terreno.

Nella gestione con tagli successivi la rinnovazione della fustaia avviene sotto la copertura parziale di un soprassuolo maturo. Il taglio è volto inizialmente a favorire la rinnovazione da seme scoprendo parzialmente il terreno (taglio di sementazione), in seguito si riduce gradualmente la densità del soprassuolo favorendo l'affermazione del novellame (tagli secondari) ed infine si asportano le piante rimaste sulla tagliata (taglio di sgombero). Con questa tipologia di taglio sono conservate le caratteristiche

ambientali adatte alla crescita di specie come il faggio, che mal sopportano l'esposizione diretta e la maggiore continentalità climatica a cui sono sottoposte le aree di taglio a raso. Infatti, sebbene si osservi un maggiore riscaldamento diurno e raffreddamento notturno rispetto a prima dei tagli, tali tendenze sono mitigate dalla presenza del soprassuolo rimasto fino a che il novellame non sia cresciuto a sufficienza. Anche dopo questo tipo di intervento si assiste ad un aumento delle disponibilità idriche sebbene la durata dell'innervamento sia ridotta rispetto a quanto avviene per i tagli a raso. Si riducono inoltre la quantità di nutrienti liberata e le perdite per dilavamento, grazie al soprassuolo rimasto ed al novellame in crescita.

Il taglio saltuario è utilizzato in fustaie disetanee e prevede l'asportazione solo di una frazione degli alberi presenti. Il terreno in tal modo non rimane scoperto e la struttura è alterata solo su superfici ridotte. L'elemento chiave per il mantenimento di questa struttura forestale è la scelta delle piante da asportare che deve essere eseguita valutando le caratteristiche che le rendono mature dal punto di vista economico e la necessità di consentire una crescita regolare del soprassuolo. La presenza delle chiome e di alberi di diversa età permette il mantenimento di un clima più oceanico ed una umidità relativa maggiore, ma anche una maggiore intercettazione delle precipitazioni ad opera delle parti aeree delle piante.

Ognuna di queste tipologie di gestione presenta vantaggi e svantaggi che vanno dalla facilità nella gestione delle attività di esbosco del taglio a raso, connesse però a un forte impatto sull'ambiente forestale, sino alla ottimale protezione del suolo della gestione a taglio saltuario, che comporta però la necessità di una più accurata programmazione delle opere di taglio e difficoltà maggiori nel trasporto dei materiali asportati.

Il governo a ceduo prevede invece l'utilizzo della sola parte aerea del popolamento arboreo, mentre le ceppaie lasciate nel terreno provvedono alla ricostruzione del soprassuolo attraverso la produzione di polloni. I polloni sono prodotti da gemme proventizie (dormienti) o da gemme avventizie. Le prime situate sul tronco, sui rami e sulle radici sono prodotte normalmente durante le fasi di accrescimento ma non entrano in vegetazione a causa della dominanza apicale, mentre le altre si formano in corrispondenza del callo cicatriziale legato ad un trauma. In entrambi i casi il loro significato adattativo è legato alla possibilità di rigenerare la chioma, o parte di essa, dopo la sua distruzione dovuta ad un evento traumatico. Nelle ceppaie dai polloni si

sviluppa una nuova pianta con portamento analogo all'albero intero. Dalla stessa ceppaia si dipartono vari polloni che di anno in anno si riducono a causa della competizione per le risorse nutritive ottenute mediante l'apparato radicale in comune. Sebbene per la creazione del nuovo soprassuolo nella gestione a ceduo ci si affidi ai polloni e le ceppaie siano in genere abbastanza longeve, nelle aree ceduate si lasciano di norma alcuni fusti destinati a fungere da matricine (piante da seme). Le matricine provvedono sia alla disseminazione naturale, permettendo lo sviluppo di nuove piante che sostituiscono progressivamente le ceppaie che si esauriscono, sia a proteggere i cedui dalla eccessiva insolazione e dal vento (Piuksi 1997).

Oltre alla classica ceduzione a ceppaia (taglio eseguito al colletto della pianta) possiamo avere tagli a capitozzo (taglio a 1-3 m dal suolo) e a sgamollo (asportazione dei rami ma non del cimale). Queste ultime due tipologie di gestione a ceduo sono state ormai abbandonate nei boschi ma hanno ancora una certa importanza nelle campagne in relazione alle attività zootecniche e alle legature in vimini.

Nella gestione delle ceppaie possiamo distinguere il taglio a raso o il taglio a sterzo. Nel primo caso si ha l'abbattimento di tutti i polloni presenti sulla superficie destinata al taglio. Nello stesso tempo il suolo è liberato dagli arbusti, mentre la ramaglia rimane sparsa sul terreno o sistemata in cataste allungate. In tal modo si riduce l'asportazione di elementi nutritivi e si costituisce una protezione contro vento ed erosione del suolo. Nei periodi vegetativi che seguono il taglio si assiste ad un energico ricaccio di polloni da parte delle ceppaie e allo sviluppo di vegetazione erbacea ed arbustiva che tende a coprire il terreno non occupato dalle ceppaie. La differenza in altezza tra i polloni della ceppaia e il portamento obliquo di alcuni di essi portano la ceppaia ad avere una forma globosa che è molto efficace nell'intercettare la radiazione solare. Le chiome delle singole ceppaie possono giungere in contatto sin dai primi anni dopo il taglio costituendo una copertura quasi totale del suolo. Con il tempo la riduzione dei rami nella parte inferiore dei polloni (seccati o caduti) porta il soprassuolo ad avere l'aspetto di una giovane perticaia. Gli effetti del taglio a raso nel ceduo (erosione e depauperamento del suolo, maggiore continentalità termica) sono simili a quanto già ricordato per la fustaia (Piuksi 1997).

Il taglio a sterzo è una forma di trattamento in cui la presenza di polloni di diversa età sopra la ceppaia permette la disetaneità del bosco. In generale si stabilisce un periodo

dopo il quale dalla ceppaia si asportano solo i polloni più grandi e quelli di cattiva conformazione. In questo modo viene mantenuta sempre una certa copertura dell'area boschiva riducendo l'erosione e la perdita di elementi nutritivi.

Si ritiene che la gestione a ceduo abbia determinato o comunque favorito la degradazione di numerosi boschi italiani. Ciò è stato reso possibile soprattutto quando, accanto all'asportazione del soprassuolo, sia stata eseguita la raccolta sistematica della lettiera e del legno morto, e dove sia stato praticato pascolo (Piusi 1997).

Sulla base della superficie coperta il faggio è, insieme alla roverella, tra le specie prevalenti sul territorio italiano con 640.000 ettari (Bernetti 1995). Oltre all'estesa superficie coperta l'importanza dei boschi dominati dal faggio nella nostra penisola è legata a caratteristiche paesaggistiche e al suo impiego nell'industria del mobile. Attualmente le utilizzazioni del legname di faggio sono dovute in gran parte alle fustaie presenti nell'Italia meridionale (80% delle fustaie italiane), ma sono attualmente in corso in diverse regioni del nord conversioni di aree in passato gestite a ceduo (Veneto, Friuli Venezia Giulia, Emilia-Romagna).

Il faggio non è una specie particolarmente longeva con i suoi 200-250 anni di vita. Tale durata limitata è legata principalmente alla sensibilità all'attacco dei funghi (che penetrano generalmente dai rami danneggiati dal vento e dal ghiaccio) e dal ridursi con l'età delle capacità di recupero dopo annate sfavorevoli. Il ciclo vitale di un bosco di faggio può essere invece schematizzato nelle quattro fasi sotto riportate:

1. Fase ottimale. La fase giovanile in cui si sviluppa un popolamento denso e con gruppi di piante leggermente disetanei.
2. Fase terminale. Popolamento di piante grosse, struttura del bosco monoplana con aspetto a "cattedrale". È la fase più lunga nella vita della faggeta.
3. Fase di decadenza. Si assiste prima alla caduta di singole piante e all'inizio della rinnovazione, poi alla caduta contemporanea di più piante e alla formazione di aree con vegetazione erbacea nitrofila ed aree coperte da novellame di faggio.
4. Fase di rinnovazione. Si sovrappone temporalmente alla precedente e la progressiva crescita delle nuove piante di faggio determina la riduzione delle specie consociate sviluppatasi nella fase di decadenza. Si determina quindi una nuova fase ottimale.

Nei boschi di faggio governati a fustaia si impiega prevalentemente la gestione a tagli successivi, che porta allo sviluppo di popolamenti puri, coetanei e con rinnovazione concentrata in un lasso di tempo non lungo. Tale gestione è tipica delle aree destinate alla produzione razionale del legname. Il trattamento a taglio saltuario (o il taglio successivo per piccoli gruppi), che porta alla formazione di strutture disetanee, è invece impiegato in genere in aree con condizioni climatico-stazionali non ottimali o per il miglioramento di faggete di protezione (Bernetti 1995).

Le faggete dette di protezione, sono aree boschive escluse dalla produzione per la scarsa fertilità, per l'elevata acclività della stazione o per la loro prossimità ai crinali. Svolgono funzioni di protezione dalle valanghe o da situazioni di rischio idrogeologico. Tali boschi sono solitamente lasciati al loro naturale sviluppo, ma si registrano anche azioni su strutture troppo rade o monostratificate (Bernetti 1995).

Sebbene il governo a ceduo sia stato, ed è ancora, utilizzato nelle faggete (es. per la produzione di legna da ardere o carbone), tale pratica risulta inadatta all'ecologia e alla biologia della specie. La degradazione del popolamento e delle stazioni gestite a ceduo è da mettere in relazione alla scarsa quantità di humus generalmente presente nel suolo. Sulle strutture attuali gravano spesso anche i danni dovuti alla pratica di interporre pascolo o colture agrarie tra le ceppaie.

Come sopra ricordato in molte zone si sta assistendo alla progressiva conversione dei cedui in fustaie. Per il faggio tale conversione è semplificata dalla copertura che la specie esercita sul suolo e che impedisce la formazione di un livello arbustivo, agevolando la formazione della rinnovazione naturale con cui si conclude il processo di conversione. Un metodo molto impiegato per la conversione dei cedui consiste nel lasciare invecchiare i polloni e nel selezionarli mediante diradamenti fino ad ottenere un popolamento di aspetto simile alla fustaia. Tale modello è utilizzabile in cedui non degradati con sufficiente fertilità e densità delle ceppaie. In alternativa si può eseguire una conversione per semplice invecchiamento in cui non sono previsti tagli. In questo caso (attuato spesso per mancanza di mezzi atti alle operazioni di taglio) si rischia di ottenere un popolamento di piante policormiche che può rendere difficile il taglio di sementazione previsto dalla gestione a tagli successivi (Bernetti 1995).

## 2.4 La fauna edafica

La fauna del suolo è in molti casi considerata quasi come un'entità a se stante, invece essa è parte integrante dell'ecosistema in cui è inserita e che modifica agendo sul ciclo del detrito e sulla pedogenesi. Allo stesso modo le caratteristiche dell'ambiente subaereo (clima, vegetazione, attività antropiche) influiscono sulla composizione della comunità edafica modificando le proprietà del suolo e la disponibilità di risorse trofiche.

La pedofauna è definita come il complesso degli organismi animali che vivono nel suolo (*edaphon*). E' possibile ipotizzare una duplice origine dell'*edaphon* (Parisi, 1974), un primo contingente, detto *atmobios* (artropodi oligocheti e piccoli invertebrati), originatosi in ambiente epigeo e solo secondariamente adattato al suolo e, conseguentemente, legato all'atmosfera ipogea. Mentre il secondo contingente, *l'hydrobios* (nematodi, ciliati, rotiferi e tardigradi), originatosi nelle acque interstiziali, si sarebbe poi adattato a vivere nella sottile pellicola di soluzione acquosa che circonda le particelle di suolo e nell'acqua contenuta nei pori tra le stesse. Per alcuni gruppi, quali collemboli, proturi e dipluri, che non hanno rappresentanti né nell'ambiente epigeo (se non per alcune eccezioni nel caso dei collemboli) né nell'ambiente acquatico, l'origine potrebbe essere fatta risalire direttamente nel suolo (Parisi, 1974). Le interazioni della pedofauna con il suolo sono molto differenti in funzione delle abitudini di vita dei vari taxa e della porzione del loro ciclo vitale che essi compiono all'interno del suolo stesso. In particolare quest'ultimo parametro è in stretta correlazione con gli adattamenti morfologici e le funzioni ecologiche degli organismi, permettendoci di suddividere i gruppi edafici in quattro grandi categorie (prive di valore tassonomico): geofili inattivi temporanei, geofili attivi temporanei, geofili periodici e geobionti.

Geofili inattivi temporanei: sono organismi che abitano il suolo solo per alcuni periodi della loro vita, ad esempio per svernare o durante la metamorfosi, quando la stabilità climatica e la protezione fornita dall'ambiente ipogeo sono più necessari (Zanella *et al.* 2001). A causa della loro relativa inattività, gli appartenenti a questo gruppo hanno un impatto modesto sulle funzioni ecologiche dell'ambiente ipogeo, anche se possono rientrare nella rete trofica del suolo come prede.

Geofili attivi temporanei (o edafoxeni): abitano nel suolo in modo stabile per buona parte del loro ciclo vitale, attraversando uno o più stadi di sviluppo, ed emergendo in genere come adulto alato. Oltre alle cicale e ad alcune specie di neurotteri, gli insetti di

questo gruppo appartengono per la maggior parte a tre ordini: ditteri, coleotteri e lepidotteri. La relativa inattività della pupa rende, come nel caso dei geofili inattivi temporanei, il suo contributo alle funzioni del suolo molto basso, mentre le larve hanno una importanza considerevole sia come detritivori sia come predatori. Nella comunità del suolo le larve degli insetti occupano una posizione molto particolare, in quanto, se da un lato la forma del corpo, le modalità di locomozione, e l'attività trofica mostrano un elevato adattamento alla vita ipogea, dall'altro esse vivono nel suolo solo in modo transitorio ed emergono nella fase adulta con adattamenti di tipo estremamente differente (Wallwork 1970).

**Geofili periodici:** Conducono una fase del ciclo biologico nel suolo e, nel corso dell'intera vita, pur potendolo abbandonare, continuano a mantenere rapporti con l'ambiente ipogeo entrandovi periodicamente per cacciare, per deporre le uova, o per sfuggire a condizioni climatiche sfavorevoli. Molti coleotteri (carabidi, scarabeidi, cicindelidi), ad esempio, conducono lo stadio larvale nella lettiera o nei primi orizzonti del suolo mentre, nello stadio adulto utilizzano il suolo come fonte trofica, rifugio e altro.

**Geobionti (o edafobi):** sono organismi estremamente adattati alla vita nel suolo e non sono in grado di abbandonarlo nemmeno temporaneamente, in quanto le caratteristiche anatomiche, sia della fase giovanile sia di quella adulta, non consentono loro di sopravvivere negli ambienti epigei. A questo gruppo appartengono molte specie di miriapodi, isopodi, acari, e molluschi, oltre alla maggior parte dei collemboli, i dipluri, ed i proturi.

Pur avendo origini filogenetiche differenti, i taxa animali che vivono nel suolo mostrano caratteri morfologici comuni legati all'adattamento all'ambiente ipogeo. Alcuni di questi caratteri, quali: la riduzione delle dimensioni del corpo (miniaturizzazione), la riduzione della lunghezza delle appendici (zampe, antenne ecc.) e la perdita di funzionalità degli occhi, che in alcuni casi comporta la completa scomparsa degli stessi (anoftalmia); sono diretta conseguenza dei processi di riduzione di strutture che rivestono un'importanza determinante nell'ambiente epigeo ma che nel suolo perdono la loro funzione (falsi adattamenti). Accanto a questi caratteri, negli organismi edafobi è possibile individuarne altri che sono stati sviluppati per consentire la sopravvivenza all'interno dell'ambiente ipogeo (veri adattamenti), tra cui lo sviluppo

di idrorecettori e chemorecettori. Queste strutture, che sostituiscono gli occhi, in alcuni casi sono presenti non soltanto nella regione preorale e orale, ma anche su tutto il corpo, consentendo agli organismi edafici di muoversi agevolmente nel suolo e per cercare cibo e condizioni più adatte per la sopravvivenza.

Un altro metodo di classificazione molto utilizzato per distinguere le componenti della pedofauna si basa sulla lunghezza del corpo degli organismi e prevede quattro categorie dimensionali (Wallwork, 1970, Dindal 1990):

**Microfauna:** organismi la cui taglia del corpo è compresa tra 20  $\mu\text{m}$  e 200  $\mu\text{m}$ . Solo il gruppo dei protozoi, è compreso completamente all'interno di questa categoria. Si possono inoltre osservare piccoli acari, nematodi, rotiferi, tardigradi e crostacei copepodi.

**Mesofauna:** Organismi la cui taglia del corpo è compresa tra 200  $\mu\text{m}$  e 2 mm. I microartropodi, come acari e collemboli, sono i maggiori rappresentanti di questo gruppo, che include anche nematodi, rotiferi, tardigradi, piccoli araneidi, pseudoscorpioni, opilioni, enchitreidi, larve di insetto, piccoli isopodi e miriapodi.

**Macrofauna:** Organismi di dimensioni comprese tra 2 mm e 20 mm. In questa categoria vengono inclusi alcuni lombrichi, gasteropodi, isopodi, miriapodi, alcuni araneidi e la maggior parte degli insetti.

**Megafauna:** Organismi di dimensioni maggiori di 20 mm. A questa categoria appartengono gli invertebrati di dimensioni maggiori (lombrichi, gasteropodi, miriapodi) ed i vertebrati (insettivori, piccoli roditori, rettili e anfibi).

I limiti delle varie categorie sono definiti in modo arbitrario ed in letteratura vengono proposte altre classi dimensionali (Wallwork, 1970). Come esempi si possono riportare la classificazione anglosassone e quella francese. La prima divide la fauna ipogea in: microfauna (con lunghezza inferiore a 0,2 mm), mesofauna (tra 0,2 e 10 mm), macrofauna (maggiori di 10 mm). La classificazione francese, invece, prevede come limiti: microfauna (inferiore a 0,2 mm), mesofauna (tra 0,2 e 4 mm), macrofauna (tra 4 e 80 mm) e megafauna (maggiori di 80 mm). Altre differenze si possono riscontrare sul termine "mesofauna", a cui alcuni autori preferiscono "meiofauna".

In questo progetto di ricerca saranno analizzati artropodi edafici ascrivibili alle classi di meso e macrofauna; tali organismi sono generalmente identificati come microartropodi.

È possibile evidenziare anche una distribuzione verticale degli organismi edafici. Gli ecologi, infatti, riconoscono all'interno del suolo due insiemi di organismi: l'euedaphon, che comprende gli organismi che abitano la fascia del suolo minerale, e l'emièdaphon, nella fascia di suolo organico. A queste si aggiungono l'epièdaphon (o epigeon), costituito dagli organismi che vivono sulla superficie del suolo, e hiperèdaphon che si estende allo strato erbaceo. Il contenuto in umidità e il pH del suolo sono i maggiori responsabili della distribuzione della fauna emi- ed euedafica, anche se le caratteristiche della lettiera, la porosità del suolo, e numerosi altri fattori sono comunque importanti nel determinare la distribuzione verticale dell'edaphon. Questo tipo di classificazione "stratigrafica" è in realtà di difficile applicazione in quanto gli organismi del suolo compiono migrazioni verticali sia giornaliere, sia stagionali, infatti molte specie, come ad esempio gli acari, i collemboli, e gli isopodi, possono spostarsi verso la superficie per tratti compresi tra alcuni millimetri e qualche centimetro. Emblematico è il caso dei sinfili che possono spingersi a profondità di 40-50 cm.

#### 2.4.1 Ecologia e habitat

Come già ricordato nelle pagine precedenti una delle funzioni principali svolte dalla pedofauna è quella di chiudere il ciclo biogenetico di molti elementi rendendoli nuovamente disponibili per i produttori primari, tanto che alcuni autori definiscono la fauna edafica come un "super organismo" che agisce sui processi fisico-chimici che si svolgono nel suolo. I vari organismi non sono in grado, agendo singolarmente, di rendere nuovamente disponibili per le piante elementi come l'azoto, il fosforo e lo zolfo, però ogni taxa esercita un'azione meccanica e chimica chiave in una parte del ciclo biogenetico di questi elementi. Nel suolo i nutrienti spesso sono presenti in forme non direttamente utilizzabili dalle piante (es. l'azoto può essere assorbito solo come nitrati e sali d'ammonio) inoltre parte di queste sostanze viene asportata dall'acqua che percolando tende a depauperare il substrato. Se tali perdite non fossero compensate da un continuo rinnovamento di nutrienti si osserverebbe una rapida riduzione della fertilità del terreno. Detritivori e decompositori agendo sui resti organici (foglie e rami caduti, residui animali), oltre ad ottenere nutrimento per sé, mantengono il suolo fertile e ricco di nutrienti. Il detrito organico quindi non è solo una riserva di nutrienti per le piante, ma la base di una rete trofica composta da organismi che agiscono sulle

caratteristiche fisico-chimiche del suolo e sulla sua fertilità, quindi sullo sviluppo della componente vegetale. L'azione della fauna edafica nella catena del detrito permette la formazione dell'humus, la cui importanza è già stata ricordata in relazione alla capacità tampone delle variazioni del pH e per la positiva influenza sugli aggregati del suolo (composti umo-argillosi). L'humus svolge inoltre un ruolo fondamentale nello sviluppo della comunità vegetale.

Gli organismi della meso- e macrofauna svolgono nel ciclo del detrito un'azione principalmente meccanica (frammentazione), mentre l'attività di tipo biochimico è meno evidente perché in gran parte dovuta ai batteri simbiotici presenti nel loro intestino. Ciò nonostante la frammentazione dei detriti organici aumenta il rapporto superficie/volume delle particelle, facilitando l'aggressione di queste da parte di batteri e funghi, ed accelerando di conseguenza la decomposizione e il ricircolo dei nutrienti. L'azione della pedofauna sul detrito vegetale può essere così schematizzato:

- La macrofauna, composta da diplopodi, isopodi, molluschi, lombrichi e larve di dittero, agisce negli orizzonti organici superficiali trasformando i frammenti in residui di dimensioni minori.
- La mesofauna, formata da acari, collemboli e nematodi, agisce sia sui residui d'altri organismi sia direttamente su materiali di maggiori dimensioni, ad esempio perforando le foglie.
- La microfauna, costituita di acari e protozoi, svolge un'azione disagregatrice di minore entità rispetto ai gruppi precedenti, ma agisce in modo indiretto sulla decomposizione incidendo con la predazione sulle popolazioni di batteri e funghi (Zanella *et al.* 2001).

Oltre alla frammentazione, un'altra funzione di primaria importanza della pedofauna è la regolazione delle popolazioni microbiche e fungine. Infatti, gli organismi della macro e mesofauna nutrendosi ingeriscono anche una grande quantità di funghi, batteri e spore, che in parte è distrutta dagli enzimi digestivi, ma una consistente frazione riesce ad essere espulsa con le feci ancora vitale. In tal modo molti rappresentanti della macro e mesofauna, attraverso la predazione e l'ingestione, controllano la densità e l'attività della microflora, ma contemporaneamente ne favoriscono la dispersione nell'ambiente.

L'azione di scavo (bioturbazione) che alcuni taxa edafici compiono per spostarsi nel substrato favorisce la creazione di spazi all'interno del suolo incrementando la porosità dello stesso. L'aumento dei pori tra le particelle a sua volta favorisce l'attività batterica aerobia e di conseguenza la velocità di degradazione della sostanza organica. La bioturbazione ha anche effetti positivi sulla ritenzione idrica, i processi di percolazione e lo sviluppo della rizosfera. L'azione di scavo permette inoltre il rimescolamento del suolo e l'incorporazione della sostanza organica degli strati più superficiali in quelli più profondi, mentre la sostanza minerale viene portata in superficie. Questo processo è particolarmente evidente per i lombrichi anecici, che si spostano in senso verticale nel suolo raggiungendo profondità anche di alcuni metri.

Le secrezioni mucose, le feci (in particolare quelle dei lombrichi) e il corpo stesso dell'animale (al momento della morte) influenzano la concentrazione di gran parte dei nutrienti presenti nel suolo e soprattutto quelle di potassio, fosforo e azoto, riducendo il rapporto C/N della lettiera e facilitandone la decomposizione.

#### 2.4.2 Microartropodi edafici

I microartropodi edafici, gruppo analizzato in questa tesi, includono gli artropodi che appartengono alla classe dimensionale della mesofauna. Si tratta di un insieme molto diversificato, sia ecologicamente sia morfologicamente, che non presenta alcun valore filogenetico.

Tracciare le caratteristiche generali delle comunità di microartropodi edafici risulta particolarmente complesso sia per le differenze che possono osservarsi tra le specie di uno stesso gruppo sia per le conoscenze ridotte sulla ecologia di diversi taxa, quali: pauropodi e palpigradi. Di seguito sono stati citati solo alcuni gruppi noti per la loro particolare importanza nel suolo.

Come ricordato in precedenza, gli adattamenti alla vita ipogea osservabili in questi organismi (anoftalmia, tegumenti sottili, depigmentazione) li rendono particolarmente sensibili alle variazioni dei parametri ambientali, per tale motivo alcuni gruppi sono generalmente correlati a suoli stabili e protetti dagli *stress* ambientali. Tra questi taxa si devono ricordare sinfili, pauropodi e proturi, in cui tutte le specie mostrano un elevato adattamento alla vita edafica, permettendo un loro impiego come indicatori della

stabilità e della qualità del suolo (Bedano *et al.* 2006, Wallwork 1970) senza la necessità di approfondire il dettaglio tassonomico.

Sebbene in alcuni casi siano state osservate elevate densità dei tre taxa sopracitati, i microartropodi numericamente dominanti nel suolo sono acari e collemboli. Gli acari costituiscono un ordine, probabilmente polifiletico, che attualmente comprende più di 20000 specie, le quali si ipotizza rappresentino solo una parte estremamente esigua del numero reale (Dindal 1990). Gli acari utilizzano una elevata varietà di risorse trofiche e nel suolo sono importanti sia come predatori (es. Gamasidi) sia come detritivori (es. Oribatei). Gli acari Oribatei sono tra i gruppi dominanti negli orizzonti organici del suolo dove svolgono una azione determinante nel ciclo del detrito, arrivando in alcuni casi a ingerire anche il 50% dei prodotti di caduta delle piante (Wallwork 1970, Dindal 1990). Tali acari sono più numerosi in suoli stabili come quelli forestali, mentre sono relativamente più rari nelle aree intensamente coltivate. La loro abbondanza è tendenzialmente correlata a quella dei collemboli, sebbene gli Oribatei siano generalmente favoriti dalle condizioni presenti nelle foreste di conifere, mentre i collemboli prediligono foreste di latifoglie decidue e praterie (Wallwork 1970).

I collemboli sono insetti apterigoti di piccole dimensioni 0,5 – 5 mm, la cui densità nel suolo può raggiungere in condizioni favorevoli, come nei suoli forestali, anche valori di 50000 individui/m<sup>2</sup>. Sono principalmente fungivori o detritivori (ma sono note anche specie batteriofaghe e predatrici) e presentano una notevole adattabilità alle diverse risorse alimentari sia come gruppo sia a livello di singole specie. La sensibilità dei collemboli ai parametri ambientali (pH, temperatura e umidità) è molto variabile a seconda delle diverse specie, sebbene sia stata evidenziata una separazione tra specie acidofile (es. *Willemia anophtalma*) e acidotolleranti (*Folsomides parvulus*) ponendo come soglia il valore di pH 5 (Ponge 1993). Anche all'interno dei collemboli è possibile evidenziare alcuni gruppi particolarmente sensibili agli *stress* ambientali (disseccamento, compattazione del suolo, ridotta disponibilità di nutrienti), tra cui le specie appartenenti alle famiglie Onychiuridae (*Onychiurus*, *Protaphorura*) e Tullbergiidae (*Mesaphorura*, *Paratullbergia*) (Parisi 2001). Queste mostrano evidenti adattamenti morfologici alla vita edafica (cuticola sottile, depigmentazione, anoftalmia, riduzione delle appendici) che li rendono facilmente identificabili a livello di famiglie.

La presenza di tali specie indica suoli stabili e tendenzialmente con buona disponibilità di nutrienti.

La fauna del suolo è estremamente diversificata e le specie, anche all'interno di uno stesso taxon, mostrano diverse risposte alle condizioni ambientali e alla disponibilità di nutrienti (come nel caso dei coleotteri); si preferisce quindi rinviare a testi specifici per una dettagliata analisi di tali caratteristiche in relazione alla specie o al taxa osservato.

## Capitolo 3. L'area di studio

L'area individuata per la ricerca è la Riserva Naturale Biogenetica "Guadine Pradaccio" (43° 23' N, 10° 01' E), gestita dal Corpo Forestale dello Stato ed istituita nel 1971 (D.M. del 26 luglio 1971-G.U. n. 258 del 13 ottobre 1971). Attualmente la riserva è parte integrante del Parco Nazionale dell'Appennino tosco-emiliano. Più precisamente la riserva naturale Guadine Pradaccio è situata nella parte superiore del bacino idrografico del Torrente Parma e comprende la parte più elevata del bacino d'impluvio del Torrente Guadine o Parma di Francia. L'area, della superficie di 289 ha, si sviluppa dalla quota di 1195 m su un circo glaciale delimitato dai seguenti rilievi: Sterpara (1610 m), Aquila (1780 m), Brusà (1796 m) e Roccabiasca (1727 m). Nella parte centrale della riserva si trova il Lago Pradaccio (1363 m), un invaso di origine semiartificiale, dell'estensione di 3 ha, che raccoglie la quasi totalità delle acque del bacino del torrente Guadine. Il lago è stato realizzato per la pesca sportiva nel 1959, mediante lo sbarramento di una zona umida percorsa da un rio e punteggiata da numerose pozze. Un secondo invaso, di pochi m<sup>2</sup> di superficie, denominato Lago delle Guadine si trova alla quota di 1635 m. Tale lago nel periodo estivo è quasi completamente prosciugato essendo alimentato esclusivamente per via meteorica.

La geologia dell'area è caratterizzata da rocce arenacee appartenenti la formazione del Macigno che affiora sul crinale appenninico con un'anticlinale coricata a nord-est e asse orientato lungo la linea nord-ovest e sud-est. Tale formazione è costituita da strati di spessore variabile di sequenze torbiditiche arenaceo-pelitiche.

### 3.1 Clima

La temperatura media annua dell'area della riserva è stata stimata in 6 ° C, la media del mese più freddo è di - 3 ° C e quella del mese più caldo di 16,5 ° C. Le precipitazioni annue raggiungono in media i 2600 mm distribuiti come segue: 610 mm in primavera, 340 mm in estate, 870 mm in autunno, 780 mm in inverno (Pluviometro di Lagdei periodo 1950-1969). Tali caratteristiche climatiche rientrano in quelle che la classificazione del Koppen definisce climi temperato freddi. Le precipitazioni evidenziano un regime "sublitoraneo-appenninico" caratterizzato da un minimo estivo e due massimi in primavera ed autunno, di cui l'ultimo più accentuato. Le precipitazioni

possono avere carattere anche molto intenso, con punte registrate di 380 mm di pioggia caduti in 24 ore. Tale abbondanza e violenza nelle piogge è facilmente comprensibile considerando la vicinanza del Mar Ligure e le caratteristiche orografiche dei versanti. Nell'area si registrano circa 120-125 giorni piovosi all'anno. Le precipitazioni nevose rilevate dal Corpo Forestale dello Stato nel 1981-1991 mostrano una media stagionale di 226 cm distribuiti in 27 giorni nevosi. Nel periodo 1992-2001 tale media risulta di 161 cm. Nell'area la copertura del manto nevoso permane da novembre a maggio alle quote superiori a 1550-1600 metri e da dicembre ad aprile alle quote inferiori (Bonani *et al.* 2002).

### **3.2 Storia e gestione forestale**

Le prime notizie storiche documentate riguardanti le zone circostanti l'area di studio risalgono circa al 1200 d.C. e trattano del paese di Bosco di Corniglio, l'ultimo della val Parma. Nel periodo antecedente tale data nell'area erano presenti solo pochi abitanti distribuiti in agglomerati rurali sparsi, a causa delle scarse risorse agricole del territorio, sebbene il passo delle Guadine (da cui trae il nome la riserva e posto tra il monte Aquila ed il monte Brusà) fosse già utilizzato come via di comunicazione con i territori della Lunigiana. Dopo il 1400 dagli appunti di diversi viaggiatori, tra cui la duchessa Maria Luigia, si deduce la presenza nell'area di una fitta fustaia di faggi con la presenza più sporadica di nuclei di abete bianco. Tale situazione si è mantenuta fino alla fine del '800 quando imprese, spesso straniere, apportarono pesanti distruzioni al patrimonio forestale della val Parma, soprattutto negli anni compresi tra il 1895 e il 1903 (fig. 3.1). Alla fine di questo periodo l'ambiente era in condizioni di forte degrado legato sia al ridotto numero (30 per ettaro) ed alla scarsa qualità delle matricine lasciate sia alla intensa attività di pastorizia. Le fotografie che ritraggono l'area in quegli anni mostrano un paesaggio estremamente diverso dall'attuale con montagne rocciose quasi totalmente prive di vegetazione, costituita da pochi alberi e pascoli. Inoltre, fino a dopo la seconda guerra mondiale i cedui presenti furono intensamente utilizzati per la produzione di legna da ardere e carbone, come testimoniano le oltre 200 aie carbonili censite nell'area della riserva. Tale degrado provocò gravi dissesti idrogeologici che spinsero l'Azienda del Demanio Forestale dello Stato all'acquisto di terreni in cui iniziare l'opera di sistemazione. Già nel 1914 l'azienda sopraccitata iniziò un massiccio programma di

opere e interventi per la sistemazione idrogeologica ed il ripristino del patrimonio boschivo durato circa 60 anni. Tra il 1960 e il 1970 il bosco ottenuto da tali attività si presentava maturo e pronto all'utilizzo, anche se la ridotta richiesta di legna da ardere ha orientato l'Amministrazione Forestale verso nuovi indirizzi tecnico-economici. Con l'istituzione della riserva nel 1971 nell'area del territorio delle Guadine Pradaccio viene intrapreso un percorso di gestione separato dall'area circostante. Con il Piano di Assestamento redatto da Cristofolini (1970 in Bonani *et al.* 2002) per il periodo 1971-1980, nella val Parma si impostò l'assestamento di una sola classe di governo, l'alto fusto, e furono previsti quattro tipi di trattamento per le diverse tipologie silvicolture presenti. Nel territorio della riserva tale piano prevedeva le classi B (bosco misto di produzione) e C (bosco di protezione e particelle destinate al pascolo). La zona a bosco misto di produzione copriva prevalentemente l'area alle quote più basse (inferiori a 1400 m) poste nella sinistra idrografica del torrente Parma di Francia fino al lago Pradaccio, mentre quella a bosco di protezione comprendeva le aree più elevate (quote maggiori di 1400 m) o con suoli superficiali o acclivi e petrosi. La struttura delle particelle era molto eterogenea in relazione al variare della proporzione tra faggio e conifere. Le faggete con solo una piccola percentuale di abeti avevano una fisionomia irregolare, i boschi di conifere erano paracoetanei, mentre i boschi misti con faggio e abeti in eguali proporzione avevano una struttura di tipo più disetaneo. In ogni caso gli alberi di diametro medio e grosso erano generalmente rari. Già prima della costituzione ufficiale della riserva le indicazioni date per queste zone prevedevano di non "toccare" gli alberi di diametro maggiore e di favorire, anche nelle fustaie quasi pure di conifere, le latifoglie in modo da consentire lo sviluppo della formazione mista di maggiore valore naturalistico (Bonani *et al.* 2002). Gli interventi consentiti dal piano prevedevano il diradamento delle conifere prelevando fino ad un massimo dell'8% del materiale rispettando il faggio, l'abete bianco e le specie secondarie nelle aree più rade. Per le zone della classe C, data la presenza di popolamenti poveri con ampi spazi improduttivi, venne decisa la loro non utilizzazione per il decennio 1970-80. Per il decennio 1983-1992 fu redatto da Minerbi (1982 in Bonani *et al.* 2002) un piano di gestione naturalistica incentrato sul rimodellamento della struttura boschiva ad alto fusto volto ad agevolarne la naturale conservazione. Le condizioni del soprassuolo imposero cinque modelli di trattamento e le prescrizioni del piano vennero volte alla massima cautela e

prudenza. Nella fascia denominata “di protezione” costituita da versanti ad elevata pendenza con cedui di faggio quasi al limite della vegetazione, piccoli gruppi artificiali di abete bianco, vecchie matricine di faggio e zone a prato, non fu previsto alcun tipo di intervento. Per tale motivo gli interventi silvicolture furono limitati a soli 60 ha dove le condizioni stazionali permettevano un’efficace ripresa del bosco. Nel 1984-1986 sono stati sottoposti a prove di conversione con diverse metodologie 11 ha di faggete, nelle località “Acquatorta” e “Capanne Vecchie”. Tali conversioni hanno portato alla riduzione numerica di circa l’80%, dei polloni pari a circa il 50% del volume. Grazie anche ad un precedente intervento di conversione ad alto fusto i polloni mostravano buone caratteristiche di forma, sebbene altezza e diametro fossero piuttosto ridotti in rapporto all’età: il clima piuttosto rigido permette infatti un limitato periodo vegetativo. La gestione di tipo naturalistico ha avuto il pregio di sottolineare il ruolo didattico e scientifico della riserva negli anni ’80 (Bonani *et. al* 2002).

Negli ultimi tre decenni la gestione della riserva è stata volta verso la naturalità limitando gli interventi correttivi. Come risultato si osservano diverse tipologie silvicolture conseguenza del naturale sviluppo arboreo seguito alla passata attività gestionale. Il popolamento arboreo può essere riunito in tre macrocategorie: popolamenti a conifere, cedui di faggio e fustaie di faggio.

I popolamenti a conifere coprono la parte inferiore della riserva (28 ha) con abete rosso (*Picea excelsa*), abete bianco (*Abies alba*) e alcuni esemplari di douglasia (*Pseudotsuga menziesii*). Si tratta principalmente di rimboschimenti eseguiti alla fine della prima guerra mondiale mirati ad un rapido recupero ambientale dell’area, sottoposta negli anni precedenti ad intensi disboscamenti. Mentre si segnala la presenza sulle pendici del Monte Roccabiasca di un nucleo di abete bianco di sicura origine autoctona.

Il ceduo di faggio occupa circa 127 ha della riserva con stazioni ubicate tra 1400 m ed il limite del bosco. La densità delle ceppaie varia nei diversi siti, ma su una stessa ceppa sono generalmente presenti molti polloni (anche 20). Sopra i 1500 m di quota i faggi presentano spesso portamento arbustivo a causa delle difficili condizioni climatiche e del forte vento.

Le fustaie di faggio sono concentrate nell’area circostante il Lago Pradaccio e nella zona ad ovest del torrente Parma delle Guadine, per una copertura totale di circa 40

ettari. L'età media dei popolamenti è di circa 70 anni; essi presentano struttura monoplana e sono generalmente assenti diametri maggiori di 40 cm. La copertura è elevata ma non colma, anche a causa delle numerose aie carbonili (Bonani *et al.* 2002).

Nella fascia sopra silvatica l'area della riserva è stata sottoposta ad intense attività di pascolo sino al recente dopoguerra. Tali attività hanno lasciato tracce rilevabili come vegetazioni prative secondarie quali nardeti e brachipodieti, derivati dalla distruzione delle brughiere a mirtilli. La riduzione, fino alla sua totale scomparsa, della pastorizia nell'area ha permesso la ricostituzione negli ultimi decenni degli arbusteti a mirtilli; tipica formazione *climax* per questa fascia altitudinale dell'Appennino tosco-emiliano. All'interno dell'area della riserva sono inoltre presenti pietraie, zone umide di piccole dimensioni e aree con vegetazione nitrofila (Pignatti 1984).

### **3.3 Siti esaminati**

Durante questa ricerca sono stati studiati siti di faggeta, di prateria e di arbusteto a mirtillo, tipologie fisionomiche particolarmente diffuse nell'Appennino tosco-emiliano. I popolamenti a conifere non sono stati analizzati in quanto in gran parte non autoctoni.

Nella riserva sono state eseguite tre campagne di studio in anni successivi, dedicando il 2005 esclusivamente alle faggete, mentre nel 2006 e 2007 è stata censita la fascia soprasilvatica. Ogni campionamento è stato codificato con una lettera che identifica il tipo di vegetazione (B = brachipodieto, D = deschampsieto, F = faggeta, N = nardeto, R = romiceto e V = vaccinieto) e dal numero progressivo del rilievo fitosociologico (vedi capitolo 5).

Il numero di popolamenti elementari esaminati per ogni tipologia vegetale varia in base all'estensione e all'eterogeneità con cui tale vegetazione si presenta nella riserva. Infatti, le faggete che coprono un'ampia area e si differenziano anche per il tipo di gestione sono state analizzate in 16 popolamenti elementari, mentre il nardeto, presente in un solo sito, è stato campionato solo una volta.

Come già ricordato, durante il primo anno di campionamenti sono stati esaminati esclusivamente popolamenti elementari di faggeta. Le aree scelte differiscono sia per i parametri stazionali (tabella 3.1) sia per il tipo di gestione forestale. Di seguito è riportato dei rilievi di faggeta con l'indicazione del tipo di gestione forestale.

- F1: Alto fusto, conversione effettuata da circa 50 anni.

- F2: Alto fusto, conversione effettuata da circa 50 anni.
- F3: Alto fusto, conversione effettuata da circa 30 anni.
- F4: Ceduo.
- F5: Alto fusto, conversione effettuata da circa 30 anni.
- F6: Alto fusto, derivato da ceduo invecchiato.
- F7: Alto fusto, derivato da ceduo invecchiato.
- F8: Alto fusto, conversione effettuata da circa 80 anni.
- F9: Alto fusto, conversione effettuata da circa 50 anni.
- F10: Ceduo.
- F11: Alto fusto.
- F12: Faggeta irregolare posta sulla riva del torrente.
- F13: Ceduo.
- F14: Ceduo con funzione di protezione.
- F15: Ceduo con funzione di protezione.
- F16: Ceduo.

Per le tipologie gestite a ceduo si deve sottolineare come non siano state sottoposte a taglio da almeno trent'anni

Nella fascia soprasilvatica sono stati analizzati 7 popolamenti elementari di arbusteto a mirtilli (tabella 3.1), distribuiti da una quota di 1575 m (V2) sino a 1765 m (V7). Durante la campagna 2006, che ha visto come principale obiettivo i vaccinieti, sono stati campionate anche alcune praterie secondarie (2 deschampsieti, 1 nardeto e 1 romiceto). Il primo deschampsieto (D1) è situato in una stazione pianeggiante a ridosso del limite della faggeta, mentre il secondo (D3) è in leggera pendenza ed inserito in un impluvio posto nella zona dominata dai vaccinieti. Il nardeto (N8) è posto in una piccola depressione nelle vicinanze del crinale, mentre il romiceto è posto in prossimità dei ruderi delle capanne usate in passato dai pastori. Anche nel caso del romiceto la morfologia del sito suggerisce una buona disponibilità di acqua.

Durante il 2007 sono state infine rilevate solo 4 praterie a brachipodio (tabella 3.1), data la presenza non particolarmente estesa di tale tipologia vegetale nella riserva. Tre dei siti esaminati sono situati sulle pendici della catena del Roccabiasca, mentre la quarta stazione è situata sotto il monte Aquila in una zona più prossima ai vaccinieti. In

entrambi i casi le stazioni presentavano inclinazioni piuttosto elevate, come atteso per questo tipo di vegetazione.

**Tabella 3.1: Dati stazionali dei popolamenti elementari campionati. Codice identificativo (Cod), altitudine (Alt.), esposizione (Esp.) ed inclinazione (Inc.). B = brachipodieta, D = deschampsieto, F = faggeta, N = nardeto, R = romiceto e V = vaccinieta**

Cod	Coordinate	Alt. (m s.l.m.)	Esp.	Inc. (°)
F1	32T5809884917051	1400	NE	23
F2	32T5809664917001	1425	NE	38
F3	32T5810514916394	1500	NNE	18
F4	32T5811104916355	1500	NNE	40
F5	32T581144 4916353	1500	NNE	35
F6	32T5811714916640	1400	SSE	13
F7	32T5811654916714	1450	SE	40
F8	32T5811784916899	1385	ESE	33
F9	32T5811944917113	1365	SE	3
F10	32T5812164917172	1355	NE	33
F11	32T5812804917279	1330	E	2
F12	32T5814194917468	1300	ENE	38
F13	32T581406 4916545	1430	NO	5
F14	32T5809174916222	1540	ONO	28
F15	32T5810394915931	1590	NE	30
F16	32T5806444916273	1500	E	30
B1	32T5815794916274	1510	OSO	40
B2	32T5816484916202	1540	O	45
B3	32T5816264916018	1600	ONO	45
B4	32T5807254915904	1675	SE	35
V2	32T581094 4915803	1575	E	35
V5	32T5812074915539	1640	N	30
V7	32T5812494915465	1735	N	25
V9	32T5807364915740	1720	NNE	30
V10	32T5808444915826	1660	OSO	20
V4	32T5812784915684	1615	NE	20
V6	32T5813384915368	1765	NE	35
D1	32T5809874916033	1550	-	-
D3	32T5812074915697	1600	NNO	10
N8	32T5807674915681	1710	-	-
R11	32T5810114915955	1560	-	-

## Capitolo 4: Materiali e metodi

### 4.1 Descrizione dei suoli

Le analisi volte a caratterizzare i suoli delle aree oggetto di studio sono state eseguite in collaborazione con il Dipartimento di Scienze Ambientali di questa stessa Università.

In ogni area si è proceduto a rilevare il profilo del suolo (Giordano, 1999) e da ogni orizzonte sono stati prelevati campioni di terreno per la determinazione del pH (in H<sub>2</sub>O e KCl), del contenuto in sostanza organica ed azoto totale. Quest'ultimo parametro è stato determinato solo nello strato A1, in quanto tale strato è quello interessato dalle analisi sulla fauna edafica. Prima delle analisi ogni campione è stato lasciato essiccare a temperatura ambiente, tritato mediante mortaio e setacciato a 2 mm. Nelle aree di faggeta si è inoltre misurata la massa di lettiera per m<sup>2</sup>. Dalle analisi chimiche e dal profilo si è classificato il tipo di suolo presente nel sito, sia secondo la *Soil taxonomy* (Soil Survey Staff 1996) sia il *World Reference Base for Soil Resources* (FAO-ISRIC-ISSS 1998), e le forme di humus, classificate secondo l'approccio francese (AFES-INRA 1998). Per confermare le osservazioni fatte durante la descrizione del profilo su alcuni campioni si è eseguita l'analisi della tessitura. Al momento dei campionamenti è stata misurata la temperatura del terreno a 5 cm di profondità e preso un campione per la determinazione dell'umidità.

#### 4.1.1 Determinazione del pH

I valori di pH in acqua ed in KCl sono stati determinati per via potenziometrica usando una sonda con elettrodo a vetro combinato con un elettrodo al calomelano mediante ponte salino, utilizzando un pH-metro WTW modello InLAB 720. Prima delle misurazioni lo strumento è stato tarato usando le apposite soluzioni tampone a pH 4 e 7.

Per il pH in acqua il campione, costituito da 10 g di suolo setacciato a 2 mm, è stato miscelato con 25 g di acqua deionizzata (soluzione 1:2.5 in peso) ed agitato manualmente per 60 minuti mediante bacchetta di vetro. Dopo aver lasciato riposare la soluzione per 30 minuti è stato misurato il pH immergendo l'elettrodo nel liquido limpido. Per suoli molto ricchi di sostanza organica può essere necessaria una diluizione maggiore, condizione che deve essere specificata nei risultati dell'analisi (S.I.S.S., 1985).

Per il pH in KCl il campione, costituito da 10 g di suolo setacciato a 2 mm , è stato miscelato con 25 g di soluzione 1N di KCl. Il tempo di miscelazione e di riposo sono i medesimi riportati per il procedimento in H<sub>2</sub>O (S.I.S.S., 1985).

#### 4.1.2 Contenuto in azoto

La determinazione del contenuto in azoto è stata effettuata dai laboratori di analisi di ENIA spa mediante metodologia Kjeldahl, di cui è qui riportata la descrizione.

La mineralizzazione del campione è effettuata aggiungendo H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> nella proporzione di 10 mg/l e il catalizzatore (100 parti di K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 10 parti di CuSO<sub>4</sub> e 5 parti di SeO<sub>2</sub>) nella proporzione di 0.2 g/ml di acido solforico impiegato. Il campione e le sostanze per la mineralizzazione sono quindi poste nel pallone Kjeldahl e portate ad ebollizione. Dopo aver ottenuto un campione limpido la mineralizzazione è lasciata proseguire ancora per 1 ora. Si procede alla distillazione in corrente di vapore del digerito, preventivamente diluito 1:1 e alcalinizzato con NaOH al 40%. Si fa distillare per 5 minuti raccogliendo il distillato su 10 ml di H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (in soluzione al 1%) contenenti 2 gocce di indicatore (100 ml di alcool 96%, 0,1 g di rosso di metile e 0,2 g di verde di bromocresolo). La soluzione è titolata con acido solforico a N/28.

Il contenuto in azoto è stato valutato mediante la formula.

$$N \text{ tot } \% = \frac{0,5 * A * 100}{P}$$

Dove A= ml di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> N/28 consumati nella titolazione. P= Peso del suolo esaminato (S.I.S.S., 1985).

#### 4.1.3 Contenuto in sostanza organica

Il campione, costituito da 5 g di suolo setacciato a 2 mm, è stato posto in un crogiolo di materiale ceramico di tara noto (T) ed essiccato in stufa per 2 ore ad una temperatura di 105°C. Dopo essere stato pesato (P105), in modo da conoscere il peso secco, il campione è stato posto in muffola per 3 ore ad una temperatura di 360°C. Il campione è stato quindi nuovamente pesato (P360) e la quantità di sostanza organica valutata mediante la differenza di peso.

$$S.O. = \frac{(P105 - T) - (P360 - T)}{(P105 - T)} * 100$$

#### 4.1.4 Rapporto carbonio/azoto

Il calcolo del rapporto carbonio/azoto è stato fatto utilizzando il contenuto in carbonio, dedotto dal contenuto in sostanza organica diviso per il coefficiente 1,72, ed il contenuto in azoto ottenuto con metodologia Kjeldahl (S.I.S.S., 1985).

#### 4.1.5 Massa della lettiera

Nelle aree di faggeta si è valutata la quantità di lettiera presente sul terreno. Da tre punti scelti in modo casuale in ogni sito si è proceduto all'asportazione di tutto il detrito vegetale riconoscibile, con l'ausilio di sagome di forma quadrata di 20 cm di lato. Il materiale è stato essiccato in stufa a 105°C per 24 ore e pesato. Il peso ottenuto è stato riportato sull'area di 1 m<sup>2</sup>.

## 4.2 Metodo fitosociologico

La caratterizzazione della vegetazione nelle aree oggetto di studio è stata compiuta mediante il metodo fitosociologico di Braun-Blanquet. Secondo tale metodo la caratteristica più informativa per individuare senza ambiguità un preciso tipo di vegetazione è la composizione floristica della fitocenosi (Ubaldi 2003). Su tale base è stato elaborato un sistema di classificazione delle fitocenosi (detto classificazione sintassonomica) che prevede raggruppamenti sempre più specifici (detti syntaxa) nella sequenza gerarchico-inclusiva: classe, ordine, alleanza, associazione. I syntaxa sono definiti dalla presenza di gruppi di specie particolari, dette diagnostiche. Le specie diagnostiche esclusive o presenti preferenzialmente in un dato syntaxon sono dette caratteristiche, mentre quando la validità delle specie diagnostiche è limitata a un contesto comparativo si parla di specie differenziali. La nomenclatura dei syntaxa deriva dal nome botanico di una o due specie che li costituiscono più un suffisso specifico del livello gerarchico: classe (*-etea*), sottoclasse (*-enea*), ordine (*-etalia*), subordinate (*-enalia*), alleanza (*-ion*), suballeanza (*-enion*), associazione (*-etum*). Sono presenti anche varianti e *facies* che sottolineano piccole differenze nelle fitocenosi che compongono l'associazione. Queste differenze sono di tipo floristico nelle varianti e fisionomico nelle *facies*. La classificazione sintassonomica ha un significato ecologico, infatti, le fitocenosi che fanno parte di una medesima associazione sono floristicamente, quindi anche ecologicamente, affini ed identificano un preciso tipo di ambiente (Ubaldi 2003). L'affinità ecologica tra le fitocenosi decresce salendo nella scala gerarchica.

L'associazione è rappresentata mediante una tabella (tabella 5.1) che riporta a sinistra l'elenco delle specie e a destra una serie di colonne con i valori di copertura-abbondanza per ciascun rilievo fitosociologico (tabella 4.1). All'estrema destra figura la colonna delle classi di presenza (tabella 4.2), che rappresentano il valore percentuale della frequenza con cui la specie è stata rinvenuta nei rilievi effettuati; in alcuni casi viene riportato il reale valore percentuale al posto della classe.

Il rilievo fitosociologico deve essere effettuato su aree omogenee su base fisionomica, floristica ed ambientale. Tale omogeneità deve comprendere anche caratteristiche stazionali quali: esposizione, pendenza, geomorfologia, tipo di suolo e petrosità superficiale. I tratti che presentano le caratteristiche di uniformità adatte per il rilievo fitosociologico sono detti popolamenti elementari.

**Tabella 4.1: Indici di copertura-abbondanza. Scala proposta da Pignatti e Mengarda 1962.**

Percentuale di copertura	Indice di copertura-abbondanza	Valore modificato per elaborazione elettronica
Dall'80 al 100%	5	9
Dal 60 all'80%	4	8
Dal 40 al 60%	3	7
Dal 20 al 40%	2	5
Dall'1 al 20%	1	3
Trascurabile	+	2
Specie rara con pochissimi individui	r	1

Il rilievo fitosociologico costituisce la descrizione del popolamento elementare individuato. Ogni rilievo fitosociologico deve essere corredato da un'intestazione riportante la data del rilievo e la località, oltre ad una descrizione dei dati stazionali. Nel popolamento elementare in esame si identificano gli strati di vegetazione presenti (arboreo, arbustivo, erbaceo) e, per ognuno di essi, si stende l'elenco floristico assegnando ad ogni specie il relativo indice di copertura abbondanza. Per descrivere in modo adeguato la vegetazione di un'area sono necessari vari rilievi, utili a verificare la ripetitività di determinati aspetti della vegetazione e poterla classificare nell'associazione adeguata.

**Tabella 4.2: Valori delle classi di presenza.**

Frequenza della specie	Classe
Dall'1 al 20%	I
Dal 21 al 40%	II
Dal 41 al 60%	III
Dal 61 all'80%	IV
Dall'81 al 100%	V

L'analisi dei dati ottenuti con i rilievi avviene mediante la compilazione di una tabella "grezza" sulle cui righe sono riportate le specie rilevate e sulle colonne gli indici ad esse assegnati nei vari rilievi. Tali dati sono vagliati con appositi software (vedi paragrafo 4.6) per la cluster analysis in modo da ottenere un dendrogramma che evidenzia le affinità tra i rilievi. Si realizza quindi una tabella detta "strutturata" in cui i

rilievi sono posti secondo la sequenza stabilita dal dendrogramma. In tale tabella si evidenzia inoltre il valore fitosociologico delle specie osservate e la loro frequenza. I dati ottenuti dalla tabella strutturata sono infine confrontati con la letteratura per stabilire l'associazione vegetale a cui attribuire i rilievi.

### 4.3 Determinazione del volume di legname

Il volume del legname è stato stimato con la collaborazione del Corpo Forestale dello Stato e di Pamela Dallatana, laureanda di questa stessa Università impegnata nella riserva per la tesi di laurea in Scienze Naturali.

Nei siti esaminati è stata valutata l'altezza ed il diametro "a petto d'uomo" (ad 1,3 metri di altezza), di ogni pianta contenuta nell'area del rilievo fitosociologico (fig.4.1). Tramite tali dati e l'utilizzo delle tavole dendrometriche della Regione Emilia-Romagna (2000) si è potuto stimare il volume del fusto dal suolo al cimale al netto della ramaglia (volume cormometrico). L'uso di tali tavole è stato preferito ad altre in quanto specificamente costruite per gli alberi ed i boschi di questa regione. Una volta scelta l'essenza vegetale di cui si vuole valutare il volume del fusto, le tavole forniscono una formula specifica che permette anche l'automazione dei calcoli mediante l'uso di fogli elettronici. La somma dei volumi dei singoli individui presenti nell'area fornisce il dato del volume di legname.

Per il faggio (*Fagus sylvatica*) la formula è così composta

$$V = 2,7296 + 3,4917 * 10^{-2} * (d^2h)$$

Dove d è il "diametro a petto d'uomo" espresso in cm, h l'altezza della pianta in m e V il volume in dm<sup>3</sup>.

Oltre alla formula è anche possibile utilizzare una tabella a doppia entrata come quella sotto riportata (tabella 4.3).

d/h	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
5	6,2	8,0	9,7	11,5									
10	16,7	23,7	30,7	37,6	44,6	51,6	58,6	65,6					
15	34,2	49,9	65,6	81,3	97,0	112,7	128,4	144,1					
20	58,6	86,5	114,5	142,4	170,3	198,3	226,2	254,1	282,1	310,0	337,9	365,9	393,8
25	90,0	133,7	177,3	221,1	264,6	308,2	351,9	395,5	439,2	482,8	526,5	570,1	613,8
30						442,7	505,5	568,4	631,2	694,1	756,9	819,8	882,6
35									858,2	943,7	1029,3	1114,8	1200,4
40									1120,1	1231,8	1343,5	1455,3	1567,0
45												1841,1	1982,5
50												2272,3	2446,9

**Tabella 4.3: Tavole di Cubatura per il faggio, volume in dm<sup>3</sup>, Regione Emilia-Romagna 2000.**  
d = diametro (cm), h = altezza (m).

Essendo nota per il legname di faggio una massa volumica pari a 740 Kg/m<sup>3</sup> è possibile con una semplice conversione stimare il peso del fusto o del legname nell'area.

#### **4.4 Campionamento ed identificazione dei microartropodi edafici**

In ciascuno dei siti studiati sono state prelevate tre zolle di terreno delle dimensioni di 10 cm di lato ed una profondità di 10 cm, tale tipo di campionamento richiesto dal protocollo del metodo QBS è stato ritenuto ottimale anche per lo studio qualitativo-quantitativo della comunità edafica. I campioni sono stati raccolti da punti considerati rappresentativi di ciascuna area, evitando microambienti particolari come: zone coperte da muschi, canali di scorrimento dell'acqua piovana e punti a ridosso degli alberi. I siti di faggeta presentavano un considerevole spessore di lettiera che è stato separato dai rispettivi campioni di suolo ed analizzato in modo indipendente. Tale scelta è legata sia alla possibilità di compiere una analisi separata dei due strati (lettiera e suolo) sia al fatto che il protocollo dell'indice biologico QBS prevede che in caso di lettiera abbondante questa sia asportata e solo il suolo sia sottoposto ad analisi. La quota e le caratteristiche climatiche dell'area in esame, oltre la fenologia delle specie vegetali presenti, hanno fatto ritenere opportuno scegliere come periodo di campionamento quello compreso tra giugno e settembre. I campionamenti della fauna edafica sono quindi stati svolti in contemporanea con i rilievi fitosociologici.

I campioni prelevati da ciascuna area sono stati posti in sacchetti di materiale plastico (fig.4.2) e preparati per l'estrazione dei microartropodi entro 24 ore. Per l'estrazione è stato impiegato il selettore Berlese-Tullgren (Wallwork 1970, Bachelier 1973) a tuttora uno dei metodi più utilizzati per l'estrazione della fauna edafica data la facilità di utilizzo e la elevata resa nell'estrazione. Il selettore di Berlese-Tullgren è un metodo di estrazione di tipo dinamico che utilizza la tendenza dei microartropodi edafici a migrare evitando le condizioni di disseccamento; con tale metodologia non è però possibile estrarre organismi che siano in stadi di vita non attiva, quali ad esempio le pupe. Il selettore (fig.4.3) è costituito da un imbuto in materiale plastico del diametro di 25 cm e da un setaccio con maglie di 2 mm su cui è posto il campione di suolo. Per mezzo di una lampada da 60 W posta a 25 cm di altezza sopra il setaccio si provoca il graduale disseccamento del campione costringendo i microartropodi a migrare verso il fondo dell'imbuto fino a precipitare in un apposito barattolo di raccolta. Gli organismi estratti sono conservati in una soluzione in volume di 2/3 alcool etilico e 1/3 glicerina. Il tempo di estrazione è influenzato dalle condizioni di umidità del campione di suolo e si aggira

sui 7-10 giorni. Dopo tale periodo si inserisce un nuovo barattolo per controllare che l'estrazione sia completa.

Con l'ausilio di uno stereomicroscopio (20 – 40 X) gli organismi raccolti sono stati conteggiati e classificati a diversi livelli tassonomici: classe per i miriapodi (Diplopoda, Chilopoda, Symphyla, Pauropoda) e isopodi, ordine per i chelicerati e gli insetti (Grandi 1984, Harde 1984, Broleman 1930). I dati ottenuti sono quindi stati convertiti in densità (numero di individui su 1m<sup>2</sup> di superficie) per essere resi confrontabili con altri studi. Si è inoltre proceduto all'identificazione delle specie di collemboli, uno dei gruppi chiave per comprendere le caratteristiche della fauna edafica di un ambiente. Per il riconoscimento delle specie di collemboli (Gisin 1960, Fjellberg 1998, Dunger 1994, Bretfeld 1999, Hopkin 1997), denominate secondo la nomenclatura della checklist delle specie della Fauna Italiana (Dallai *et al.* 1995), gli esemplari sono stati chiarificati mediante soluzione Gisin 2 (Gisin 1960) e montati su vetrino per l'osservazione con microscopio ad alto ingrandimento (1000 X). L'uso di apparecchiature fotografiche accoppiate ai microscopi ha permesso di creare il nucleo di una banca dati di immagini utilizzabile a fini didattico-scientifici.

Ricetta soluzione Gisin 2, chiarificatore (Gisin 1960).

La soluzione utilizzata per chiarificare i collemboli è composta come segue:

- Acido lattico 10 cm<sup>3</sup>
- Glicerina 2 cm<sup>3</sup>
- Formalina al 40% 0,4 cm<sup>3</sup>



**Fig. 3.1:** Area dell'attuale Riserva Guadine Pradaccio dopo le attività di disboscamento degli inizi del XX secolo. Foto Corpo Forestale dello Strato.



Dall'alto in senso antiorario.

**Fig 4.1:** Misura del diametro del fusto a “petto d'uomo”. Foto Leoni.

**Fig. 4.2:** Campioni nei sacchetti di raccolta. Foto Leoni.

**Fig. 4.3:** Selettore Berlese-Tullgren. Foto Leoni.

#### 4.5 Indici QBS-ar e QBS-c

Negli organismi che abitano il suolo in modo continuativo è riscontrabile un fenomeno di convergenza evolutiva collegato alle particolari condizioni dell'ambiente ipogeo, quali: l'assenza di luce, le ridotte dimensioni dei cunicoli, la riduzione delle variazioni di temperatura e umidità sia giornaliera sia annua. Nei microartropodi edafici tale fenomeno di convergenza risulta particolarmente evidente a livello morfologico. Infatti in questi organismi si riscontrano generalmente la riduzione dei fotorecettori o la completa anoftalmia, la riduzione delle dimensioni corporee e della lunghezza delle appendici, condizioni di atterismo o di microaterismo, presenza di tegumenti sottili e depigmentazione. Tali caratteristiche morfologiche dovute all'adattamento alla vita nel suolo hanno come conseguenza la maggiore vulnerabilità di questi organismi agli *stress* ambientali, in quanto li rendono incapaci di abbandonare il suolo all'insorgere di condizioni sfavorevoli. L'indice sintetico QBS, nelle sue due forme QBS-ar (artropodi) e QBS-c (collemboli), è basato sul principio che un maggiore adattamento porta come conseguenza a una elevata vulnerabilità ai cambiamenti ambientali, per tale motivo la presenza (o l'assenza) di gruppi euedafici può essere utilizzata come strumento di valutazione della stabilità e della qualità di un suolo (Parisi 2001, Parisi *et al.* 2005). Tale approccio legato solo alla morfologia degli organismi permette di utilizzare il concetto di forma biologica (Sacchi & Testard 1971), evitando i tipici problemi legati alla identificazione degli organismi a livello di genere o di specie, quali la necessità di operatori con elevate conoscenze sistematiche e specializzazione in uno o pochi gruppi tassonomici. Con il termine forma biologica si identifica in questo caso un gruppo di organismi omogeneo per morfologia e caratteristiche di adattamento alla vita nel suolo.

Ad ogni forma biologica (FB) è possibile associare, mediante tabelle basate sia sulle caratteristiche tassonomiche sia sul livello di adattamento all'ambiente ipogeo, un valore numerico denominato Indice Ecomorfologico (EMI). Il valore dell'indice QBS corrisponde alla somma dei valori EMI associati alle forme biologiche estratte dai campioni di suolo.

Il QBS-ar valuta la qualità del suolo sulla base dell'intera comunità di microartropodi edafici. Ad ogni FB è associato un EMI (tabella 4.4) compreso tra 1 e 20, per alcuni gruppi è previsto un unico valore EMI, in quanto tutti gli organismi che lo compongono mostrano il medesimo livello di adattamento alla vita ipogea (es. proturi, dipluri e

sinfilii), mentre all'interno di altri gruppi si riscontrano livelli di adattamento, e di conseguenza EMI, diversi (es. collemboli e coleotteri). La metodologia di campionamento prevede il prelievo in ogni area di tre zolle di terreno e l'estrazione con selettore Berlese-Tullgren come precedentemente descritto. Con l'ausilio di uno stereomicroscopio a basso ingrandimento (20 - 40 X) si procede quindi all'identificazione delle FB ed all'assegnazione degli EMI. Il valore del QBS-ar è calcolato considerando tutti i gruppi rilevati in almeno uno dei tre campioni di terreno, se in un gruppo sono presenti più forme biologiche si utilizza per la sommatoria il valore EMI più elevato tra quelli riscontrati. Tale metodo per il calcolo del QBS-ar permette di valutare la qualità biologica potenziale dell'area esaminata, riducendo i problemi connessi all'anisotropia con cui sono distribuiti i microartropodi del suolo in quanto non viene considerata la numerosità degli organismi e non vi è la necessità di una loro presenza costante in tutti e tre i campioni. Il QBS-ar negli otto anni trascorsi dalla sua prima divulgazione è stato impiegato in varie tipologie di ambiente sia naturali o semi-naturali (boschi e prati in aree protette, greti fluviali) sia in aree a diverso grado di antropizzazione (terreni coltivati, prati stabili), fino a zone fortemente degradate (discariche RSU). I dati ottenuti direttamente dalle ricerche svolte dall'Università degli Studi di Parma (Gardi *et al.* 2003) oltre che da strutture come ARPA ed APAT e diverse università italiane e straniere, mostrano la sensibilità di tale indice ai diversi fattori ambientali quali: tipo di suolo, uso del suolo, tipo di vegetazione, e tipo di gestione nelle aree coltivate.

L'indice QBS-c è basato sul medesimo principio di maggiore vulnerabilità degli organismi come conseguenza dell'adattamento, ma per tale indice si analizza solo il gruppo dei collemboli. All'interno di questo taxa sono riconoscibili sulla base di tabelle specifiche (tabella 4.5) diverse FB a cui è assegnato un EMI, compreso tra 0 e 40, sulla base di sette caratteri: 1) dimensioni del corpo, 2) tipo di pigmentazione, 3) presenza di setole o squame, 4) numero di ocelli, 5) lunghezza delle antenne, 6) lunghezza e forma delle zampe, 7) dimensioni della furca. Ad ogni carattere viene assegnato un punteggio specifico la cui somma costituisce l'EMI della FB. Di conseguenza ogni forma biologica può essere identificata con una formula numerica, ad esempio per la specie *Folsomia candida* si ottiene 2-6-3-6-3-3-3 = EMI 26. Il valore di QBS-c è ottenuto dalla somma di tutte le FB con formula numerica differente riscontrate nei tre campioni

prelevati nell'area in esame. Il metodo di campionamento ed estrazione è il medesimo del QBS-ar, questo permette di eseguire l'analisi con il QBS-c sugli stessi organismi estratti per la versione QBS-ar. Il QBS-c necessita di maggiori conoscenze tassonomiche rispetto al QBS-ar e in alcuni casi anche dell'osservazione dei preparati con un microscopio ad elevato ingrandimento (500 – 1000 X), caratteristiche che rendono necessari tempi più lunghi sia di esecuzione sia per la preparazione degli operatori.

Il QBS-ar e il QBS-c non devono essere considerato come sostituti l'uno dell'altro, quanto come metodologie complementari. Infatti mentre il QBS-ar fornisce una visione ampia delle condizioni della comunità edafica evidenziando la presenza/assenza di gruppi di cui è ben nota la vulnerabilità, come sinfili e pauropodi (Bedano *et al.* 2006), il QBS-c fornisce informazioni più specifiche vista la sensibilità del gruppo dei collemboli al contenuto in sostanza organica ed ai cambiamenti nel regime idrico del suolo.

**Tabella 4.4: Schema per l'assegnazione degli EMI per l'indice QBS-ar**

Gruppi		EMI
Pseudoscorpioni		20
Palpigradi		20
Opilioni		10
Aranei	<i>Forme superiori a 5mm</i>	1
	<i>Forme piccole e poco pigmentate</i>	5
Acari		20
Isopodi		10
Diplopodi	<i>Forme superiori a 5mm</i>	10
	<i>Forme inferiori a 5mm</i>	20
Paupodi		20
Sinfili		20
Chilopodi	<i>Forme superiori ai 5 mm, ma con zampe ben sviluppate</i>	10
	<i>Altre forme (Geofilomorfi)</i>	20
Proturi		20
Dipluri		20
Collemboli	<i>Forme epigee: appendici allungate, ben sviluppate. Apparato visivo (macchia ocellare e occhi ) ben sviluppato. Dimensioni medie/grandi, presenza di livrea complessa.</i>	1
	<i>Forme epigee non legate alla vegetazione arborea con buon sviluppo delle appendici con forte sviluppo di setole o squame. Apparato visivo ben sviluppato.</i>	2
	<i>Forme di piccola dimensione con medio sviluppo delle appendici, apparato visivo ben sviluppato, livrea modesta, forme limitate alla lettiera</i>	4
	<i>Forme emiedafiche con apparato visivo ben sviluppato, appendici non allungate, livrea concolore</i>	6
	<i>Forme emiedafiche con riduzione del numero di ocelli, appendici poco sviluppate, con furca ridotta o assente presenza di pigmentazione</i>	8
	<i>Forme euedafiche con pigmentazione assente riduzione o assenza di ocelli, furca presente, ma ridotta</i>	10
	<i>Forme euedafiche depigmentate, prive di furca, appendici tozze, presenza di pseudoculi, organo postantennale eventualmente sviluppato (non necessariamente presente), strutture sensoriali apomorfiche</i>	20
Microcorifi		10
Zigentomi		10
Dermatteri		1
Ortotteri	<i>In generale</i>	1
	<i>Famiglia Grillidae</i>	20
Embiotteri		10
Isotteri		10
Blattari		5
Psocotteri		1
Emitteri	<i>Forme epigee</i>	1
	<i>Larve cicala</i>	10
Tisanotteri		1
Coleotteri	<i>Forme epigee</i>	1
	<i>Dimensioni &lt; 2mm</i>	+ 4
	<i>Tegumenti sottili , con colori testacei</i>	+ 5
	<i>Microatterismo o atterismo</i>	+ 5
	<i>Microfalmia o anofalmia</i>	+ 5
Imenotteri	<i>In generale</i>	1
	<i>Formicidi</i>	5
Ditteri		1
Coleotteri (larve)		10
Ditteri (larve)		10
Imenotteri (larve)		10
Lepidotteri (larve)		10

**Tabella 4.5: Schema per il calcolo degli EMI per l'indice QBS-c**

Carattere	EMI	
Dimensioni	Grandi > 3 mm	0
	Medie 2-3 mm	2
	Piccole < 2 mm	4
Pigmentazione	con livrea complessa (es. Orchesella, Seira)	0
	con livrea semplice (es. Isotomurus, Tomocerus)	1
	con colore (o limitata alle appendici, distalmente)	3
	assente	6
Fanere ed altre strutture tegumentarie	Grande sviluppo di macrochete e/o squame, presenza di tricobotri.	0
	Ricoprimento modesto di fanere	1
	Specializzazione topografica delle chete, ridotte di numero, sensilli particolari sulle antenne, PAO presente, spine anali presenti. Questi caratteri possono non essere tutti presenti.	3
	Poche chete. Sensori e strutture particolari presenti in più parti del corpo.	6
Anoftalmia	8+8 ocelli	0
	6+6 ocelli	2
	da 5+5 a 1+1 ocelli	3
	0+0 ocelli	6
Antenne	molto più lunghe della diagonale del capo.	0
	equidimensionali alla diagonale del capo.	2
	più corte della diagonale del capo.	3
	molto ridotte, spesso con sensilli particolari.	6
Zampe	molto sviluppate.	0
	mediamente sviluppate.	2
	corte.	3
	ridotte o con empodio ridotto o assente.	6
Furca	molto sviluppata	0
	mediamente sviluppata.	2
	poco sviluppata con riduzione del numero di setole.	3
	assenza di mucrone e/o alterazioni della forma del manubrio e dei denti.	5
	assenza della furca o sua riduzione a rudimento.	6

## 4.6 Analisi statistiche

La classificazione numerica dei rilievi fitosociologici è stata eseguita mediante *Cluster Analysis* utilizzando il pacchetto software SYN-TAX 2000 (Podani 2001) ed il metodo “Incremental Sum of Square” (ISS) con coefficiente binario di Jaccard o con la distanza della corda a seconda dei casi. La *Cluster Analysis* permette di classificare una serie di elementi ripartendoli in gruppi omogenei mediante la risoluzione di una serie di matrici. Il risultato dell’analisi viene espresso graficamente da un dendrogramma, che riporta in ascissa il numero distintivo di ciascun elemento ed in ordinata la scala dei valori di somiglianza o dissomiglianza. La struttura del dendrogramma è di tipo gerarchico, ovvero vi si possono leggere gruppi più ampi che sottendono gruppi di minori dimensioni ma maggiore somiglianza (Ubaldi 2003). Prima di essere inseriti nelle matrici per la *Cluster Analysis* gli indici di copertura-abbondanza originali sono stati convertiti in una scala adatta all’elaborazione elettronica (tabella 4.1), seguendo la trasformazione di Van der Maarel (1979). Per i rilievi di faggeta i bassi valori di copertura delle specie vegetali hanno suggerito l’impiego di un coefficiente di tipo binario, mentre per la fascia soprasilvatica si è mostrato più efficiente il trattamento dei dati mediante distanza della corda.

Per lo studio delle comunità edafiche le *Cluster Analysis* sono state eseguite con il metodo ISS e con la distanza della corda come coefficiente. I dati di densità ( $x$ ) dei singoli taxa sono stati normalizzati mediante logaritmo naturale:  $\ln(x+1)$ . Per evidenziare i gruppi di taxa edafici caratteristici dei popolamenti di microartropodi presenti nelle diverse tipologie vegetali sono state inoltre eseguite *Cluster Analysis* con metodo ISS e coefficiente binario di Jaccard ponendo i taxa sulle colonne della matrice e i rilievi lungo le righe.

Per descrivere la biodiversità delle cenosi sia vegetali sia dei collemboli sono stati calcolati la ricchezza in specie (numero di specie rilevate), l’indice di diversità di Shannon-Wiener ( $H'$ ) e l’indice di equiripartizione (*evenness*,  $E$ ). L’indice di Shannon-Wiener (Shannon 1948) rappresenta la biodiversità di una biocenosi con un valore compreso tra 0 (cenosi con un’unica specie) ed un valore massimo rappresentato dal logaritmo naturale del numero di specie ( $H_{max}$ ), raggiunto teoricamente quando tutte le specie sono equiripartite. Il valore dell’indice si calcola con la formula sotto riportata, in

cui  $s$  è il numero di specie nella cenosi e  $p_i$  è il rapporto tra il numero di individui della specie  $i$ -esima ( $n_i$ ) e il numero totale di individui rilevati ( $N$ ).

$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \qquad p_i = \frac{n_i}{N}$$

La diversità di una cenosi può quindi essere determinata sia dal numero di specie sia dalla loro ripartizione. Per tale motivo oltre all'indice di Shannon-Wiener spesso si utilizza anche l'indice di equipartizione (*evenness*) che varia tra 0 ed 1, avvicinandosi al valore unitario più le specie sono ugualmente rappresentate.

$$E = \frac{H'}{H \max}$$

Per il calcolo di tali indici è stato usato come valore  $n_i$  la densità dei diversi taxa nel caso dei microartropodi, mentre per la vegetazione gli indici di copertura-abbonanza associati alle singole specie sono stati convertiti nei punteggi per le elaborazioni elettroniche, trasformazione di Van der Maarel.

Il ridotto numero di campioni per alcune tipologie di vegetazione e la distribuzione non normale della densità nella maggior parte dei taxa edafici (anche dopo trasformazione) ha indirizzato verso l'uso di test non-parametrici.

Le analisi delle correlazioni degli indici di diversità (ricchezza in specie,  $H'$  ed  $E$ ) tra la vegetazione ed il popolamento edafico ad esse associato sono state eseguite mediante test di Spearman, utilizzando il software SPSS 14.0.

Il confronto tra le densità (individui per  $m^2$ ) dei taxa edafici (gruppi di artropodi e specie di collemboli) nella lettiera e nel suolo delle aree di faggeta è stato eseguito mediante test per due campioni dipendenti di Wilcoxon, software SPSS 14.0.

Per i confronti tra più di due gruppi di rilievi (ad esempio per la densità dei taxa di microartropodi nella vegetazione soprasilvatica, vedi capitolo seguente) si è utilizzato il test non parametrico Kruskal-Wallis, e per le analisi *post-hoc* sono stati eseguiti confronti a coppie tra i diversi gruppi di campioni avvalendosi del test Mann-Whitney con correzione di Bonferroni (Field 2006). La correzione di Bonferroni permette di eseguire una serie ripetuta di test Mann-Whitney senza che il sommarsi di errori del primo tipo superi il valore critico di 0.05. Per tale motivo il valore discriminante la significatività 0.05 viene diviso per il numero dei confronti eseguiti, ottenendo un nuovo limite (Field 2006). E' possibile ridurre il numero di confronti (ottenendo quindi

un limite di significatività più alto) utilizzando solo un gruppo (ad esempio il gruppo di controllo) con cui confrontare gli altri (Field 2006). Nei casi in cui fosse atteso un ordine nei gruppi di campioni analizzati si è unito al test Kruskal-Wallis anche il test Jonckheere-Terpstra. Tale test permette di individuare se le mediane dei diversi gruppi analizzati sono disposte secondo un particolare andamento, crescente o decrescente (Field 2006). Anche per tali test si è utilizzato il software SPSS 14.0.

## Capitolo 5. Risultati

### 5.1 Vegetazione

Per chiarezza espositiva si inizierà a descrivere i risultati ottenuti in questo lavoro di ricerca cominciando dalla componente vegetale, dato che su quanto emerso da essa sono poi state impostate le analisi del suolo e dei popolamenti a microartropodi edafici.

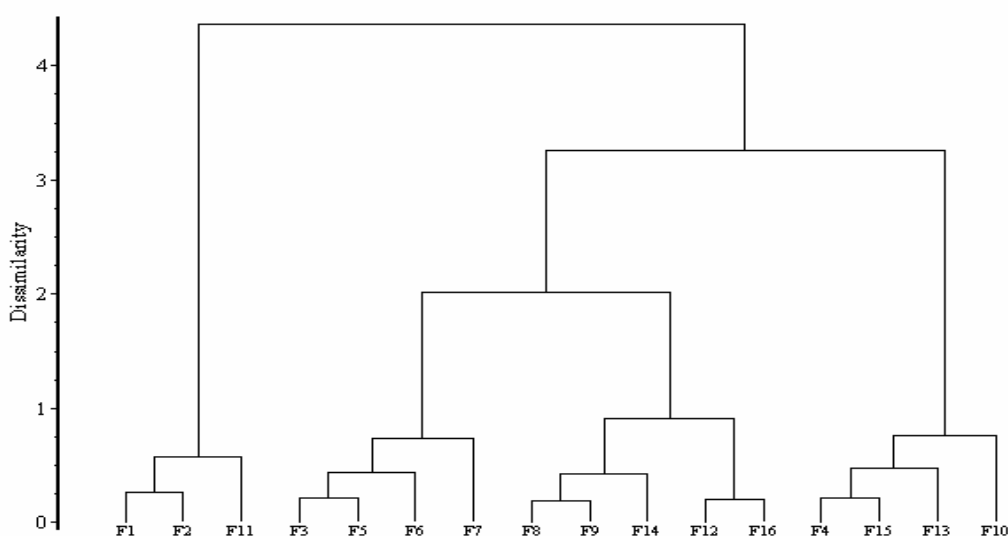
#### 5.1.1 Faggete

L'analisi della composizione floristica dei 16 popolamenti elementari di faggeta ha portato alla costruzione della tabella fitosociologica strutturata (tabella 5.1) in cui si evidenzia la presenza di specie caratteristiche e differenziali dell'alleanza centro-europea *Geranio nodosi-Fagion sylvaticae* (*Prenanthes purpure*, *Veronica urticifolia*, *Polygonatum verticillatum*, *Cardamine bulbifera*, *Galium odoratum*, *Senecio fuchsii*, *Rubus bellardii*, *Neottia nidus-avis*, *Phegopteris polypodioides*) e della suballeanza nordappenninica *Geranio nodosi-Fagenion sylvaticae*, quali *Trochiscanthes nodiflorus* e *Geranium nodosum*. Si osserva inoltre *Gymnocarpium dryopteris* che differenzia l'associazione *Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*. La frequenza con cui tali specie sono presenti nei popolamenti elementari ed il confronto con la letteratura inerente alle vegetazioni di faggeta ha portato ad attribuire tutte i 16 rilievi eseguiti all'associazione *Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae* Ubaldi et Speranza 1985, inserita nella suballeanza *Geranio nodosi-Fagenion* Gentile 1974, alleanza *Fagion sylvaticae* Luquet 1926. Tale associazione corrisponde al tipo di faggeta che copre le quote più elevate dell'Appennino tosco-emiliano.

Nonostante l'appartenenza alla medesima associazione vegetale, i 16 popolamenti elementari mostrano alcune differenze nella composizione floristica, che sono state evidenziate mediante *Cluster Analysis*. L'analisi è stata eseguita con il metodo Incremental Sum of Square e coefficiente binario di Jaccard. La scelta di usare un coefficiente binario è legata ai valori di copertura-abbondanza estremamente ridotti con cui sono presenti le diverse specie, ovviamente eccettuato il faggio. Il dendrogramma ottenuto mostra la presenza di quattro distinti gruppi di rilievi (fig. 5.1) differenti sia per le specie presenti, sia per la ricchezza in specie. I gruppi di popolamenti elementari ottenuti non mostrano legami con i parametri di stazione (altitudine, inclinazione ed

esposizione del versante), ma fanno osservare un legame con il tipo di gestione forestale a cui è stata sottoposta l'area del rilievo. I gruppi sono infatti composti come segue:

- Gruppo 1 (Gr1): F1, F2, F11. Tutti i siti sono gestioni ad alto fusto.
- Gruppo 2 (Gr2): F3, F5, F6 ed F7. Tutti i siti sono gestioni ad alto fusto.
- Gruppo 3 (Gr3): F8, F9, F14, F12, F16. In questo gruppo le gestioni sono eterogenee, infatti F8 ed F9 sono fustaie, F14 e F16 sono cedui ed infine F12 è una faggeta irregolare al lato del torrente.
- Gruppo 4 (Gr4): F4, F15, F13, F10. Tutti i siti sono gestiti a ceduo.



**Fig. 5.1:** Dendrogramma dei siti di faggeta ottenuto mediante *Cluster Analysis*. Metodo *Incremental sum of square* con coefficiente binario di *Jaccard*.

Dalla tabella fitosociologica strutturata (tabella 5.1) si evidenzia la presenza di insiemi di specie che caratterizzano i gruppi ottenuti. Infatti si osserva esclusivamente nei rilievi del gruppo Gr1 la presenza di: *Cardamine bulbifera*, *Cardamine heptaphylla*, *Mycelis muralis*, *Stellaria nemorum* e *Lamiasrum galeobdolon*; specie note per caratterizzare suoli relativamente ricchi di nutrienti. In Gr2 osserviamo invece: *Adenostyles glabra*, *Galium laevigatum*, *Phyteuma spicatum*, *Poa nemoralis*, *Rubus ideaus*; anche in questo caso specie esigenti di nutrienti ma, non come le precedenti. Nei restanti due gruppi non sono state osservate specie esclusive di particolare interesse. I gruppi di rilievi Gr3 e Gr4 risultano quindi individuati principalmente dal ridotto numero di specie presenti. Infatti, come si può anche osservare anche dalla rappresentazione grafica (fig. 5.2), i dati mostrano una progressiva riduzione nella ricchezza in specie dal gruppo Gr1 a Gr4.

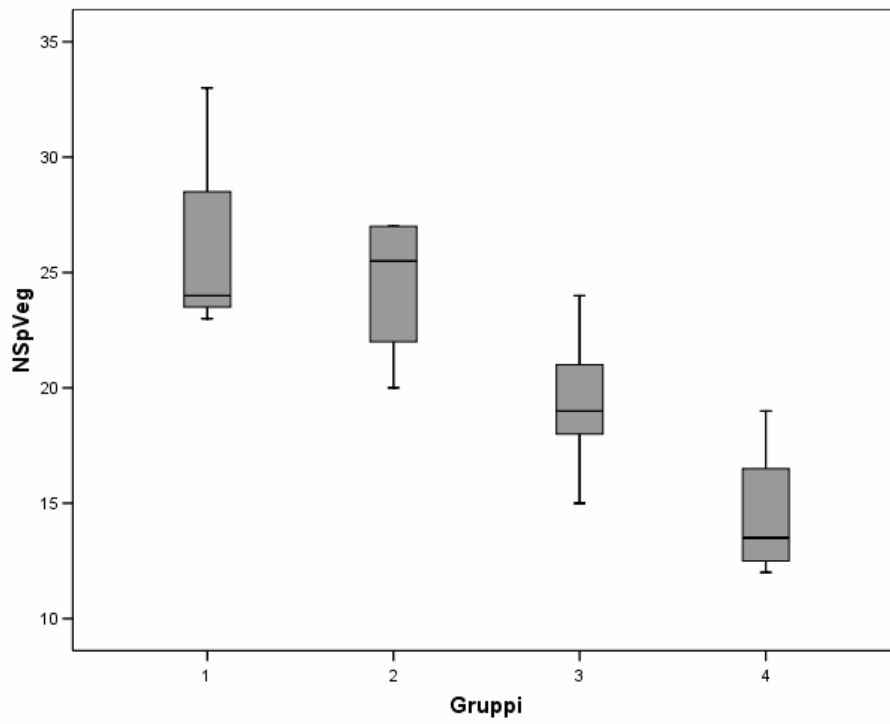
Le analisi statistiche eseguite con il test di Kruskal-Wallis (K-W) e Jonckheere-Terpstra (J-T) confermano (rispettivamente  $p=0.016$  e  $p=0.001$ ) sia la presenza di differenze significative nella ricchezza in specie tra i gruppi di rilievi sia l'andamento sopra osservato. La medesima tendenza è inoltre rilevabile per i valori ottenuti dall'indice di diversità di Shannon-Weiner (fig. 5.3) e di equiripartizione (*evenness*) (fig. 5.4). Anche per questi indici il test K-W mostra la presenza di differenze significative (rispettivamente  $p=0.012$  e  $p=0.050$ ) ed il test J-T ( $p<0.001$  e  $p=0.004$ ) accerta la riduzione nel valore delle mediane dai gruppi Gr1 a Gr4.

Il ridotto numero di siti esaminati, frazionati in più gruppi, ha reso necessario l'uso di test non parametrici, che per la loro intrinseca minore sensibilità non ci hanno reso possibile una efficace analisi *post-hoc* anche usando la correzione di Bonferroni (Field 2006) e riducendo i confronti a coppie solo a quelli verso la situazione estrema del gruppo Gr4 (Field 2006).

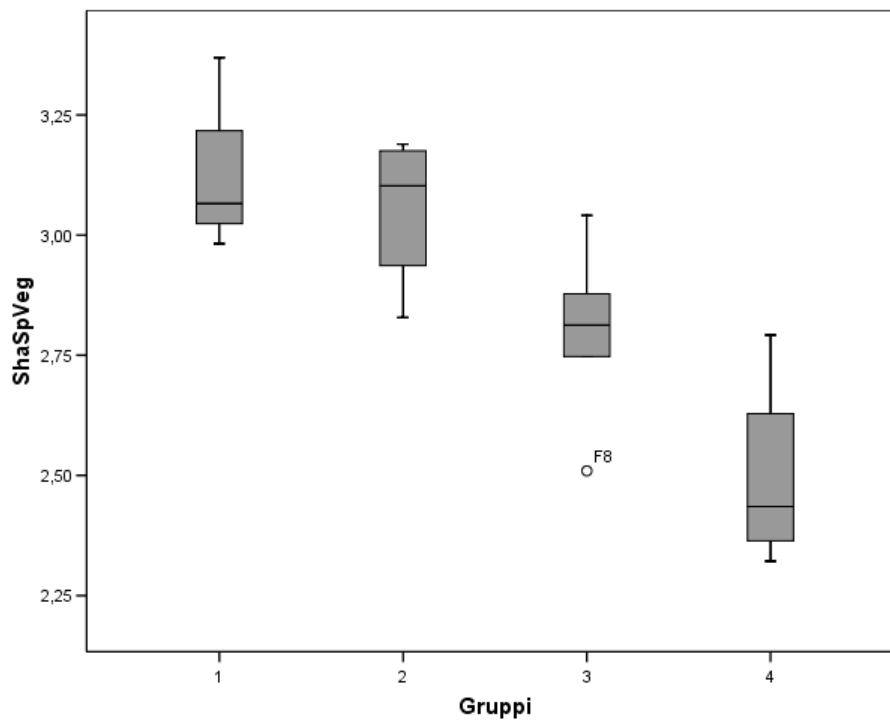
I popolamenti elementari di faggeta esaminati in questo studio evidenziano una maggiore ricchezza in specie delle aree sottoposte a gestioni a fustaia rispetto alle aree ceduate. Inoltre le specie che caratterizzano i rilievi di fustaie sono considerate relativamente esigenti di nutrienti, suggerendo la presenza di condizioni più eutrofiche in tali aree.

Codice rilievo	F1	F2	F11	F3	F5	F6	F7	F8	F9	F14	F12	F16	F4	F15	F13	F10	Fr (%)
Quota (m s.l.m.)	1400	1425	1330	1500	1500	1400	1450	1385	1365	1540	1300	1500	1500	1590	1430	1355	
Esposizione	NE	NE	E	NNE	NNE	SSE	SE	ESE	SE	ONO	ENE	E	NNE	NE	NO	NE	
Coordinate UTM32	580988	580966	581280	581051	581144	581171	581165	581178	581194	580917	581419	580644	581110	581039	581406	581216	
Inclinazione (°)	4917051	4917001	4917279	4916304	4916353	4916640	4916714	4916899	4917113	4916222	4917468	4916273	4916355	4915931	4916545	4917172	
Superficie rilevata (mq)	23	38	2	18	35	13	40	33	3	28	38	30	40	30	5	33	
	300	300	300	180	200	150	500	400	500	70	100	300	100	200	150	180	
<b>Strato arboreo</b>																	
Copertura (%)	93	93	95	93	90	90	93	93	95	100	95	98	95	95	93	95	
Altezza (m)	20	25	25	15	12	15	15	24	25	8	18	14	12	10	12	13	
N. specie	3	2	3	2	2	4	1	3	3	1	2	2	3	3	2	2	
<b>Strato arbustivo</b>																	
Copertura (%)	2	1	1	20	2	1	2	2	5	1	2	2	2	5	5	5	
Altezza (m)	1.5	2	1	1	1	0.8	1	1	1	0.8	1	0.7	2	1	2	1	
N. specie	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	
<b>Strato erbaceo</b>																	
Copertura (%)	15	20	15	15	25	15	30	13	5	15	10	5	5	15	5	5	
N. specie	22	24	32	27	26	23	20	15	18	18	23	20	12	18	12	13	
<b>Gymnocarpie-Fagetum</b>																	
Gymnocarpium dryopteris (D)	+	+	.	+	1	1	.	.	.	.	+	.	+	+	.	+	56
<b>Geranio nodosi-Fagenion sylvaticae</b>																	
Troscianthes nodiflorus	.	+	.	.	+	.	+	+	+	1	+	1	+	+	.	.	63
Geranium nodosum	.	+	1	+	+	+	+	.	+	.	+	+	.	.	.	+	63
<b>Fagion sylvaticae</b>																	
Prenanthes pupurea	+	1	+	+	+	+	1	1	1	+	1	+	+	+	+	1	100
Veronica urticifolia	.	+	r	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	.	.	.	69
Polygonatum verticillatum (D)	+	.	+	+	.	+	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	50
Cardamine bulbifera	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	19
Galium odoratum	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	19
Senecio ficulsi (D)	+	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	19
Rubus bellardi (D)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	6
Neottia nidus-avis	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
Phegopteris polypodioides (D)	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
<b>Fagetalia sylvaticae</b>																	
Fagus sylvatica (A)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	100
Fagus sylvatica (a)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	94
Fagus sylvatica (b)	+	+	+	+	.	+	+	+	+	+	1	+	+	1	+	+	88
Athyrium filix-foemina	.	1	+	1	+	+	+	+	+	+	1	1	1	+	+	+	88
Luzula nivea	+	.	+	+	+	1	+	1	+	+	1	+	.	+	1	+	88
Dryopteris filix-mas	1	1	.	+	1	+	.	.	.	+	+	+	.	+	.	+	69
Euphorbia dulcis	.	+	+	+	+	.	+	r	+	.	.	+	.	+	.	.	56
Acer pseudoplatanus (A)	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
Acer pseudoplatanus (b)	r	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	r	+	r	.	44
Adiantum glabra	.	.	+	+	+	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	44
Galium laszkarum	.	.	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	31
Cardamine heptaphylla	1	+	1	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25
Stellaria nemorosum	1	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	19
Lamium galeobdolon flav.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	19
Actaea spicata	.	1	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13
Plytenum spicatum	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13
Daphne mezereum	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	13
Laburnum alpinum (a)	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
Laburnum alpinum (b)	.	.	.	.	.	+	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13
Mycelis muralis	r	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13
Aposensis foetida	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	6
Calamintha grandiflora	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
Cardamine pentaphylla	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
Carex sylvatica	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
Sauccula europaea	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
Eppactis helleborine	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
Geranium robertianum	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
Lilium martagon	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
<b>Quercio-Fagetia</b>																	
Anemone nemorosa	1	1	1	1	+	1	+	+	1	+	+	1	.	+	+	.	88
Poa nemoralis	.	+	.	+	+	.	1	.	.	.	.	.	+	.	.	.	31
Sorbus ana	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	r	.	+	.	.	19
Viola reichenbachiana	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13
Festuca heterophylla	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
<b>Compagne</b>																	
Oxalis acetosella	+	+	+	+	+	+	+	+	1	+	+	+	+	1	1	1	100
Hieracium sylvaticum	+	+	+	1	2	+	2	1	1	1	1	+	1	1	1	+	100
Solidago virgaurea	+	+	r	+	+	1	1	+	+	+	+	r	.	+	+	+	94
Sorbus aucuparia (A)	+	.	.	1	1	1	.	+	+	+	+	r	1	+	1	+	81
Sorbus aucuparia (a)	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13
Sorbus aucuparia (b)	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	19
Vaccinium myrtillus	.	.	.	+	1	+	.	.	+	1	+	+	1	1	1	.	63
Abies alba	r	.	1	.	.	r	.	r	1	.	.	.	1	r	.	.	44
Dryopteris expansa	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	r	+	+	+	44
Apiza reptans	.	.	+	.	+	+	.	.	+	.	.	r	.	.	.	.	38
Dactylorhiza ficulsi	.	.	r	.	.	r	r	.	.	.	.	+	.	.	.	.	25
Rubus idaeus(a)	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
Rubus idaeus(b)	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	19
Blechnum spicant	.	.	.	+	.	.	r	.	.	.	.	+	.	.	.	.	19
Picea abies	.	.	+	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13
Brachypodium genense	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	13
Homogyne alpina	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	13
Viola biflora	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	13
Corallorhiza trifida	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	+	13
Festuca nigrescens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	r	.	.	13
Saxifraga rotundifolia	.	r	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13
Veratrum album var. lobelianum	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	13
Doronicum pardalianches	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
Rosa pendulina	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	6
Hyperba selago	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	6
Penedanum ostruthum	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
Veronica officinalis	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6

**Tabella 5.1: Tabella fitosociologica dei rilievi di faggeta. Fr%= frequenza della specie in percentuale.**



**Fig. 5.2:** Numero di specie vegetali (NSpVeg) rilevate nei diversi gruppi di faggeta.



**Fig. 5.3:** Valori dell'indice di Shannon-Weiner (ShaSpVeg) nei gruppi di faggeta.

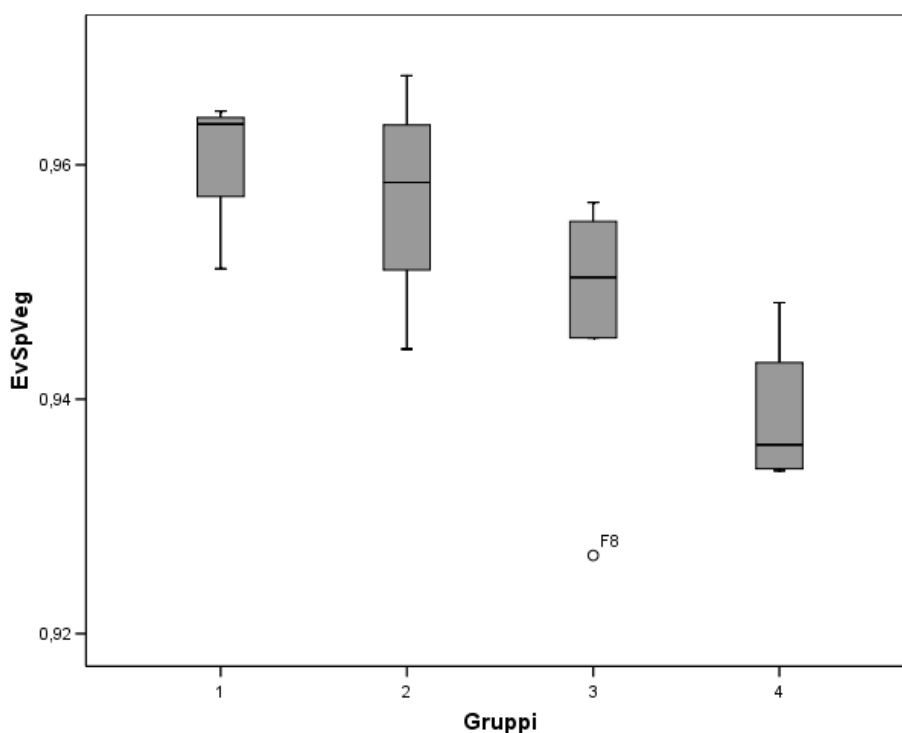


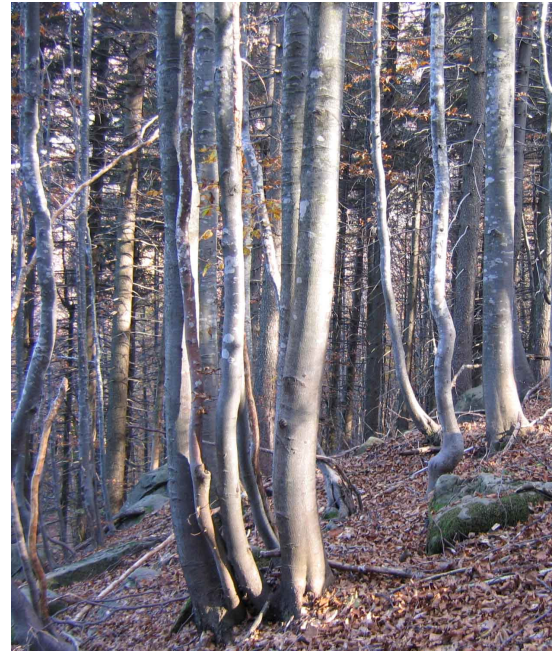
Fig. 5.4: Valori dell'indice di evenness (EvSpVeg) nei gruppi di faggeta.

Rilievo	Associazione	Gruppo	N°Specie	H'	E
F1	<i>Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae</i>	Gr1	23	2.98	0.95
F2	<i>Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae</i>		24	3.07	0.96
F11	<i>Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae</i>		33	3.37	0.96
F3	<i>Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae</i>	Gr2	27	3.19	0.97
F5	<i>Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae</i>		27	3.16	0.96
F6	<i>Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae</i>		24	3.04	0.96
F7	<i>Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae</i>		20	2.83	0.94
F8	<i>Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae</i>	Gr3	15	2.51	0.93
F9	<i>Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae</i>		19	2.81	0.96
F12	<i>Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae</i>		24	3.04	0.96
F14	<i>Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae</i>		18	2.75	0.95
F16	<i>Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae</i>		21	2.88	0.95
F4	<i>Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae</i>	Gr4	14	2.46	0.93
F10	<i>Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae</i>		13	2.41	0.94
F13	<i>Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae</i>		12	2.32	0.93
F15	<i>Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae</i>		19	2.79	0.95

Tabella 5.2: N°specie = numero di specie vegetali rilevate, H' = valore dell'indice di Shannon-Weiner, E = valore dell'indice di evenness, nei gruppi di faggeta (Gruppo) ottenuti dalla Cluster analysis.



**Fig. 5.5 (a sinistra):** Sito F9, gestione ad alto fusto. Foto Leoni.



**Fig. 5.6 (a destra):** Sito F10, gestione a ceduo. Foto Leoni.



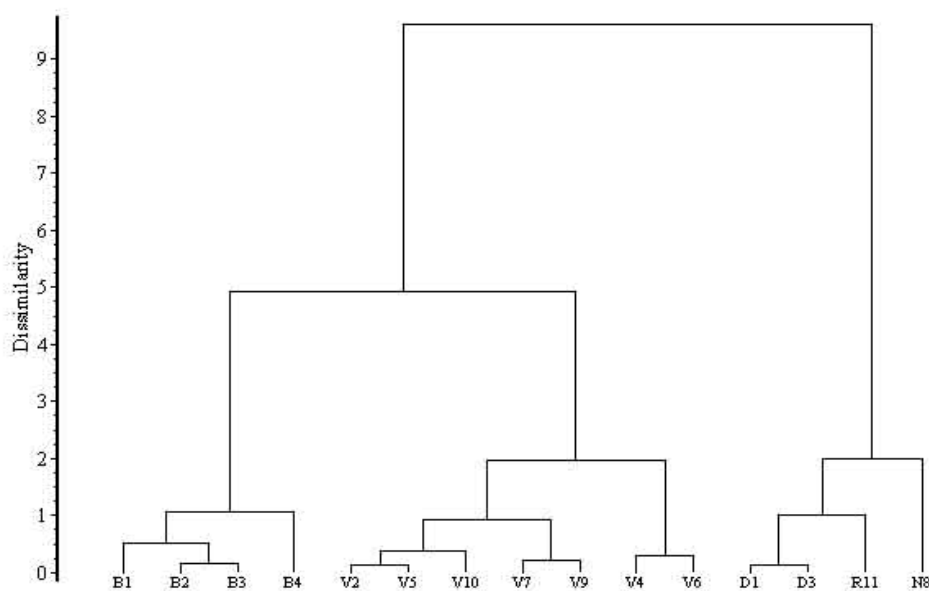
**Fig. 5.7 (a sinistra):** Sito F12, faggeta irregolare vicino torrente. Foto Leoni.



**Fig. 5.8 (a destra):** *Lamiastrum galeobdolon*. Foto Dallatana.

### 5.1.2 Vegetazione soprasilvatica

I rilievi eseguiti sulla vegetazione soprasilvatica sono stati esaminati mediante *Cluster Analysis*, metodo Incremental sum of square e distanza della corda come coefficiente. Il dendrogramma ottenuto (fig. 5.9) evidenzia tre gruppi principali corrispondenti rispettivamente alle praterie a brachipodio, agli arbusteti a mirtillo e ad un *cluster* che racchiude le altre vegetazioni secondarie. In quest'ultimo gruppo si evidenzia anche la maggiore similitudine tra D1, D3 ed R11, che rappresentano aree caratterizzate dalla presenza di vegetazione igronitrofila, rispetto al nardeto N8. Mediante la costruzione di tabelle fitosociologiche strutturate ed i confronti con la letteratura specifica, i rilievi sono stati attribuiti alle diverse associazioni vegetali.



**Fig. 5.9:** Dendrogramma della vegetazione soprasilvatica ottenuto mediante *Cluster Analysis*. Metodo Incremental sum of square con distanza della corda come coefficiente.

### 5.1.3 Praterie a *Brachypodium genuense*

Le caratteristiche dei popolamenti elementari di queste praterie dominate dalla specie *Brachypodium genuense* permette di classificarli nella associazione *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis* Lucchese 1987, inserita nell'alleanza *Nardion* Br.-Bl. 1926. Si tratta di praterie acidofitiche secondarie che si sviluppano generalmente su suoli acclivi a seguito di attività antropiche correlate al pascolo.

Come già esposto nella sezione riguardante l'area di studio, i siti B1, B2 e B3 sono posti sotto la catena del Roccabiasca (fig. 5.16), mentre B4 si trova in una differente

Codice rilievo	B4	B1	B2	B3	Fr(%)
Altitudine (m s.l.m.)	1675	1510	1540	1600	
Esposizione	SE	OSO	O	ONO	
Inclinazione (°)	35	40	45	45	
Coordinate UTM32	580725	581579	581648	581626	
	4915904	4916274	4916202	4916018	
Superficie rilevata (mq)	150	200	150	100	
Copertura vegetazionale (%)	100	98	100	100	
N. specie	23	32	29	29	
<b>Anthoxantho-Brachypodietum genuensis</b>					
Brachypodium genuense (D)	5	5	5	5	100
Pimpinella alpestris	1	+	.	+	75
Anthoxanthum alpinum (D)	.	+	+	.	50
Stachys pradica	.	+	+	.	50
Knautia purpurea var. calabrica	+	.	.	.	25
<b>subass.</b>					
Rubus idaeus (EA)	.	1	2	+	75
Galium centroniae (FB)	.	2	+	+	75
Chaerophyllum hirsutum (MA)	.	1	1	1	75
Geranium sylvaticum (MU)	.	1	1	1	75
Polygonum bistorta (MA)	.	.	1	+	50
<b>Nardion strictae</b>					
Festuca nigrescens	.	1	.	+	50
<b>Caricetalia e Caricetea curvulae</b>					
Campanula scheuchzeri	+	+	.	.	50
Juncus trifidus	+	+	.	.	50
Centaurea nervosa	1	.	.	.	25
<b>Compagne</b>					
<b>Vaccinio-Piceetea</b>					
Vaccinium myrtillus	2	2	1	1	100
Hypericum richeri	2	+	1	1	100
Vaccinium gaultherioides	2	.	.	.	25
Luzula sieberi	+	.	.	.	25
<b>Quercio-Fagetea</b>					
Geranium nodosum	.	.	+	1	50
Daphne mezereum	.	+	+	.	50
Euphorbia dulcis	.	.	+	+	50
Lilium martagon	.	.	+	+	50
Scrophularia nodosa	.	.	+	+	50
Stellaria holostea	.	.	+	+	50
Aposensis foetida	.	.	r	+	50
<b>Trifolio-Geranietea</b>					
Laserpitium latifolium	.	.	+	+	50
<b>Altre specie</b>					
Avenella flexuosa	1	1	1	+	100
Avenula praetutiana	+	+	+	+	100
Rosa pendulina	+	.	+	1	75
Cardus carlinaeifolius	.	+	+	+	75
Calamagrostis varia	.	+	.	1	50
Alchemilla saxatilis	+	+	.	.	50
Carlina acaulis	+	+	.	.	50
Dactylis glomerata	.	+	+	.	50
Dianthus monspessulanus	+	+	.	.	50
Heracleum pyrenaicum	.	+	+	.	50
Rumex nebroides	.	.	+	+	50
Silene vulgaris	.	.	+	+	50
Lotus corniculatus	1	.	.	.	25
Achillea millefolium	.	+	.	.	25
Agrostis vinealis	+	.	.	.	25
Alchemilla sp.	.	.	.	+	25
Biscutella laevigata	.	+	.	.	25
Cerastium suffruticosum	.	+	.	.	25
Clinopodium vulgare	.	+	.	.	25
Galium anisophyllum	+	.	.	.	25
Genista tinctoria	+	.	.	.	25
Hieracium lachenalii	+	.	.	.	25
Luzula nivea	.	.	.	+	25
Phleum alpinum	.	+	.	.	25
Polygonatum verticillatum	.	.	.	+	25
Potentilla erecta	.	.	.	+	25
Pulmonaria australis	.	.	+	.	25
Rhinanthus serotinus	.	.	+	.	25
Rumex scutatus	.	+	.	.	25
Senecio doronicum	.	+	.	.	25
Serratula tinctoria subsp. macrocephala	+	.	.	.	25
Silene italica	+	.	.	.	25
Stachys recta subsp. labiosa	.	+	.	.	25
Vicia sepium	.	.	+	.	25
Viola reichenbachiana	.	.	.	+	25
Seseli libanotis	.	r	.	.	25

**Tabella 5.3: Tabella fitosociologica dei rilievi di *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*. Fr%=frequenza della specie in percentuale.**

area della riserva, in prossimità del monte Aquila. Il dendrogramma (fig. 5.9) sottolinea come tale separazione spaziale rispecchi differenze anche nelle caratteristiche della vegetazione. Dalla comparazione dei rilievi fitosociologici (tabella 5.3) emerge infatti come il sito B4 rappresenti l'assetto floristico tipico della associazione *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis* mentre i restanti popolamenti elementari rappresentano una subassociazione che si differenzia dal rilievo precedente per la presenza di *Rubus idaeus*, *Chaerophyllum hirsutum*, *Geranium sylvaticum* e *Polygonum bistorta*; (**subassociazione a *Rubus idaeus***). In questa subassociazione si evidenzia come nei popolamenti elementari B2 e B3 siano presenti diverse specie appartenenti alla classe *Querco-Fagetea* quali: *Geranium nodosum* (fig. 5.18), *Daphne mezereum* (fig. 5.19), *Euphorbia dulcis*, *Lilium martagon*, *Aposeris foetida*, *Scrophularia nodosa* e *Stellaria holostea*. Tali rilievi si trovano ad una quota inferiore rispetto a B4 e sono posti maggiormente in prossimità del limite della faggeta. Si può quindi ipotizzare per i rilievi posti sul versante occidentale della dorsale del Roccabiasca (B1, B2 e B3) una derivazione da aree in cui era presente il bosco di faggio, attualmente presente a quote inferiori, che conferisce a questi popolamenti elementari caratteristiche ecotonali.

#### 5.1.4 Brughiera a mirtilli

Nell'ambito dei vaccinieti il dendrogramma (fig. 5.19) evidenzia la separazione tra un gruppo costituito dai rilievi: V2 (fig. 5.20), V5, V7, V9 e V10, ed un secondo gruppo con V4 e V6. Osservando i valori degli indici di copertura-abbondanza rilevati si nota come il primo gruppo presenti una copertura maggiore di *Vaccinium myrtillus* rispetto a *V. gaultherioides*, mentre nel secondo insieme di rilievi la situazione si inverte. Nel primo caso si può inoltre osservare una maggiore copertura di *Hypericum richeri*, mentre il secondo gruppo è caratterizzato dalla presenza di *Empetrum hermaphroditum*. Dalle tabelle fitosociologiche strutturate (tabelle 5.4 e 5.5) e dal confronto con la letteratura si evince che i due gruppi corrispondono ad associazioni diverse. Il primo insieme di popolamenti elementari (V2, V5, V7, V9, V10) è ascrivibile ad *Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis* Pirola et Corbetta 1971, alleanza Rhododendro-Vaccinion J. Br. – Bl. ex G. Br. – Bl. et Jenny 1931. Mentre il secondo gruppo di rilievi (V4, V6) è stato classificato come *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis* Br.- Bl. 1926 in Br. – Bl. et Jenny 1926, alleanza *Loiseleurio-Vaccinion* Br.- Bl. 1926 in Br. – Bl. et Jenny 1926.

Come già ricordato nel capitolo 2 la differenziazione tra queste due tipologie di vaccinieti è in genere collegata alla morfologia del terreno. Forme convesse con suolo sottile e ricco di scheletro per *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*, morfologie concave con suolo più profondo e una minore quantità di scheletro per *Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis*.

Codice rilievo	V2	V5	V10	V7	V9	Fr(%)
Altitudine (m s.l.m.)	1575	1640	1660	1735	1720	
Esposizione	E	N	OSO	N	NNE	
Inclinazione (°)	35	30	20	25	30	
Coordinate UTM32	581094 4915803	581207 4915539	580844 4915826	581249 4915465	580736 4915740	
Superficie rilevata (mq)	30	50	50	100	100	
Copertura vegetazionale (%)	100	100	100	100	100	
N. specie	11	13	12	16	18	
<b>Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis</b>						
<i>Hypericum richeri</i>	2	1	2	1	1	100
<b>Rhododendro-Vaccinietalia</b>						
<i>Vaccinium gaultherioides</i>	2	2	1	2	2	100
<b>Vaccinio-Piceetea</b>						
<i>Vaccinium myrtillus</i>	4	4	4	4	3	100
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	.	.	.	+	1	40
<i>Luzula sieberi</i>	.	.	.	1	.	20
<i>Homogyne alpina</i>	.	.	.	+	.	20
<b>Compagne</b>						
<i>Anthoxanthum alpinum</i>	+	+	1	1	1	100
<i>Festuca nigrescens</i>	1	1	1	.	+	80
<i>Sorbus aucuparia</i>	+	+	.	+	r	80
<i>Avenella flexuosa</i>	1	1	.	+	.	60
<i>Polygonum bistorta</i>	1	1	.	.	+	60
<i>Rosa pendulina</i>	.	1	.	+	1	60
<i>Carex sempervirens</i>	.	.	+	+	1	60
<i>Phleum alpinum</i>	1	.	+	.	.	40
<i>Alchemilla saxatilis</i>	.	.	+	+	.	40
<i>Brachypodium genuense</i>	.	+	.	.	+	40
<i>Juncus trifidus</i>	.	.	.	+	+	40
<i>Pimpinella alpestris</i>	.	.	+	.	r	40
<i>Veratrum lobelianum</i>	.	r	.	.	+	40
<i>Anemone nemorosa</i>	.	.	.	.	+	20
<i>Athyrium filix-foemina</i>	+	.	.	.	.	20
<i>Carex pallescens</i>	+	.	.	.	.	20
<i>Chaerophyllum hirsutum</i>	.	+	.	.	.	20
<i>Dryopteris expansa</i>	.	.	.	+	.	20
<i>Festuca paniculata</i>	.	.	+	.	.	20
<i>Geum montanum</i>	.	.	+	.	.	20
<i>Geranium sylvaticum</i>	.	+	.	.	.	20
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	.	.	.	+	.	20
<i>Juniperus nana</i>	.	.	.	.	+	20
<i>Leontodon helveticus</i>	.	.	.	+	.	20
<i>Lotus corniculatus</i>	.	.	.	.	+	20
<i>Potentilla erecta</i>	.	.	+	.	.	20
<i>Pulsatilla alpina</i>	.	.	.	.	+	20

**Tabella 5.4: Tabella fitosociologica dei rilievi di *Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis*. Fr%=frequenza della specie in percentuale.**

### 5.1.5 Deschampsieti, romiceto e nardeto

Come descritto in precedenza il dendrogramma ha evidenziato un terzo gruppo abbastanza eterogeneo che racchiude diversi tipi di vegetazioni secondarie. Si può osservare come le situazioni caratterizzate da un maggior ristagno di acqua nel terreno (D1, D3 ed R11) risultino accorpate rispetto a N8. Il sito N8 (fig. 5.21) rappresenta una prateria dominata *Nardus stricta* di ridotte dimensioni, circa 4 m<sup>2</sup>, situata in un

Codice rilievo	V4	V6
Altitudine (m s.l.m.)	1615	1765
Esposizione	NE	NE
Inclinazione (°)	20	35
Coordinate UTM32	581278 4915684	581340 4915373
Superficie rilevata (mq)	20	80
Copertura vegetazionale (%)	100	98
N. specie	16	20
<b>Empetro-Vaccinietum gaultherioidis</b>		
Empetrum hermaphroditum	1	+
<b>Subass. juncetosum trifidi</b>		
Juncus trifidus	.	2
<b>Loiseleurio-Vaccinion</b>		
Phyteuma hemisphaericum (D)	+	+
<b>Rhododendro-Vaccinietalia</b>		
Vaccinium gaultherioides	4	4
Juniperus nana	2	+
Hypericum richeri	+	1
<b>Vaccinio-Piceetea</b>		
Vaccinium myrtillus	1	1
Homogyne alpina	+	+
Huperzia selago	+	+
Lycopodium annotinum	1	.
Vaccinium vitis-idaea	.	1
Luzula sieberi	+	.
<b>Compagne</b>		
Carex sempervirens	1	1
Avenella flexuosa	+	+
Leontodon helveticus	+	+
Anthoxanthum alpinum	1	.
Potentilla erecta	1	.
Rosa pendulina	.	1
Alchemilla saxatilis	.	+
Antennaria dioica	.	+
Brachypodium genuense	+	.
Festuca nigrescens	.	+
Polygonum bistorta	.	+
Pulsatilla alpina	.	+
Gentiana kochiana	.	r

Codice Rilievo	N8
Altitudine (m s.l.m.)	1710
Esposizione	-
Inclinazione (°)	-
Coordinate UTM32	580767 4915681
Superficie rilevata (mq)	4
Copertura vegetazionale (%)	100
N. specie	10
<b>Geo-Nardetum strictae</b>	
<b>Nardion strictae</b>	
Nardus stricta (D)	5
Festuca nigrescens (D)	1
Carex pallescens (D)	+
<b>Caricetea curvulae</b>	
Anthoxanthum alpinum	+
<b>Compagne</b>	
Avenella flexuosa	1
Deschampsia caespitosa	1
Alchemilla saxatilis	+
Potentilla erecta	+
Polygonum bistorta	+
Vaccinium myrtillus	+

**Tabella 5.5 (sinistra): Tabella fitosociologica dei rilievi di *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*.**

**Tabella 5.6 (destra): Tabella fitosociologica del rilievo di *Geo-Nardetum strictae***

avvallamento posto a ridosso del crinale vicino al monte Aquila. Il rilievo evidenzia una composizione in specie (tabella 5.6) ascrivibile alla associazione *Geo-Nardetum strictae* Lüdi 1948 nom. mut. propos. Grabherr *et* Mucina 1993, appartenente all'alleanza *Nardion* Br.-Bl. 1926. Tale associazione rappresenta un tipo di prateria acidofitica secondaria tipicamente legato alla distruzione per opera dell'uomo del vaccinieto per favorire il pascolo.

I rilievi D1 (fig. 5.22) e D3 rappresentano praterie igronitrofile caratterizzate dalla dominanza di *Deschampsia caespitosa* (tabella 5.7). Oltre a tale specie si sottolinea la presenza di altre nitrofile quali *Rumex alpinus* e *Phleum rhaeticum*, osservate anche nel rilievo R11. Questo tipo di fitocenosi è legata ad attività di pascolo e trova condizioni adatte per insediarsi in suoli con idromorfia superficiale o in aree di impluvio.

Il rilievo R11 (fig. 5.23) è posto in prossimità dei ruderi delle capanne usate in passato come ricovero dai pastori. Il popolamento elementare si presenta come una fitocenosi dominante da *Rumex alpinus*. Si osserva (tabella 5.8) la presenza di specie nitrofile come *Urtica dioica* e *Phleum rhaeticum* oltre al già citato *R. alpinus*, che confermano gli effetti della passata attività antropica. Come vedremo meglio in seguito

descrivendo le caratteristiche dei suoli, il terreno sotto lo strato superficiale si mostra saturo d'acqua (vegetazione igro-nitrofila).

Rilievo n.	D1	D3
Altitudine (m s.l.m.)	1550	1600
Esposizione	-	NNO
Inclinazione (°)	-	10
Coordinate UTM32	580987	581207
	4916033	4915697
Superficie rilevata (mq)	10	10
Copertura vegetazionale (%)	90	100
N. specie	7	7
<b>Phytocoenon a Deschampsia caespitosa</b>		
Deschampsia caespitosa	5	5
<b>Poion alpinae</b>		
Poa alpina	+	1
Phleum rhaeticum	+	+
Ranunculus gr. montanus (D)	.	+
<b>Poo alpinae-Trisetetalia</b>		
Alchemilla xanthochlora	.	+
Polygonum bistorta	.	+
Rumex alpinus (D)	+	.
<b>Molinio-Arrhenatheretea</b>		
Festuca rubra	+	+
<b>Compagne</b>		
Carex rostrata	1	.
Carex leporina	+	.

Codice rilievo	R11
Altitudine (m s.l.m.)	1560
Esposizione	-
Inclinazione (°)	-
Coordinate UTM32	581011
	4915955
Superficie rilevata (mq)	30
Copertura vegetazionale (%)	100
N. specie	9
<b>Rumicetum alpini</b>	
Rumex alpinus	5
<b>Rumicetalia e Rumicion alpini</b>	
Urtica dioica (D)	1
Phleum rhaeticum	+
<b>Mulgedio-Aconitetea</b>	
Festuca pratensis subsp. apennina	2
Stellaria nemorum	1
Scrophularia scopolii	+
<b>Compagne</b>	
Deschampsia caespitosa	1
Rubus idaeus	1
Athyrium filix-foemina	+

**Tabella 5.7 (sinistra):** Tabella fitosociologica dell'aggruppamento a *Deschampsia caespitosa*.

**Tabella 5.8 (destra):** Tabella fitosociologica dell'aggruppamento a *Rumex alpinus*.

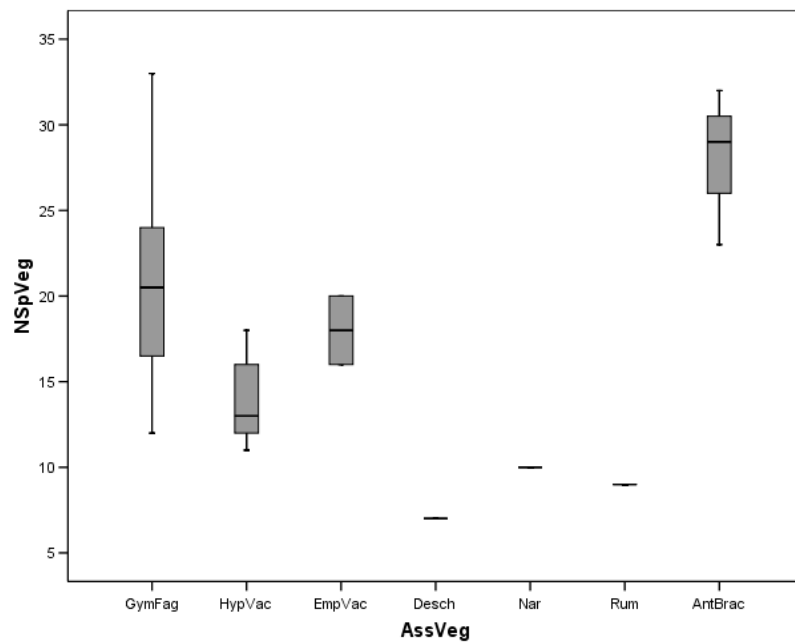
Come per i rilievi di faggeta anche per i popolamenti elementari analizzati nella vegetazione soprasilvatica sono stati calcolati i valori della ricchezza in specie e degli indici di Shannon-Weiner ( $H'$ ) ed *evenness* (E). I valori più elevati sia del numero di specie sia dell'indice  $H'$  si osservano nell'associazione *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis* seguita dalle due associazioni di vaccinieto ed infine dalle altre tipologie di vegetazione; come è possibile osservare dai grafici (fig. 5.10, 5.11 e 5.12.). Dato che alcune associazioni presentano un numero molto esiguo di campioni le analisi statistiche per valutare gli indici di diversità nella fascia soprasilvatica sono stati eseguiti utilizzando i tre gruppi emersi dalla Cluster Analysis (tabella 5.9). Il test K-W mette in evidenza come i gruppi siano significativamente diversi per numero di specie, valore di  $H'$  ed E (rispettivamente  $p=0.002$ ,  $p=0.004$ , e  $p=0.002$ ) ed il test J-T conferma una progressiva riduzione di tutti e tre i parametri (in tutti e tre i casi  $p<0.001$ ) passando da Gr 5 (B1, B2, B3 e B4) sino a Gr7 (D1, D2, N8 e R11). Per i test *post-hoc* sono stati eseguiti confronti a coppie riducendo il valore di p con la correzione di Bonferroni (Field 2006). Per aumentare la sensibilità dei test ( $p=0.025$ ) i confronti sono stati ridotti a quelli con il solo Gr5 (V2, V4, V5, V6, V7, V9 e V10), che comprende i vaccinieti,

cioè la vegetazione corrispondente alla situazione *climax* di questa fascia altitudinale dell'Appennino tosco-emiliano, mentre gli altri due gruppi racchiudono vegetazioni di tipo secondario (fig. 5.13, 5.14 e 5.15) Le differenze dei valori della ricchezza in specie, di H' ed E risultano significativi sia per il confronto Gr6-Gr5 (rispettivamente  $p=0.008$ ,  $p=0.008$  e  $p=0.023$ ) sia per Gr6-Gr7 ( $p=0.008$ ,  $p=0.008$  e  $p=0.008$ ). Rispetto agli arbusteti a mirtilli le praterie a brachipodio mostrano quindi una maggiore biodiversità, che sottolinea le loro caratteristiche ecotonali, mentre si assiste ad un impoverimento in specie nelle vegetazioni nitrofile e igronitrofile.

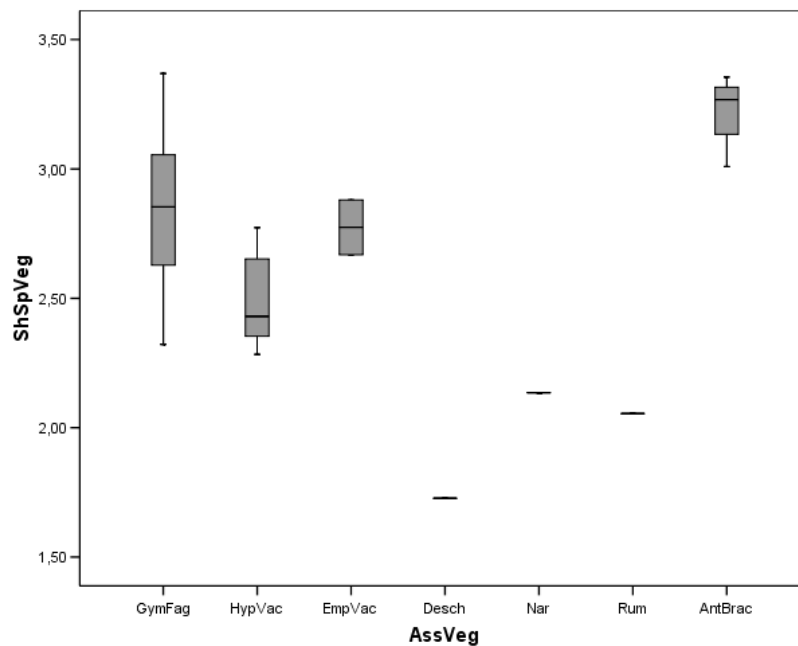
Rilievo	Associazione	Gruppo	N°Specie	H'	E
B1	<i>Anthoxantho-Brachypodietum genuensis</i>	Gr5	32	3.35	0.97
B2	<i>Anthoxantho-Brachypodietum genuensis</i>		29	3.26	0.97
B3	<i>Anthoxantho-Brachypodietum genuensis</i>		29	3.28	0.97
B4	<i>Anthoxantho-Brachypodietum genuensis</i>		23	3.01	0.96
V2	<i>Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis</i>	Gr6	11	2.28	0.95
V5	<i>Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis</i>		13	2.43	0.95
V7	<i>Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis</i>		16	2.65	0.96
V9	<i>Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis</i>		18	2.77	0.96
V10	<i>Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis</i>		12	2.35	0.95
V4	<i>Empetro-Vaccinietum gaultherioidis</i>		16	2.67	0.96
V6	<i>Empetro-Vaccinietum gaultherioidis</i>		20	2.88	0.96
D1	Aggr. a <i>Deschampsia caespitosa</i>	Gr7	7	1.73	0.89
D3	Aggr. a <i>Deschampsia caespitosa</i>		7	1.73	0.89
N8	<i>Geo-Nardetum strictae</i>		10	2.14	0.93
R11	Aggr. a <i>Fumex alpinus</i>		9	2.05	0.93

**Tabella 5.9:** N°specie = numero di specie vegetali rilevate, H' = valore dell'indice di Shannon-Weiner, E = valore dell'indice di evenness, nei gruppi (Gruppo) ottenuti dalla Cluster analysis, per la vegetazione soprasilvatica.

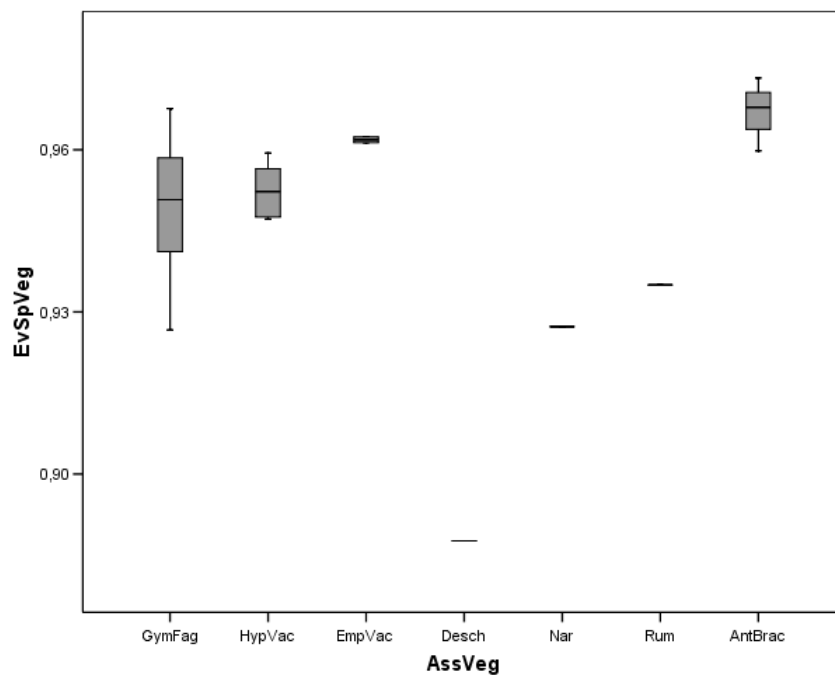
La vegetazione di faggeta mostra una ampia variazione sia della ricchezza in specie sia dell'indice H' complicando il confronto con le tipologie di vegetazione della fascia soprasilvatica (fig. 5.10, 5.11 e 5.12.). Si può però sottolineare come i rilievi di praterie a brachipodio presentino un numero di specie e un valori dell'indice H' simili a quelli riscontrati nei popolamenti elementari di faggeta più ricchi in specie, mentre le associazioni vegetali di vaccinieto per i medesimi indici mostrano affinità con i rilievi di faggeta più poveri in specie. Le vegetazioni soprasilvatiche nitrofile ed igronitrofile, mostrano invece valori di ricchezza in specie e indice di diversità H' chiaramente inferiori alle faggete.



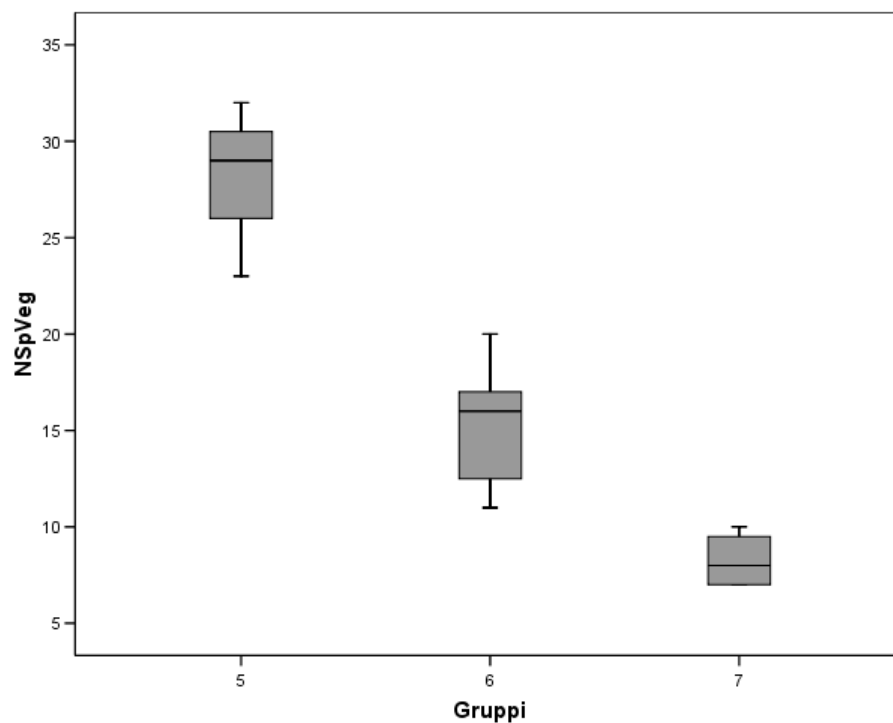
**Fig. 5.10:** Numero di specie vegetali (NSpVeg) rilevate. GymFag= *Gymnocarpium-Fagetum sylvaticae*, HypVac= *Hyperico Vaccinietum gaultherioidis*, EmpVac= *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*, Desch= agg. a *Deschampsia caespitosa*, Nar= *Geo-Nardetum strictae*, Rum= agg. a *Rumex alpinus*, AntBrac= *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*.



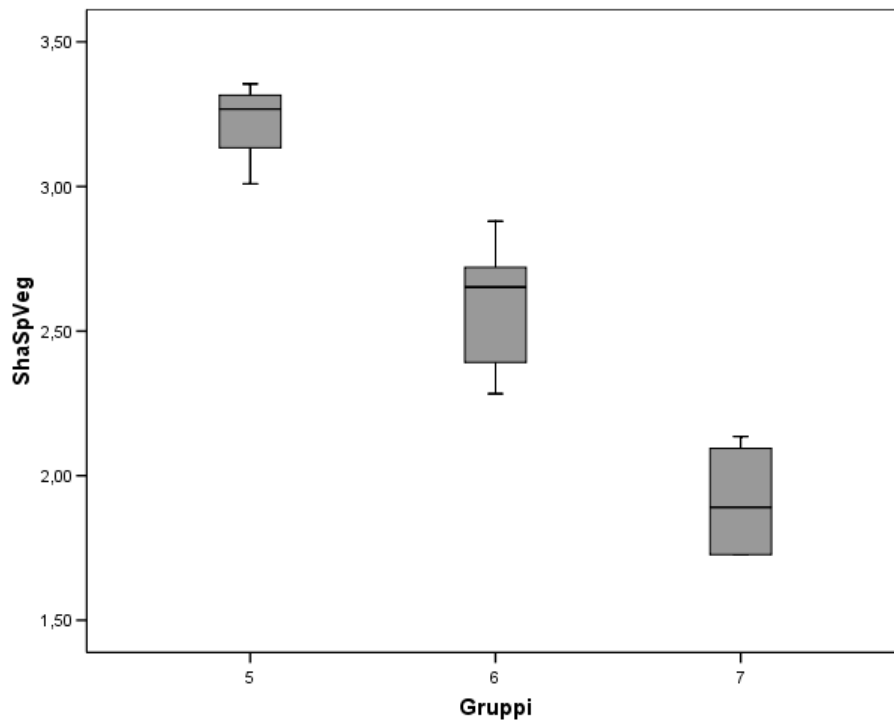
**Fig. 5.11:** Valori dell'indice di Shannon-Weiner (ShaSpVeg). GymFag= *Gymnocarpium-Fagetum sylvaticae*, HypVac= *Hyperico Vaccinietum gaultherioidis*, EmpVac= *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*, Desch= agg. a *Deschampsia caespitosa*, Nar= *Geo-Nardetum strictae*, Rum= agg. a *Rumex alpinus*, AntBrac= *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*.



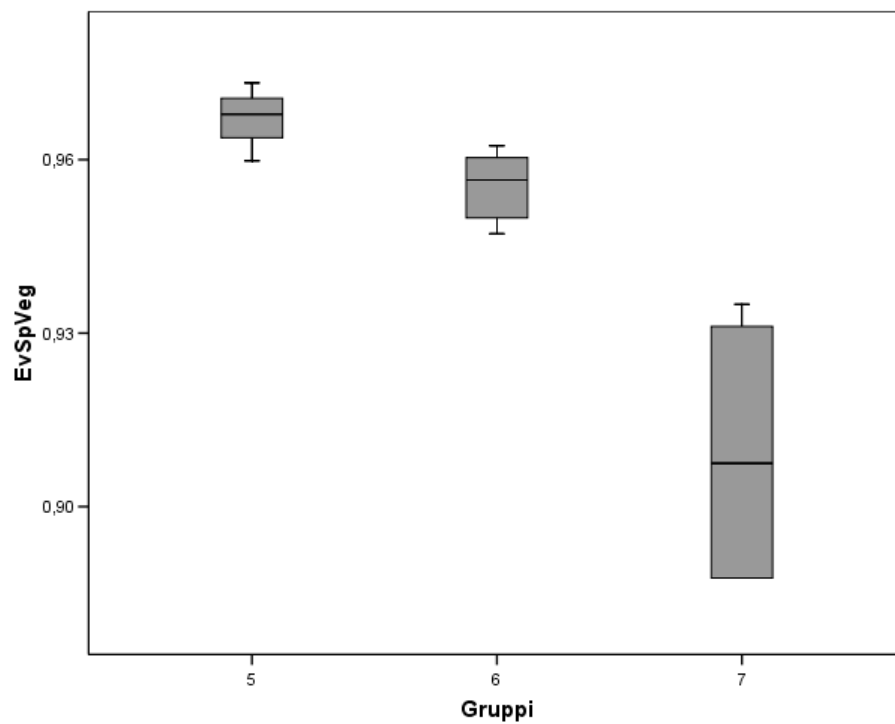
**Fig. 5.12:** Valori dell'indice di evenness (EvSpVeg). GymFag= *Gymnocarpium-Fagetum sylvaticae*, HypVac= *Hyperico Vaccinietum gaultherioidis*, EmpVac= *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*, Desch= agg. a *Deschampsia caespitosa*, Nar= *Geo-Nardetum strictae*, Rum= agg. a *Rumex alpinus*, AntBrac= *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*.



**Fig. 5.13:** Numero di specie vegetali (NSpVeg) nei gruppi di vegetazione soprasilvatica.



**Fig. 5.14:** Valori dell'indice di Shannon-Weiner (ShaSpVeg) nei gruppi di vegetazione soprasilvatica.



**Fig. 5.15:** Valori dell'indice di evenness (EvSpVeg) nei gruppi di vegetazione soprasilvatica.

Schema delle classi sintassonomiche rilevate.

*QUERCO-FAGETEA* Br.-Bl. *et* Vlieger in Vlieger 1937

*FAGETALIA SYLVATICAE* Pawlowski in Pawlowski *et al.* 1928

*FAGION SYLVATICAE* Luquet 1926

*GERANIO NODOSI-FAGENION* Gentile 1974

*Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae* Ubaldi *et* Speranza 1985

*CARICETEA CURVULAE* Br.-Bl. 1948

*CARICETALIA CURVULAE* Br.-Bl. 1926 in Br.-Bl. *et* Jenny 1926

*NARDION* Br.-Bl. 1926

*Anthoxantho-Brachypodietum genuensis* Lucchese 1987

a) subassociazione tipica

b) subassociazione *rubetosum idaei*

*Geo-Nardetum strictae* Ludi 1948 nom. mut. propos. Grabherr *et*

Mucina 1993

*VACCINIO- PICEETEA* Br.-Bl. in Br.-Bl. *et al.* 1939

*RHODODENDRO-VACCINETALIA* Br.-Bl. 1926 in Br.-Bl. *et* Jenny 1926

*RHODODENDRO-VACCINION* J. Br.-Bl. ex G. Br.-Bl. *et* Jenny 1931

*Hyperico richeri-Vaccinietum gaultherioidis* Pirola *et* Corbetta 1971

*LOISELEURIO-VACCINION* Br.-Bl. 1926 in Br.-Bl. *et* Jenny 1926

*Empetro-Vaccinietum gaultherioidis* Br.-Bl. 1926 in Br.-Bl. *et* Jenny 1926

subassociazione *juncetosum trifidi*

*MULGEDIO-ACONITETEA* Hadac *et* Klika in Klika *et* Hadac 1944

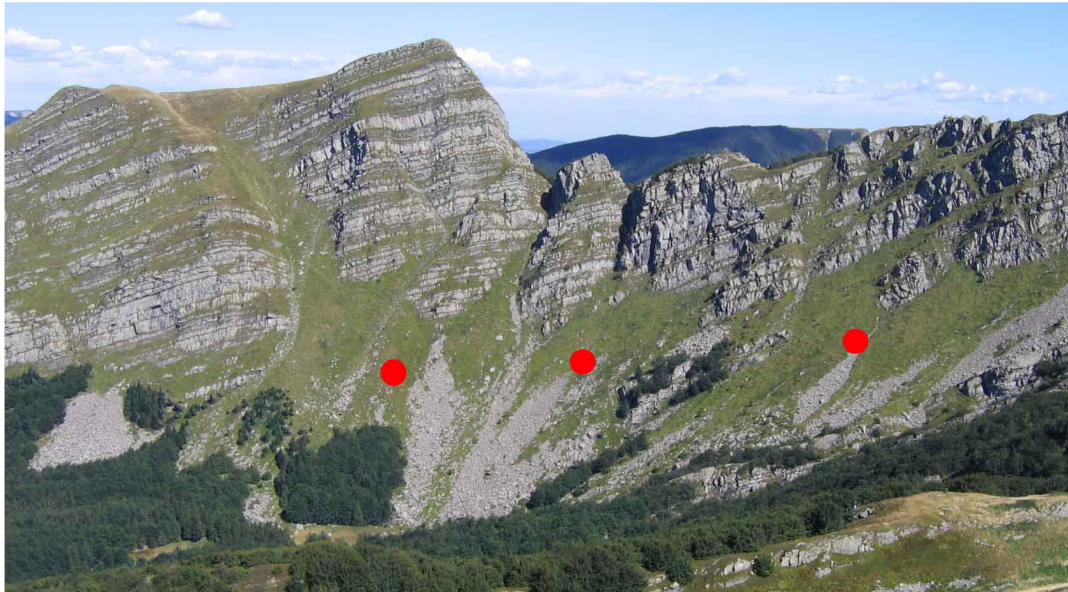
Aggruppamento *Rumex alpinus*

*MOLINO-ARRHENATHERETEA* R. Tx. 1937 em. R. Tx. 1970

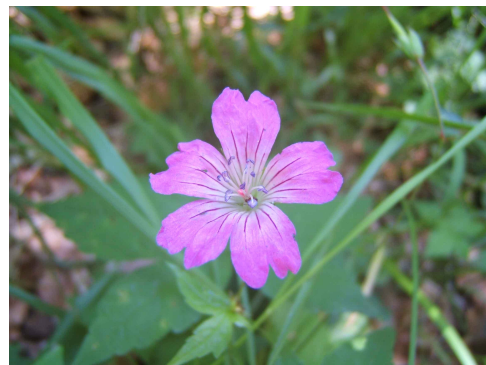
*POO ALPINAE- TRISETETALIA* Ellmauer *et* Muccina 1993

*POION ALPINAE* Oberdorfer 1950

Aggruppamento a *Deschampsia caespitosa*



**Fig. 5.16: rilievi B1, B2 e B3, sulla catena del Roccabiasca. Foto Leoni.**



**In senso orario. Fig 5.17: Sito B3. Foto Bonani.**

**Fig. 5.18: *Geranium nodosum*. Foto Dallatana.**

**Fig. 5.19: *Daphne mezereum*. Foto Dallatana.**





**Fig. 5.20 (a sinistra): Sito V2. Foto Leoni.**



**Fig. 5.21 (a destra): Sito N8. Foto Leoni.**



**Fig. 5.22 (a sinistra): Sito D1. Foto Leoni.**



**Fig. 5.23 (a destra): Sito R11. Foto Leoni.**

## 5.2 Volume di legname

La quantità di legname e il numero di fusti (tabella 5.10) presenti nelle aree di faggeta esaminate sono stati confrontati utilizzando i raggruppamenti evidenziati dalle analisi fitosociologiche. Il peso secco al m<sup>3</sup> non è stato sottoposto ad analisi statistica in quanto ottenuto dalla moltiplicazione del volume per una costante.

Rilievo	Gruppo fitosociologico	Tipo di gestione	N° specie	Vol. legno (dm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	N° fusti (ind./m <sup>2</sup> )	Peso (Kg/m <sup>2</sup> )
F1	Gr1	Alto fusto	23	53.3	0.11	39.4
F2		Alto fusto	24	43.9	0.06	32.5
F11		Alto fusto	34	66.6	0.30	49.3
F3	Gr2	Alto fusto	28	29.4	0.12	21.8
F5		Alto fusto	27	40.6	0.14	30.1
F6		Alto fusto	24	45.8	0.13	33.9
F7		Alto fusto	21	16.1	0.07	11.9
F8	Gr3	Alto fusto	16	53.9	0.10	39.9
F9		Alto fusto	20	50.9	0.09	37.7
F14		Ceduo	19	9.8	0.99	7.3
F12		Irregolare	24	54.6	0.19	40.4
F16		Ceduo	22	31.0	0.34	22.9
F4	Gr4	Ceduo	15	39.4	0.47	29.2
F15		Ceduo	20	18.2	1.00	13.5
F13		Ceduo	13	41.0	0.41	30.3
F10		Ceduo	14	34.8	0.52	25.7

**Tabella 5.10: Tipo di gestione forestale, N° specie = numero di specie vegetali, Vol. legno = volume di legname per unità di superficie (dm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>), N°fusti= numero di fusti su unità di superficie (ind./m<sup>2</sup>), Peso = peso secco del legname su unità di superficie (Kg/m<sup>2</sup>)**

Il test di Kruskal-Wallis (K-W) non evidenzia la presenza di gruppi con differenze significative, sebbene una tendenza ( $p=0.057$ ) si possa evidenziare per la densità dei fusti. Il test di Jonckheere-Terpstra (J-T), con cui era stato osservato il progressivo decremento delle specie vegetali da Gr1 a Gr4, conferma un andamento opposto per la densità di fusti ( $p=0.008$ ). Nonostante i risultati dei test non possano confermare le differenze tra i gruppi, probabilmente a causa del ridotto numero di campioni, il grafico che rappresenta i volumi di legname (fig. 5.24) mostra un andamento simile a quanto in precedenza osservato per le specie vegetali. Si può quindi ipotizzare che nelle aree gestite ad altofusto sia presente una maggiore densità di legname, mentre la presenza di più polloni su una stessa ceppaia determini un maggiore numero di fusti (fig. 5.25) nelle aree gestite a ceduo.

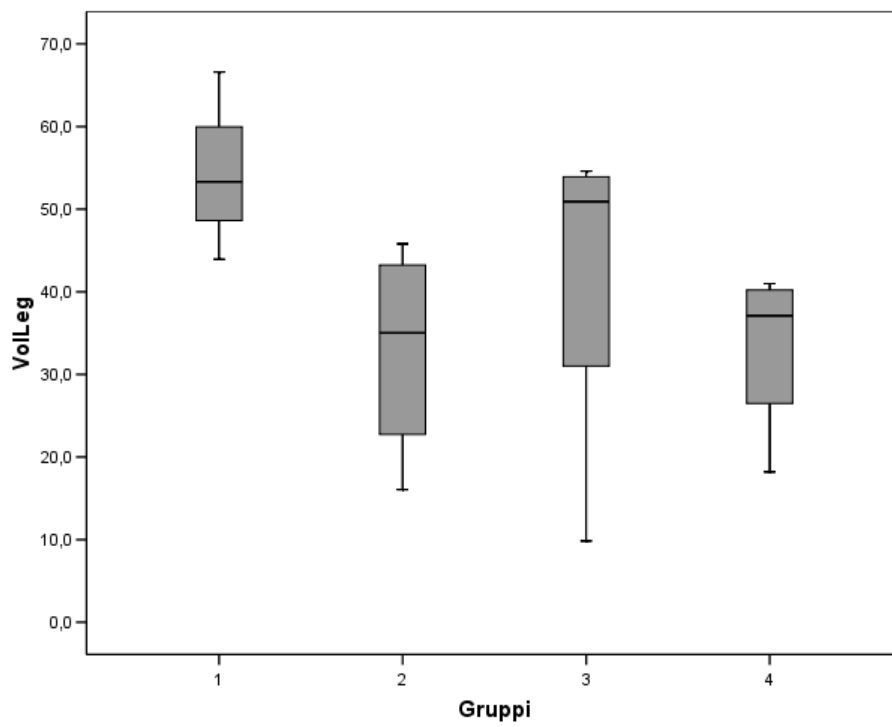


Fig. 5.24: Volume di legname per unità di superficie ( $\text{dm}^3/\text{m}^2$ ) nei diversi gruppi di fagete.

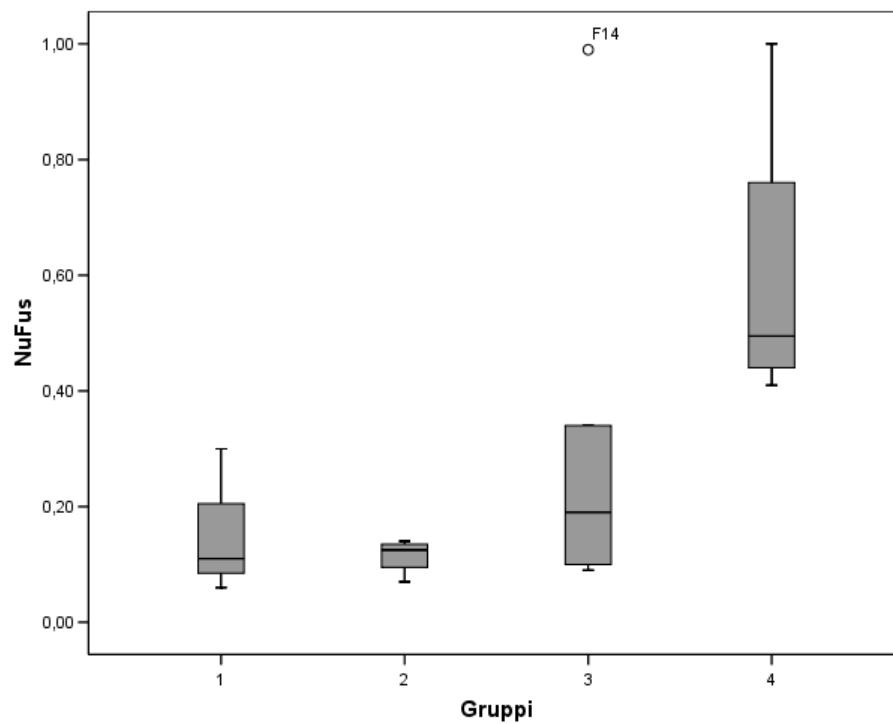


Fig. 5.25: Numero di fusti su unità di superficie ( $\text{ind./m}^2$ ) nei diversi gruppi di fagete.

### 5.3 Caratteristiche dei suoli

Dai profili eseguiti nelle stazioni di campionamento della vegetazione e dei popolamenti edafici (allegato 1) si evidenzia la presenza di suoli superficiali o moderatamente profondi, con tessitura da sabbioso-franco (SF) a franco-argilloso-sabbioso (FAS) negli orizzonti sottosuperficiali. Queste tipologie di suoli hanno buona disponibilità in ossigeno e reazione da moderatamente acida a estremamente acida. Negli orizzonti superficiali la petrosità è moderatamente abbondante, mentre in profondità divengono molto ciottolosi o ciottolosi.

Rilievo	Tipo di suolo		Tipo di humus
	Soil Taxonomy USDA	World Reference Base for Soil Resources	
F1	Lithic Hamplumbrepts	Umbric Leptosols	Hemimoder
F2	Lithic Haploborolls	Mollic Leptosols	Amphimull
F3	Lithic Haploborolls	Mollic Leptosols	Eumoder
F4	Lithic Hamplumbrepts	Umbric Leptosols	Amphimull
F5	Typic Dystrochrepts	Typic Dystric Cambisols	Hemimoder
F6	Lithic Haploborolls	Mollic Leptosols	Hemimoder
F7	Lithic Haploborolls	Mollic Leptosols	Hemimoder
F8	Typic Haplorthods	Haplic Podzols	Hemimoder
F9	Typic Haplorthods	Haplic Podzols	Dysmoder
F10	Lithic Haploborolls	Mollic Leptosols	Dysmoder
F11	Lithic Haploborolls	Mollic Leptosols	Dysmull
F12	Lithic Haploborolls	Mollic Leptosols	Dysmoder
F13	Lithic Hamplumbrepts	Umbric Leptosols	Amphimull
F14	Typic Haplorthods	Haplic Podzols	Amphimull
F15	Lithic Haploborolls	Mollic Leptosols	Hemimoder
F16	Lithic Haploborolls	Mollic Leptosols	Hemimoder
V2	Typic Dystrochrepts	Typic Dystric Cambisols	Amphimull
V4	Lithic Haploborolls	Mollic Leptosols	Hemimoder
V5	Lithic Haploborolls	Mollic Leptosols	Hemimoder
V6	Lithic Haploborolls	Mollic Leptosols	Hemimoder
V7	Lithic Haploborolls	Mollic Leptosols	Hemimoder
V9	Lithic Haploborolls	Mollic Leptosols	Hemimoder
V10	Lithic Haploborolls	Mollic Leptosols	Hemimoder
E1	Lithic Haploborolls	Mollic Leptosols	Dysmull
E2	Lithic Haploborolls	Mollic Leptosols	Dysmull
E3	Lithic Haploborolls	Mollic Leptosols	Dysmull
E4	Lithic Haploborolls	Mollic Leptosols	Dysmull
D1	Aquic Haplorthods	Aquic Podzols	Hydromull
D3	Aquic Haploborolls	Aquic Leptosols	Hydromull
N8	Lithic Hamplumbrepts	Umbric Leptosols	Hemimoder
R11	Aquic Haploborolls	Aquic Leptosols	Hydromull

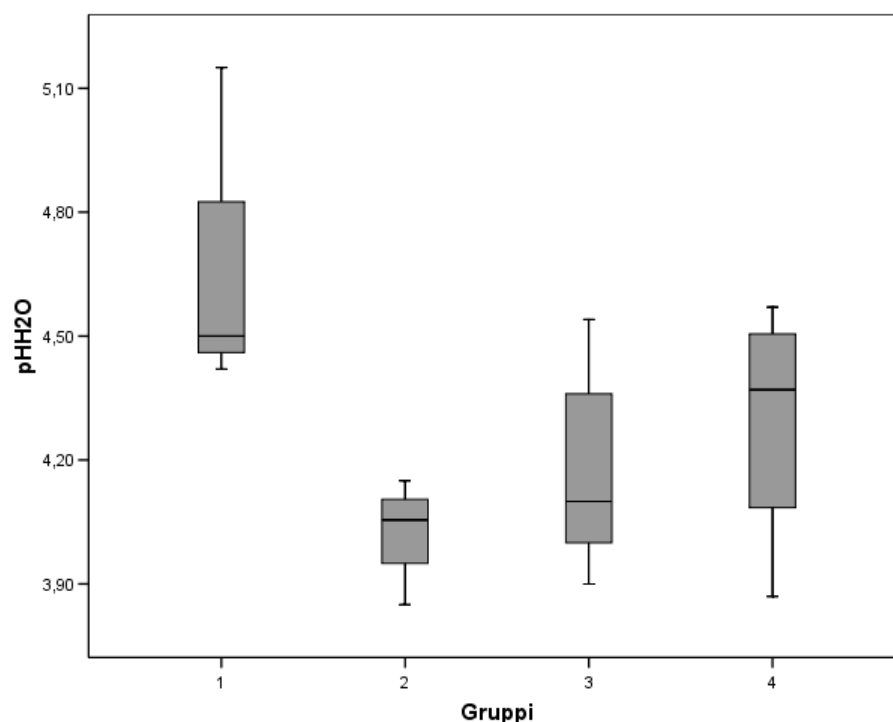
Tabella 5.11: Classificazione dei suoli *Soil taxonomy* USDA e *World Reference Base for Soil Resources*, e tipologie di humus classificazione francese AFES-INRA.

### 5.3.1 Suoli dei rilievi di faggeta

Il suoli delle stazioni di faggeta sono costituiti in 9 casi su 16 dai soli due orizzonti A1 e A2 (oppure E); orizzonti eluviali. I suoli di tali rilievi possono quindi essere classificati tra i Mollic Leptosols, la tipologia dominante anche nei suoli delle stazioni esaminate nella fascia soprasilvatica. Nei restanti rilievi di faggeta si osserva la presenza di orizzonti B (illuviali), classificati come Bw, Bh o Bt in base allo sviluppo di colore e struttura, alla presenza di accumulo di sostanza organica o silicati argillosi. Le stazioni con orizzonti di tipo Bh e Bt presentano i profili più evoluti, classificati come Haplic Podzol (tabella 5.11). La presenza di un orizzonte Bw di spessore superiore o inferiore ai 25 cm, ha determinato la classificazione rispettivamente nelle categorie Typic Dystric Cambisols o Umbric Leptosols. Per i confronti tra le caratteristiche chimiche dei suoli delle stazioni esaminate si è scelto di utilizzare l'orizzonte A1 (a cui si riferiscono i dati riportati in seguito), in quanto i microartropodi abitano principalmente gli orizzonti superficiali del suolo. I suoli delle faggete esaminate hanno reazione acida con valori di pH (in acqua) compresi tra 3,85 (F7) e 5,15 (F11). I contenuti in sostanza organica (SO) e azoto totale (N) presentano variazioni, anche consistenti, tra le diverse stazioni. La SO è compresa tra il 7,16% (F2) ed il 37,45% (F9), mentre i valori di N variano tra 0,24% (F6) e 1,28% (F9). Il valore del rapporto C/N varia tra il valore di 9,93 e 30,89. Rispetto alle aree soprasilvatiche i dati mostrano come i valori di pH nella faggeta siano tendenzialmente simili a quanto rilevato nei vaccinieti e nella stazione di nardeto, mentre i brachipodieti e le vegetazioni igro-nitrofile hanno suoli con reazioni meno acide (tabella 5.12).

Rilievo	Orizzonte	Rez. HCl	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	% S. O.	% N	% C	C/N
F1	A1	n	4.42	3.27	12.45	0.4	7.24	18.09
	A2	n	4.70	3.39	7.88		4.58	
	Bw	n	4.73	3.30	5.13		2.98	
F2	A1	n	4.50	3.46	7.16	0.34	4.17	12.25
	A2	n	4.82	3.46	4.32		2.51	
F3	A1	n	4.05	3.29	17.40	0.71	10.11	14.25
	E	n	4.36	3.02	7.97		4.64	
F4	A1	n	4.57	3.28	17.25	0.86	10.03	11.66
	A2	n	3.83	3.40	8.35		4.86	
	Bw	n	4.66	3.31	7.07		4.11	
F5	A1	n	4.06	3.61	15.73	0.62	9.14	14.75
	A2	n	4.46	3.69	8.93		5.19	
	Bw	n	5.19	3.70	4.69		2.73	
F6	A1	n	4.15	3.26	8.98	0.24	5.22	21.75
	A2	n	4.19	3.75	3.56		2.07	
F7	A1	n	3.85	3.44	9.48	0.36	5.51	15.31
	A2	n	4.12	3.67	6.40		3.72	
F8	A1	n	3.90	3.28	19.37	0.56	11.26	20.11
	A2	n	4.16	3.44	8.48		4.93	
	Bt	n	3.99	3.52	6.82		3.96	
F9	A1	n	4.00	3.11	37.45	1.28	21.78	17.01
	A2	n	4.03	2.98	10.28		5.98	
	Bt	n	4.59	3.39	5.15		2.99	
F10	A1	n	3.87	2.84	11.22	0.51	6.52	12.79
	A2	n	4.25	3.18	8.44		4.91	
F11	A1	n	5.15	4.11	7.51	0.38	4.37	11.49
	A2	n	5.29	4.02	4.11		2.39	
F12	A1	n	4.10	2.96	28.75	0.84	16.72	19.90
	A2	n	4.28	3.26	8.89		5.17	
F13	A1	n	4.44	3.31	14.86	0.87	8.64	9.93
	A2	n	4.45	3.40	11.25		6.54	
	Bw	n	4.61	3.46	6.88		4.00	
F14	A1	n	4.36	3.17	19.92	0.99	11.58	11.70
	E	n	4.15	3.18	29.76		17.30	
	Bh	n	4.13	3.23	53.50		31.11	
F15	A1	n	4.30	3.39	29.75	0.56	17.30	30.89
	A2	n	4.09	3.52	11.39		6.62	
F16	A1	n	4.54	3.28	13.94	0.62	8.11	13.07
	A2	n	4.79	3.61	5.18		3.01	
V2	A1	n	4.36	3.22	19.68	0.88	11.44	13.00
	Bw	n	5.40	4.01	8.21		4.78	
	E	n	4.76	3.67	9.29		5.40	
V4	A1	n	4.16	3.35	25.37	0.85	14.75	17.36
	A2	n	4.54	3.75	8.78		5.10	
V5	A1	n	4.29	3.25	26.68	0.67	15.51	23.15
	A2	n	4.89	3.74	9.74		5.66	
V6	A1	n	4.24	3.20	28.18	1.07	16.38	15.31
	A2	n	4.93	3.77	10.83		6.30	
V7	A1	n	4.17	3.54	16.91	0.4	9.83	24.58
	A2	n	4.87	4.21	6.57		3.82	
V9	A1	n	4.17	3.27	22.44	0.86	13.05	15.17
	A2	n	4.48	3.61	9.55		5.55	
V10	A1	n	4.55	3.48	15.94	0.8	9.27	11.59
	A2	n	4.77	3.67	9.19		5.34	
B1	A1	n	5.63	4.50	15.12	0.54	8.79	16.27
	A2	n	5.62	4.52	9.89		5.75	
B2	A1	n	5.57	4.37	15.64	0.54	9.09	16.83
B3	A1	n	5.12	4.08	16.88	0.67	9.81	14.65
	A2	n	5.25	4.07	12.79		7.44	
B4	A1	n	4.99	3.98	15.11	0.55	8.78	15.97
	A2	n	5.08	3.98	14.38		8.36	
D1	A1	n	4.51	3.59	16.24	0.98	9.44	9.63
	A2	n	4.86	3.88	10.19		5.93	
D3	A1	n	5.27	4.10	7.68	0.35	4.46	12.75
	Ac	n	5.62	4.09	3.63		2.11	
N8	A1	n	3.89	3.15	21.76	1.12	12.65	11.30
	A2	n	4.39	3.51	9.87		5.74	
	Bw	n	4.89	3.69	7.54		4.38	
R11	A1	n	4.71	3.93	13.78	0.95	8.01	8.43

**Tabella 5.12: Risultati delle analisi chimiche svolte sui suoli. Rez. HCl = Reazione ad HCl, n = nulla. pH H<sub>2</sub>O = valore di pH in acqua. pH KCl = valore di pH in KCl. % SO = contenuto in sostanza organica. %N = contenuto di azoto totale. %C = contenuto in carbonio. C/N = rapporto carbonio azoto.**



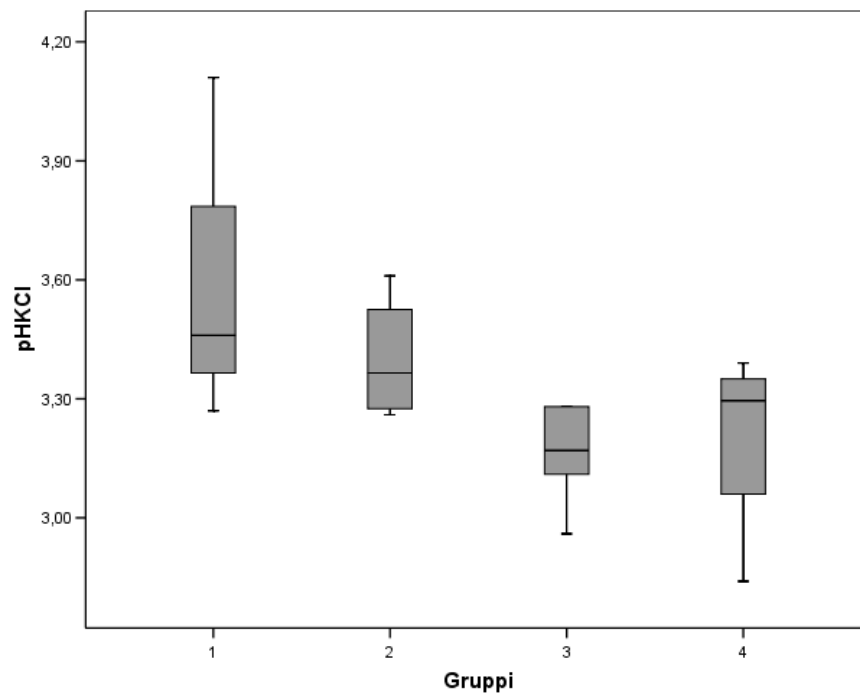
**Fig. 5.26: Valori di pH in acqua nei gruppi di faggeta (orizzonte A1).**

Le abbondanti variazioni osservate per gli altri parametri chimici (SO, N, C/N) non permettono di dedurre una chiara tendenza tra i valori osservati nelle stazioni di faggeta e nelle aree della fascia soprasilvatica.

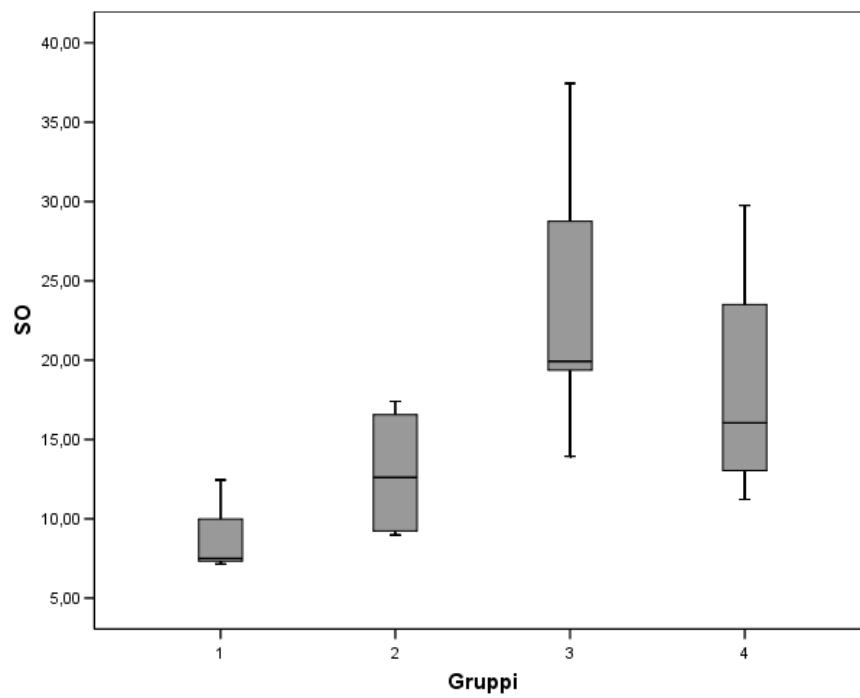
Le caratteristiche degli orizzonti A1 nelle stazioni di faggeta sono state analizzate confrontando i quattro gruppi precedentemente evidenziati dalla analisi fitosociologica. I valori di pH in acqua risultano più elevati in Gr1 (fig. 5.26) rispetto agli altri gruppi, mentre i valori di pH in KCl (fig. 5.27) sottolineano una progressiva riduzione di tale valore dai rilievi del gruppo Gr1 a quelli del Gr4. I valori di SO e N (fig. 5.28 e 5.29) evidenziano la tendenza ad un progressivo aumento dai rilievi di fustaia (Gr1 e Gr2) verso le stazioni a ceduo (Gr4). Le ampie variazioni, in modo particolare dei rilievi di Gr4, non permettono di evidenziare andamenti nel rapporto C/N (fig. 5.30). Nonostante i test Kruskal-Wallis (K-W) e Jonckheere-Terpstra (J-T) permettano solo per la SO di confermare differenze significative e la presenza di un progressivo aumento tra Gr1 e Gr4 (rispettivamente  $p=0.044$  e  $p=0.028$ ), l'osservazione dell'andamento generale dei parametri chimici del suolo suggerisce una maggiore fertilità delle aree gestite a fustaia rispetto ai cedui. Il minore contenuto in SO ed N associati a valori di pH più elevati, in particolare per i rilievi di Gr1, fanno ipotizzare una più rapida utilizzazione dei nutrienti

e una maggiore eutrofia delle stazioni. Tale ipotesi è sostenuta anche dalla presenza nei rilievi F2 e F11 di humus di tipo Mull; Anphimull e Dysmull. Negli altri rilievi di faggeta dominano gli humus Moder con le tipologie: Hemimoder, Dysmder ed Eumoder.

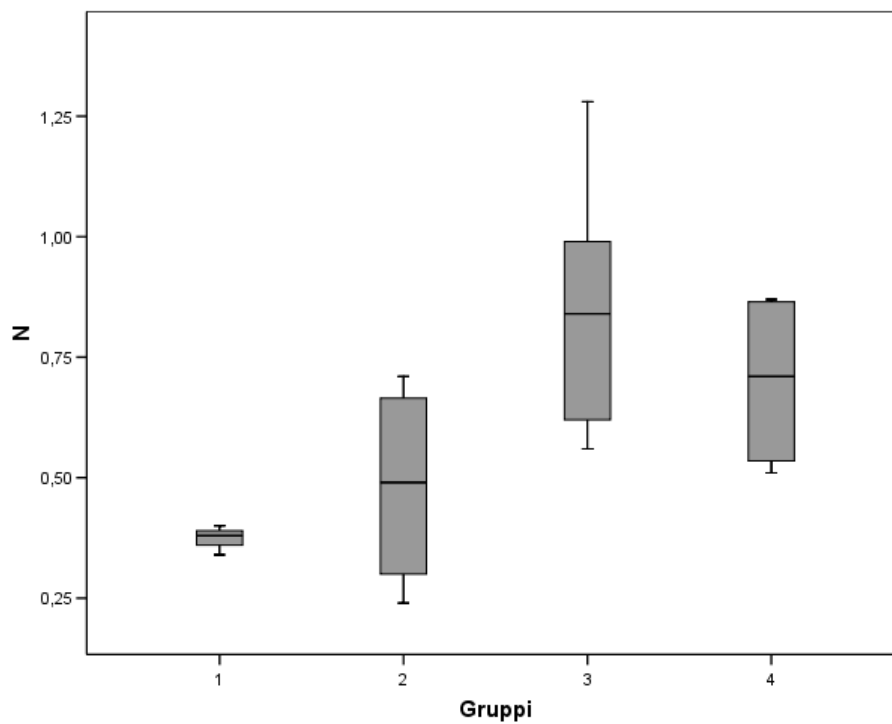
Come per la composizione in specie vegetali anche per i parametri pedologici non si evidenziano relazioni con i parametri stazionali, come confermato dal test di Spearman che non evidenzia correlazioni significative tra i valori ottenuti con le analisi chimiche ed i valori di altitudine ed inclinazione del versante.



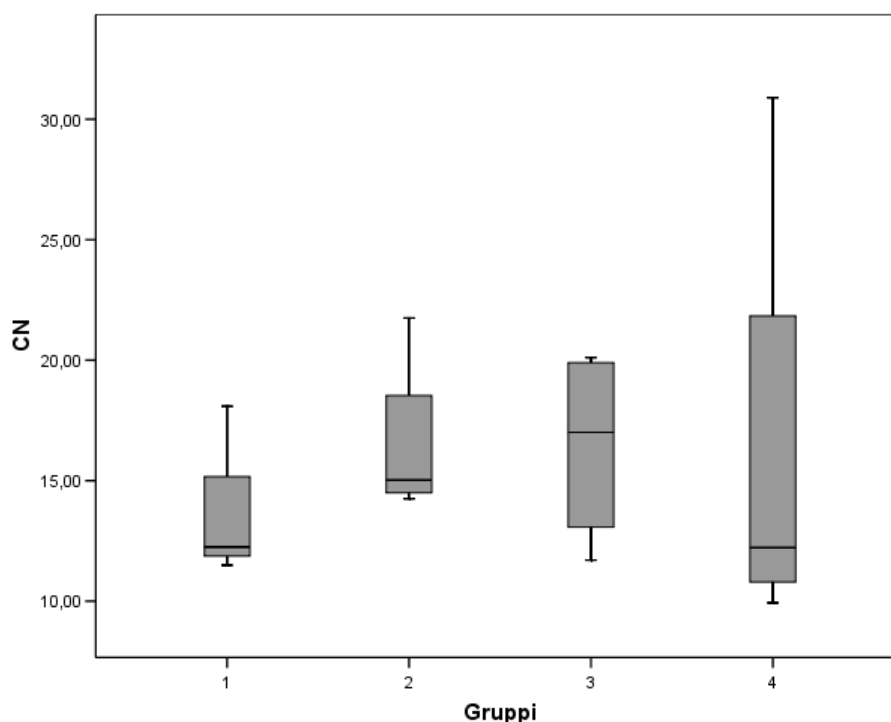
**Fig. 5.27: Valori di pH in KCl nei gruppi di faggeta (orizzonte A1).**



**Fig. 5.28:** Contenuto in sostanza organica (SO) nei gruppi di faggeta (orizzonte A1).

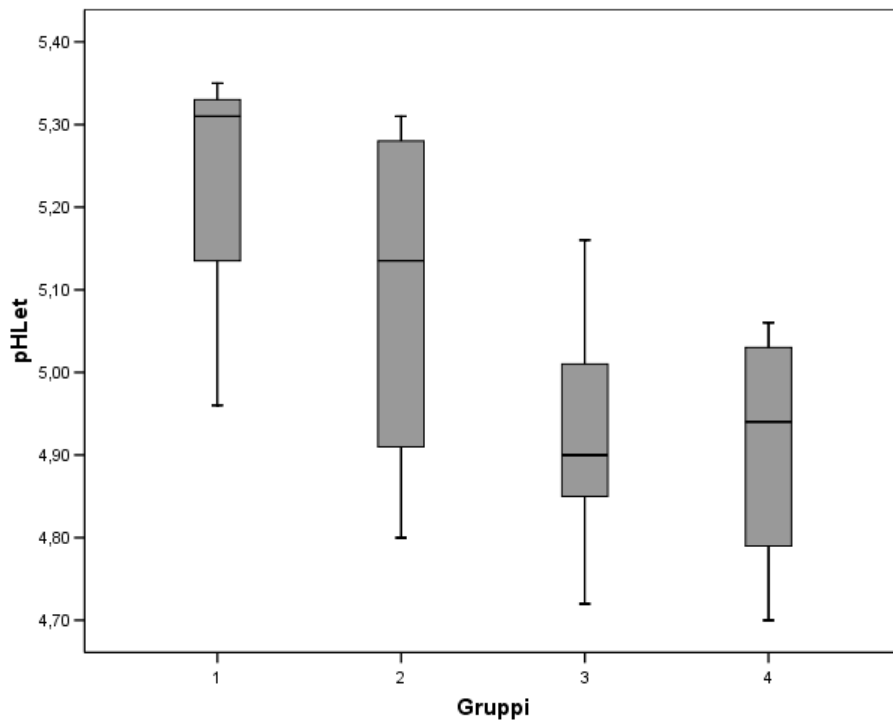


**Fig. 5.29:** Contenuto in azoto totale (N) nei gruppi di faggeta (orizzonte A1).

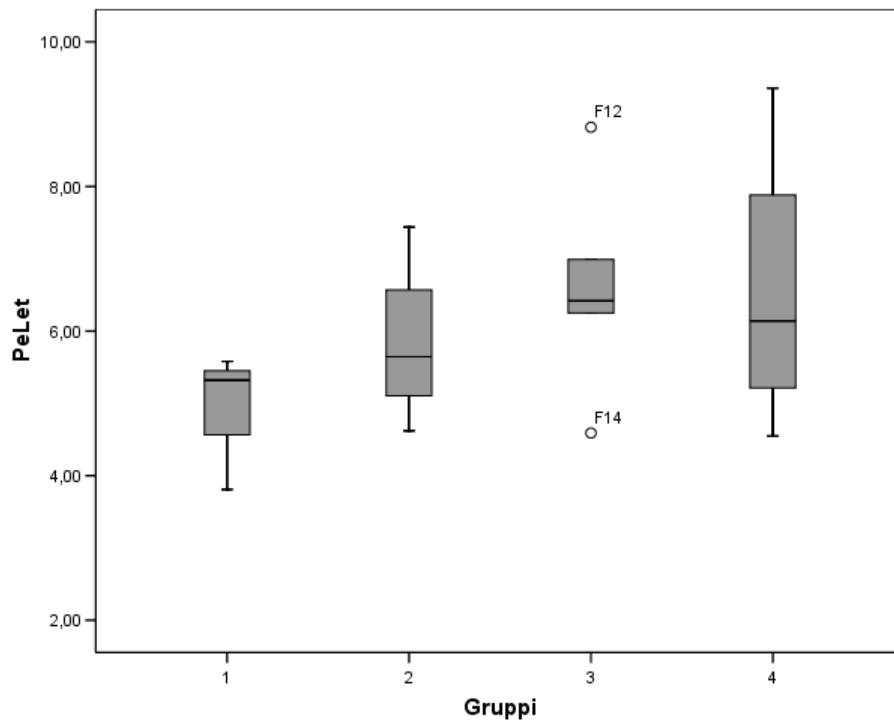


**Fig. 5.30: Valore del rapporto carbonio/azoto (CN) nei gruppi di faggeta (orizzonte A1).**

Data l'importanza dell'orizzonte di lettiera per la fauna edafica sono stati esaminati sia il peso per unità di superficie sia il pH in acqua di tale orizzonte. Nei gruppi di faggete evidenziati dalla analisi fitosociologica la quantità di lettiera presente al suolo (tabella 5.13 e fig. 5.32) non evidenzia chiare differenze, mentre il valore di pH in acqua (fig. 5.31) suggerisce una tendenza alla riduzione dal gruppo Gr1 al Gr4 in accordo a quanto visto per i suoli. Nel sito F11 si osserva la minore quantità di lettiera ( $3,81 \text{ Kg/m}^2$ ), tale ridotto valore è probabilmente imputabile alla asportazione di parte del detrito per ruscellamento durante le piogge. Le maggiori quantità di lettiera sono invece state osservate nei siti F10 ed F12, rispettivamente  $9,36 \text{ Kg/m}^2$  ed  $8,82 \text{ Kg/m}^2$ .



**Fig. 5.31: Valori di pH in acqua delle lettiera (pHLet) nei gruppi di faggeta.**



**Fig. 5.32: Peso secco delle lettiera in Kg/m<sup>2</sup> (PeLet) nei gruppi di faggeta.**

Rilievo	PeLet (Kg/m <sup>2</sup> )	pH
F1	5.32	4.96
F2	5.58	5.31
F3	7.44	4.80
F4	4.55	5.06
F5	5.59	5.25
F6	5.70	5.02
F7	4.62	5.31
F8	6.25	5.16
F9	6.42	5.01
F10	9.36	4.88
F11	3.81	5.35
F12	8.82	4.90
F13	6.40	4.70
F14	4.59	4.72
F15	5.88	5.00
F16	6.99	4.85

**Tabella 5.13: Peso secco in Kg/m<sup>2</sup> (PeLet) e valori di pH in acqua delle lettiera nei gruppi di faggeta.**

### 5.3.2 Suoli della fascia soprasilvatica

Diverse tendenze nell'andamento delle caratteristiche pedologiche possono essere evidenziate anche nelle vegetazioni della fascia soprasilvatica. Come nel paragrafo precedente i valori usati per il confronto si riferiscono all'orizzonte A1 (fig da 5.33 a 5.37 e tabella 5.14).

Nelle stazioni di *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis* i profili pedologici sono costituiti dai soli orizzonti A (A1 ed A2), indicando per tali suoli la tipologia Mollic Leptosols. In tali rilievi si osservano valori di pH in acqua ed in KCl (medie rispettivamente 5,33 e 4,23) tendenzialmente superiori a quanto rilevato nelle faggete, nei vaccinieti e nel nardeto. I contenuti in SO e N (medie rispettivamente 15,69% e 0,58%) sono invece tendenzialmente inferiori a quanto osservato nei vaccinieti e nel nardeto. Le aree di prateria a brachipodio presentano humus di tipo Dymull.

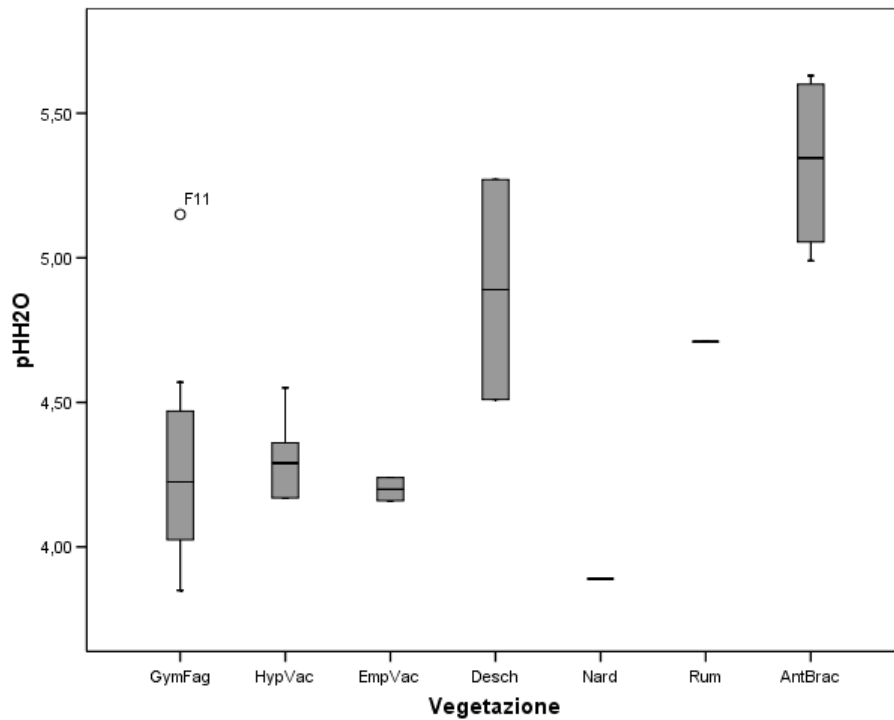
Nelle stazioni di entrambe le associazioni di vaccinieto rilevate si osserva la presenza di profili del suolo costituiti dai soli orizzonti A (A1 ed A2). Tali suoli appartengono ai Mollic Leptosols come quelli delle praterie a brachipodio. Solo nel sito V2 è stato descritto un orizzonte di tipo Bw di spessore superiore a 25 cm, da cui la classificazione come Typic Dystric Cambisols. Nonostante il ridotto numero di campioni si sottolinea come i rilievi di *Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis* (HypVac) mostrino valori di SO e N generalmente inferiori a *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis* (EmpVac); valori medi

rispettivamente di 20,33% e 0,72% per HypVac, e 26,78% e 0,96% per EmpVac. Mentre i valori di pH in acqua e pH in KCl ed il rapporto C/N sono simile nelle due associazioni; medie rispettivamente di 4,31, 3,35 e 17,50 per HypVac e di 4,20, 3,28 e 16,34. I valori di pH nei rilievi di entrambe le associazioni di vaccinieto risultano simili a quanto osservato nelle faggete e tendenzialmente inferiori a quanto rilevato per brachipodieti, deschampsieti e romiceto. La SO nei rilievi di vaccinieto è generalmente superiore a quanto osservato nelle praterie a brachipodio e nelle vegetazioni igro-nitrofile (romiceto e deschampsieti). In tutti i rilievi di vaccinieto si osserva humus di tipo Hemimoder ad eccezione del sito V2 in cui è presente un Amphimull. Entrambe tali tipologie di humus indicano una attività biologica ridotta rispetto al Dymull osservato nelle praterie a brachipodio.

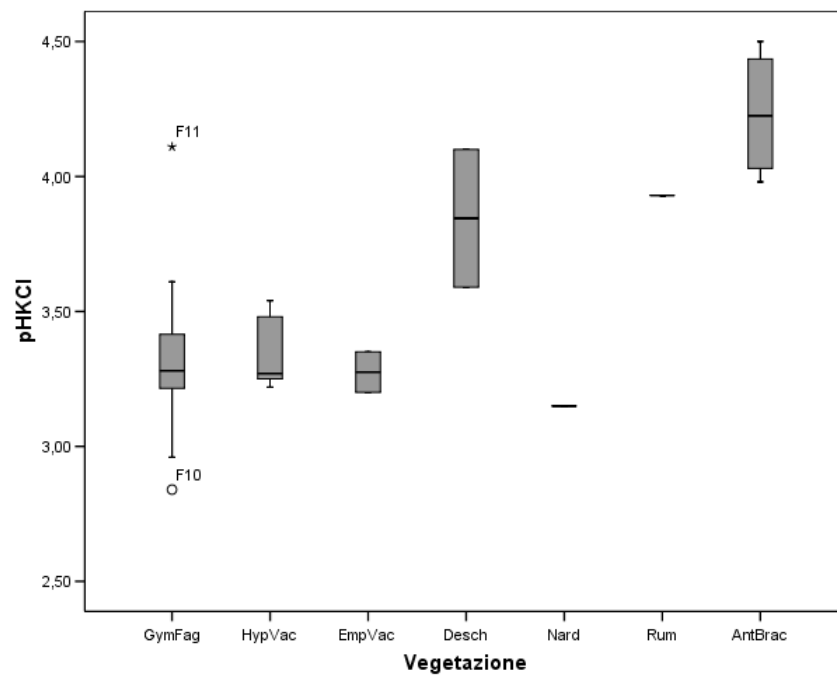
Nel rilievo di *Geo-Nardetum strictae* il profilo del suolo mostra la presenza di uno strato Bw inferiore a 25 cm di spessore, che classifica questo suolo nella categoria Umbric Leptosols. Nella stazione di nardeto si osserva il valore di pH (in acqua) più basso riscontrato nei rilievi di vegetazione soprasilvatica (3,89). Si evidenzia inoltre un elevato valore di N (1,12%), ed un ridotto valore del rapporto C/N (11,30); affine a quanto osservato nelle vegetazioni igro-nitrofile. L'humus è di tipo Hemimoder, il medesimo dei rilievi di vaccinieto.

La presenza di orizzonti saturi in acqua influenza le tipologie di suolo presenti nelle aree di vegetazione igro-nitrofila, che mostrano la presenza di Aquic Leptosols nei rilievi D3 ed R11, mentre l'orizzonte Bw osservato in D1 concorda con la tipologia Aquic Podzol. Nei rilievi di deschampsieto si osserva una netta differenza nei valori di SO e N, i quali dimezzano nel sito D3 (7,68% e 0,35%) rispetto a D1 (16,24% e 0,98%). I valori di pH (in acqua e in KCl) mostrano invece un aumento nel sito D3 (5,27 e 4,10) rispetto a D1 (4,59 e 3,51). Nel romiceto si osserva un elevato valore di N (0,95%) e il più basso valore del rapporto C/N (8,43) rilevato nelle stazioni esaminate. Sia nei rilievi dell'aggruppamento a *Deschampsia caespitosa* sia in quello a *Rumex alpinus* i valori di pH (in acqua ed in KCl) risultano tendenzialmente superiori a quanto osservato nelle faggete e nei vaccinieti. In questo tipo di vegetazione si osserva un valore del rapporto C/N tendenzialmente inferiore a quanto rilevato nelle faggete, nei vaccinieti e nelle prateria a brachipodio. In tutte e tre le stazioni è presente humus idromorfo di tipo Hydromull.

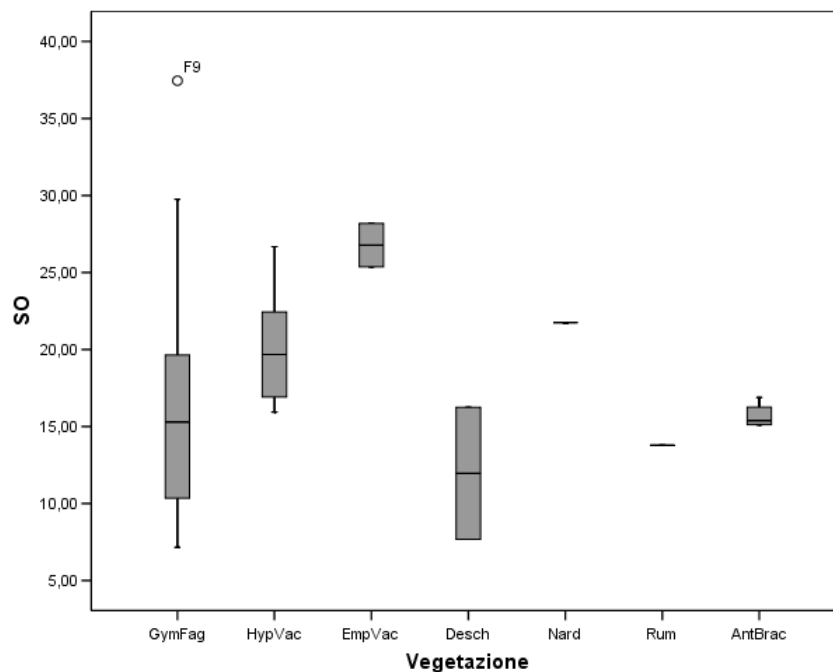
Nella fascia soprasilvatica in test di Spearman mostra come SO ed N siano negativamente correlati con i valori di pH (rispettivamente  $p=0.001$  e  $p=0.031$ ). Si osserva inoltre come i valori di pH in acqua siano correlati alla altitudine del sito, diminuendo all'aumentare di questa ( $p=0.004$ ).



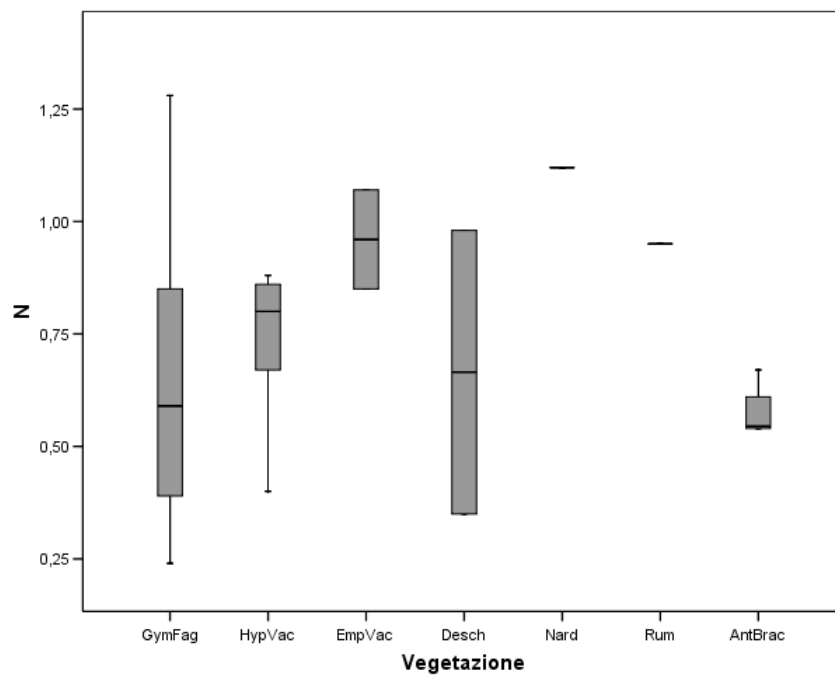
**Fig. 5.33:** Valori di pH in acqua nelle diverse associazioni vegetali (orizzonte A1). GymFag= *Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*, AntBrac= *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*, HypVac= *Hyperico Vaccinietum gaultherioidis*, EmpVac= *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*, Desch= agg. a *Deschampsia caespitosa*, Nar= *Geo-Nardetum strictae*, Rum= agg. a *Rumex alpinus*.



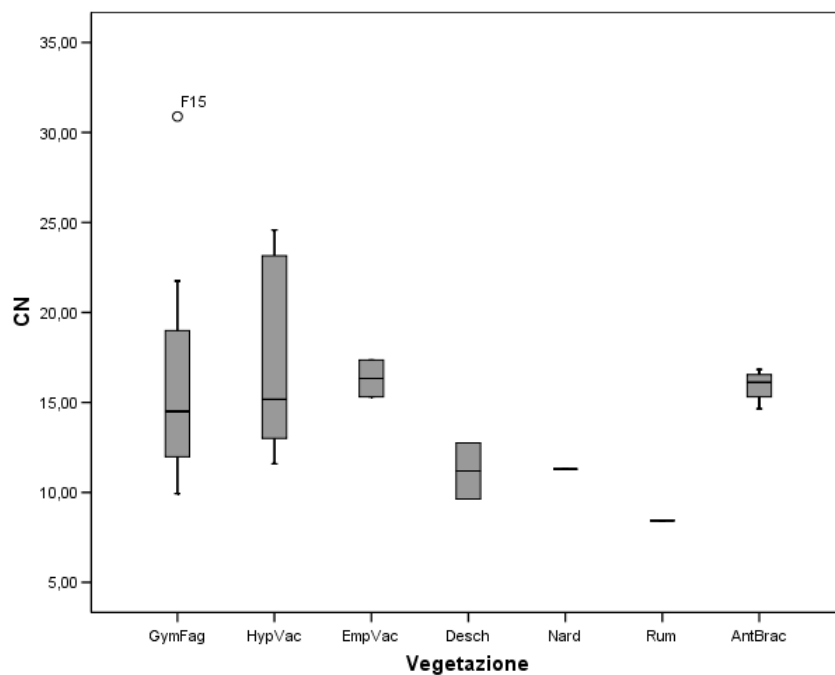
**Fig. 5.34:** Valori di pH in KCl nelle diverse associazioni vegetali (orizzonte A1). GymFag= *Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*, AntBrac= *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*, HypVac= *Hyperico Vaccinietum gaultherioidis*, EmpVac= *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*, Desch= agg. a *Deschampsia caespitosa*, Nar= *Geo-Nardetum strictae*, Rum= agg. a *Rumex alpinus*.



**Fig. 5.35:** Contenuto di sostanza organica (SO) nelle diverse associazioni vegetali (orizzonte A1). GymFag= *Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*, AntBrac= *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*, HypVac= *Hyperico Vaccinietum gaultherioidis*, EmpVac= *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*, Desch= agg. a *Deschampsia caespitosa*, Nar= *Geo-Nardetum strictae*, Rum= agg. a *Rumex alpinus*.



**Fig. 5.36:** Contenuto di azoto totale (N) nelle diverse associazioni vegetali (orizzonte A1). GymFag= *Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*, AntBrac= *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*, HypVac= *Hyperico Vaccinietum gaultherioidis*, EmpVac= *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*, Desch= agg. a *Deschampsia caespitosa*, Nar= *Geo-Nardetum strictae*, Rum= agg. a *Rumex alpinus*.



**Fig. 5.37:** Valori del rapporto carbonio/azoto (C/N) nelle diverse associazioni vegetali (orizzonte A1). GymFag= *Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*, AntBrac= *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*, HypVac= *Hyperico Vaccinietum gaultherioidis*, EmpVac= *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*, Desch= agg. a *Deschampsia caespitosa*, Nar= *Geo-Nardetum strictae*, Rum= agg. a *Rumex alpinus*.

	Associazione vegetale	Media	E. S. della media	Mediana	Min	Max
pH H <sub>2</sub> O	GymFag	4.27	0.08	4.23	3.85	5.15
	HypVac	4.31	0.07	4.29	4.17	4.55
	EmpVac	4.20	0.04	4.20	4.16	4.24
	Desch	4.89	0.38	4.89	4.51	5.27
	Nard	3.89	.	3.89	3.89	3.89
	Rum	4.71	.	4.71	4.71	4.71
	AntBrac	5.33	0.16	5.35	4.99	5.63
pH KCl	GymFag	3.32	0.07	3.28	2.84	4.11
	HypVac	3.35	0.07	3.27	3.22	3.54
	EmpVac	3.28	0.08	3.28	3.20	3.35
	Desch	3.85	0.26	3.85	3.59	4.10
	Nard	3.15	.	3.15	3.15	3.15
	Rum	3.93	.	3.93	3.93	3.93
	AntBrac	4.23	0.12	4.23	3.98	4.50
SO	GymFag	16.95	2.15	15.30	7.16	37.45
	HypVac	20.33	1.95	19.68	15.94	26.68
	EmpVac	26.78	1.41	26.78	25.37	28.18
	Desch	11.96	4.28	11.96	7.68	16.24
	Nard	21.76	.	21.76	21.76	21.76
	Rum	13.78	.	13.78	13.78	13.78
	AntBrac	15.69	0.42	15.38	15.11	16.88
N	GymFag	0.63	0.07	0.59	0.24	1.28
	HypVac	0.72	0.09	0.80	0.40	0.88
	EmpVac	0.96	0.11	0.96	0.85	1.07
	Desch	0.67	0.32	0.67	0.35	0.98
	Nard	1.12	.	1.12	1.12	1.12
	Rum	0.95	.	0.95	0.95	0.95
	AntBrac	0.58	0.03	0.55	0.54	0.67
C/N	GymFag	15.93	1.33	14.50	9.93	30.89
	HypVac	17.50	2.67	15.17	11.59	24.58
	EmpVac	16.34	1.03	16.34	15.31	17.36
	Desch	11.19	1.56	11.19	9.63	12.75
	Nard	11.30	.	11.30	11.30	11.30
	Rum	8.43	.	8.43	8.43	8.43
	AntBrac	15.93	0.46	16.12	14.65	16.83

**Tabella 5.14:** Valore medio (Media), errore standard della media (E.S. media), valore della mediana (Mediana), valore minimo (Min) e valore massimo (Max) delle caratteristiche chimiche osservate negli orizzonti A1 delle associazioni vegetali esaminate. Valore di pH in acqua (pH H<sub>2</sub>O) ed in KCl (pH KCl), contenuto percentuale di sostanza organica (SO) ed azoto totale (N), valore del rapporto carbonio azoto (C/N). GymFag= *Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*, AntBrac= *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*, HypVac= *Hyperico Vaccinietum gaultherioidis*, EmpVac= *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*, Desch= agg. a *Deschampsia caespitosa*, Nar= *Geo-Nardetum strictae*, Rum= agg. a *Rumex alpinus*.

## **5.4 Popolamenti edafici**

Durante lo studio dei popolamenti edafici sono stati analizzati 39150 esemplari di microartropodi, appartenenti a 19 taxa (vedi capitolo 4.4). Acari e collemboli sono i gruppi numericamente dominanti in tutti i rilievi eseguiti. Per la valutazione della collembolofauna sono stati analizzati 5571 esemplari ripartiti in 54 specie.

### 5.4.1 Faggete: suolo e lettiera

Come descritto in precedenza la presenza di uno spesso strato di lettiera nelle aree di faggeta e le indicazioni del protocollo per l'applicazione dell'indice QBS, che prevedono in queste situazioni l'analisi del solo suolo, hanno determinato la necessità di estrarre in modo separato gli organismi presenti nel suolo e quelli nella lettiera (detrito vegetale riconoscibile). Per confrontare le caratteristiche dei popolamenti edafici sottesi alle diverse tipologie di vegetazione, le densità degli organismi nel suolo e nella lettiera dei singoli rilievi di faggeta sono state sommate, in quanto gli organismi presenti nei due strati sono da considerarsi come un'unica comunità la cui composizione è conseguenza delle caratteristiche dell'area esaminata, tra cui la presenza della lettiera. Nonostante ciò per meglio definire le caratteristiche ecologiche dei diversi taxa e valutare quanto la presenza di uno strato di lettiera così abbondante influenzi la loro distribuzione, è stato eseguito un confronto tra le densità dei singoli taxa nel suolo e nella lettiera mediante test per campioni dipendenti di Wilcoxon. I test sono stati eseguiti sia per i gruppi di microartropodi sia per le singole specie di collemboli.

### 5.4.2 Distribuzione dei microartropodi nella lettiera e nel suolo

Tra i taxa di microartropodi l'unico rilevato esclusivamente nella lettiera e quello degli opilioni, ma la loro ridotta frequenza nei campioni e la bassa densità con cui sono stati osservati non permettono di confermare statisticamente una loro preferenza per tale strato. Il test di Wilcoxon mostra invece la maggiore densità di acari ( $p=0.001$ ) e collemboli ( $p<0.001$ ) nella lettiera rispetto allo strato di suolo esaminato. Per gli acari si osserva una abbondanza media di 21160 ind/m<sup>2</sup> nella lettiera e 8593 ind/m<sup>2</sup> nel suolo; i valori maggiori osservati nei due strati sono rispettivamente 56629 ind/m<sup>2</sup> e 26283 ind/m<sup>2</sup>, entrambi osservati nel rilievo F4. Nei collemboli la densità media nello strato di

lettiera è di 11878 ind/m<sup>2</sup> e di 3645 ind/m<sup>2</sup> nel suolo. La lettiera del rilievo F1 mostra la maggiore densità di collemboli con 34175 ind/m<sup>2</sup>, mentre nel suolo si osserva la più elevata numerosità nel rilievo F4, 7218 ind/m<sup>2</sup>. Allo stesso modo si osserva una abbondanza maggiore di araneidi (p=0.033) nello strato di lettiera con una densità media di 46 ind/m<sup>2</sup> contro i 21 ind/m<sup>2</sup> osservati nel suolo. Anche nel caso degli pseudoscorpioni la densità è significativamente (p=0.035) maggiore nella lettiera, con una media di 24 ind/m<sup>2</sup> contro i 4 ind/m<sup>2</sup> osservati nel suolo. I diplopodi sono l'unico taxon di miriapodi più abbondante nello strato di lettiera (p=0.011) con densità media di 36 ind/m<sup>2</sup> e 9 ind/m<sup>2</sup> nel suolo. La situazione opposta si osserva per sinfili (p<0.001) e pauropodi (p=0.012), i quali presentano densità maggiori nel suolo. La densità media dei sinfili nella lettiera e nel suolo è rispettivamente di 52 ind/m<sup>2</sup> e 1141 ind/m<sup>2</sup>, mentre gli stessi valori per i pauropodi sono di 147 ind/m<sup>2</sup> e 393 ind/m<sup>2</sup>. Allo stesso modo si osserva una maggiore abbondanza nel suolo di proturi (p=0.002) e dipluri (p=0.002). Nel primo caso si osserva una densità media di 54 ind/m<sup>2</sup> nella lettiera e 255 ind/m<sup>2</sup> nel suolo, mentre per i dipluri si osservano densità medie rispettivamente di 4 ind/m<sup>2</sup> e 102 ind/m<sup>2</sup>. Nonostante non siano state riscontrate differenze nella distribuzione verticale dei coleotteri allo stadio adulto, le larve di questo taxon mostrano una maggiore abbondanza nello strato di suolo campionato (p=0.002) con una densità media di 328 ind/m<sup>2</sup> e di 72 ind/m<sup>2</sup> nella lettiera (tabella 5.15).

	Lettiera				Suolo			
	Media	Er. Std.	Min	Max	Media	Er. Std.	Min	Max
Acari	21160	3588	4300	56629	8593	1596	2781	26283
Araneidi	46	11	0	127	21	6	0	65
Opilioni	4	3	0	33	0	0	0	0
Pseudoscorpioni	24	8	0	96	4	2	0	21
Diplopodi	36	13	0	191	9	5	0	64
Chilopodi	50	12	0	139	49	7	0	106
Sinfili	52	24	0	382	1141	258	191	3588
Pauropodi	147	75	0	1147	393	118	0	1444
Collemboli	11878	2012	4204	34175	3645	492	361	7218
Proturi	54	31	0	446	255	87	0	1444
Dipluri	4	4	0	65	102	27	0	318
Tisanotteri	8	5	0	64	9	4	0	64
Emitteri	18	6	0	64	19	7	0	106
Psocotteri	2	2	0	32	3	3	0	42
Imenotteri	4	3	0	32	5	2	0	21
Coleotteri	88	18	32	255	119	17	21	234
Larve di coleottero	72	18	0	287	328	52	42	870
Larve di dittero	78	25	0	350	123	18	0	255

**Tabella 5.15: Densità di individui su unità di superficie (ind/m<sup>2</sup>) dei gruppi di microartropodi nelle lettiera e nei suoli di faggeta campionati. Valore medio (Media), errore standard della media (Er.Std.), valore minimo (Min) e valore massimo (Max) osservati.**

#### 5.4.3 Distribuzione dei collemboli nella lettiera e nel suolo

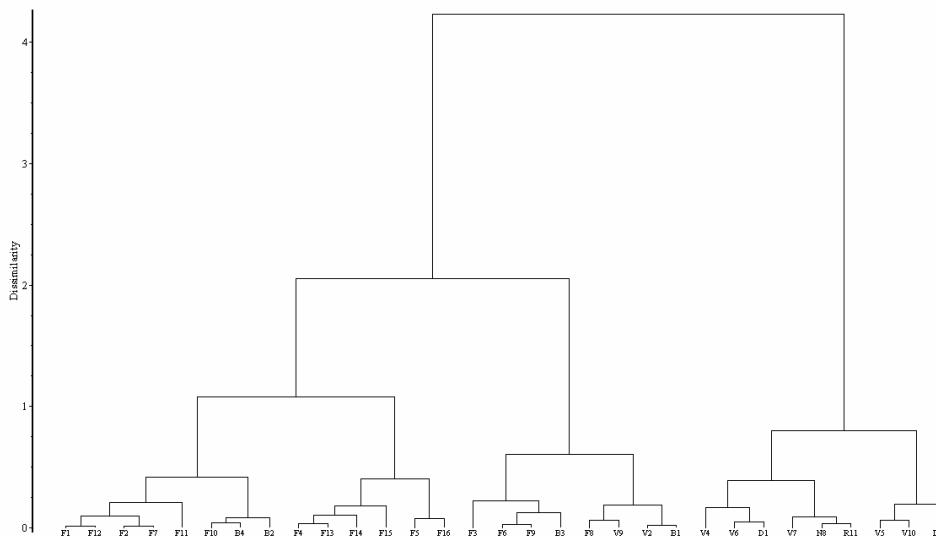
All'interno della collembolo fauna rilivano diverse specie con chiare preferenze per uno dei due strati esaminati. Tutte e tre le specie osservate del genere *Lepidocyrtus* mostrano una abbondanza significativamente maggiore nello strato di lettiera. Infatti si osservano densità in questo strato pari a 84 ind/m<sup>2</sup>, 52 ind/m<sup>2</sup>, 245 ind/m<sup>2</sup>, rispettivamente per *L. curvicolis* (p=0.012), *L. cyaneus* (p=0.042), *L. lanuginosus* (p=0.01), contro valori osservati nel suolo pari a 13 ind/m<sup>2</sup>, 0 ind/m<sup>2</sup> e 49 ind/m<sup>2</sup>. Lo stesso andamento si osserva per *Shaeridia pumilis* (p=0.039) con abbondanze di 40 ind/m<sup>2</sup> nella lettiera e 3 ind/m<sup>2</sup> nel suolo. Anche per *Isotoma notabilis* (p=0.001) e *I. violacea* (p=0.018) si osservano densità più elevate nella lettiera (137 ind/m<sup>2</sup> e 82 ind/m<sup>2</sup>) rispetto a quanto osservato nello strato di suolo esaminato (3 ind/m<sup>2</sup> e 1 ind/m<sup>2</sup>). Nel genere *Folsomia* si nota la differenziazione tra la distribuzione di *F. nana* (p=0.001), una delle specie più diffuse nei rilievi da noi esaminati, e *F. sensibilis*. Nel primo caso si osserva una densità media nella lettiera di 1571 ind/m<sup>2</sup> contro il valore di 226 ind/m<sup>2</sup> nel suolo, mentre *F. sensibilis* è più abbondante nel suolo con densità media pari a 98 ind/m<sup>2</sup> e solo 6 ind/m<sup>2</sup> nella lettiera. Tra le specie della famiglia Hypogastruridae, *Ceratophysella denticulata* (p=0.012) e *Triacanthella perfecta* (p=0.027) mostrano densità superiori nella lettiera (rispettivamente 126 ind/m<sup>2</sup> e 127 ind/m<sup>2</sup>) rispetto al suolo (35 ind/m<sup>2</sup> e 3 ind/m<sup>2</sup>). Nella stessa famiglia la specie *Hypogastrura crassaegranulata* (p=0.001) mostra una abbondanza maggiore nel suolo con 345 ind/m<sup>2</sup> contro i 2 ind/m<sup>2</sup> della lettiera. In Neanuridae sia *Friesea cf. inermis* (p=0.001) sia *Pseudachorudina falteronensis* (p=0.004) fanno osservare una maggiore abbondanza nello strato di lettiera (rispettivamente 259 ind/m<sup>2</sup> e 169 ind/m<sup>2</sup>) rispetto al suolo (27 ind/m<sup>2</sup> e 12 ind/m<sup>2</sup>). Gli onichiuridi *sensu lato* (famiglie Onychiuridae e Tullbergiidae) rappresentano morfologicamente la forma biologica meglio adattata alla vita nel suolo tra i collemboli. Per alcune specie di tale gruppo campionate in questa ricerca è possibile evidenziare differenze nella distribuzione verticale, infatti, per *Onychiurus pseudogranulosus* (p=0.020) si osserva una maggiore abbondanza nella lettiera (663 ind/m<sup>2</sup> contro 64 ind/m<sup>2</sup> nel suolo) mentre una distribuzione opposta si osserva per *Mesaphorura krausbaueri*. Per tale specie la densità media nella lettiera è di 34 ind/m<sup>2</sup> e di 617 ind/m<sup>2</sup> nel suolo (tabella 5.16).

	Lettiera				Suolo			
	Media	Er. Std.	Min	Max	Media	Er. Std.	Min	Max
<i>Arrhopalites</i> sp.	2	2	0	32	11	5	0	85
<i>Ceratophysella armata</i>	2	2	0	32	0	0	0	0
<i>Ceratophysella denticulata</i>	126	45	0	478	35	23	0	340
<i>Cryptopygus agrani</i>	0	0	0	0	1	1	0	21
<i>Entomobrya lanuginosa</i>	58	18	0	255	21	6	0	64
<i>Folsomia sensibilib</i>	6	4	0	64	98	35	0	467
<i>Folsomia multiset</i>	510	154	0	2007	247	92	0	1146
<i>Folsomia nana</i>	1571	309	0	4523	226	50	0	637
<i>Friesea cf. inermis</i>	259	57	0	828	27	21	0	340
<i>Hypogastrura crassaegranulata</i>	2	2	0	32	345	176	0	2845
<i>Hypogastrura socialis</i>	70	48	0	669	121	90	0	1422
<i>Isotoma notabilis</i>	137	49	0	828	3	2	0	21
<i>Isotoma viridis</i>	0	0	0	0	3	3	0	42
<i>Isotoma violacea</i>	82	44	0	637	1	1	0	21
<i>Isotomiella minor</i>	127	15	32	255	173	32	0	446
<i>Isotomurus palustris</i>	2	2	0	32	1	1	0	21
<i>Lepidocyrtus curvicolis</i>	84	25	0	382	13	6	0	85
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i>	52	25	0	319	0	0	0	0
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>	245	53	0	956	49	9	0	106
<i>Megalothorax minimus</i>	8	5	0	64	33	19	0	255
<i>Mesaphorura krausbaueri</i>	34	22	0	319	617	355	0	5690
<i>Micranurida pygmaea</i>	0	0	0	0	3	2	0	21
<i>Neanura muscorum</i>	12	6	0	96	13	6	0	85
<i>Odontella empodialis</i>	2	2	0	32	0	0	0	0
<i>Onychiurus pseudo-granulosus</i>	663	331	0	5255	64	18	0	255
<i>Orchesella</i> sp.	2	2	0	32	3	3	0	42
<i>Protaphorura armata</i>	171	77	0	1019	49	12	0	149
<i>Protaphorura</i> sp.	18	18	0	287	0	0	0	0
<i>Prothaphorura tuberculata</i>	36	16	0	255	17	6	0	64
<i>Pseudachorudina falteronensis</i>	169	37	0	382	12	5	0	42
<i>Pseudanurophorus binoculatus</i>	2	2	0	32	1	1	0	21
<i>Pseudisotoma sensibilib</i>	4	4	0	64	4	4	0	64
<i>Pseudosinella petterseni</i>	2	2	0	32	16	11	0	170
<i>Pseudosinella fallax</i>	14	7	0	96	9	7	0	106
<i>Sphaeridia pumilis</i>	40	30	0	478	3	3	0	42
<i>Tetracanthella apenninica</i>	139	70	0	1019	45	20	0	297
<i>Tomocerus minor</i>	16	10	0	159	1	1	0	21
<i>Tomocerus minutus</i>	14	7	0	64	0	0	0	0
<i>Triacanthella perfecta</i>	127	88	0	1401	3	2	0	21
<i>Vertagopus arborea</i>	0	0	0	0	4	4	0	64
<i>Willowsia platani</i>	2	2	0	32	1	1	0	21

**Tabella 5.16: Densità di individui su unità di superficie (ind/m<sup>2</sup>) delle specie di collemboli nelle lettiera e nei suoli di faggeta campionati. Valore medio (Media), errore standard della media (Er.Std.), valore minimo (Min) e valore massimo (Max) osservati.**

#### 5.4.4 Comunità di microartropodi edafici

I rapporti tra i popolamenti di microartropodi edafici presenti nei rilievi esaminati, sono stati esaminati mediante *Cluster Analysis* (metodo ISS e distanza della corda come coefficiente), prima dell'analisi le densità (x) sono state normalizzate mediante logaritmo naturale con la formula  $\ln(x+1)$ . Il dendrogramma (fig. 5.38) evidenzia due raggruppamenti principali che corrispondono ai rilievi di faggeta (F) e di prateria a brachipodio (B) in un caso (gruppi Ar1, Ar2, Ar3), e nell'altro (Ar4) ai rilievi di: vaccinieto (V), deschampsieto (D), nardeto (N) e romiceto (R). A questo schema fanno eccezione i rilievi V2 e V9 che si situano nel primo raggruppamento.



**fig. 5.38: Dendrogramma dei popolamenti di microartropodi edafici.**

Questa differenziazione è legata alla presenza quasi costante e con densità generalmente maggiore nel raggruppamento con faggete e brachipodieti di: chilopodi, sinfili, pauropodi, proturi e dipluri, gruppi considerati indicatori di buona qualità del suolo. All'interno del primo raggruppamento possiamo riconoscere tre *cluster* (tabella 5.17) caratterizzati dalla maggiore frequenza di pseudoscorpioni e diplopodi per Ar1 (F1, F12, F2, F7, F11, F10, B4, B2) e dalla scomparsa quasi completa di tisanotteri ed emitteri in Ar2 (F4, F13, F14, F15, F5, F16). In Ar3 (F3, F6, F9, B3, F8, V9, V2, B1) si osservano emitteri e tisanotteri, ma una ridotta presenza di pseudoscorpioni. Acari, collemboli, coleotteri (in stadio adulto e larvale), larve di dittero ed araneidi formano un insieme di taxa presenti in quasi tutti i rilievi osservati. Ad eccezione degli psocotteri e degli isopodi, trovati rispettivamente nei rilievi F9 ed F11 e nei rilievi B4 e V10, non si

	F1	F12	F2	F7	F11	F10	B4	B2	F4	F13	F14	F15	F5	F16	F3	F6	F9	B3	F8	V9	V2	B1	V4	V6	D1	V7	N8	R11	V5	V10	D3	
Acari	29142	19343	34078	53664	29025	22644	9384	11634	82912	12590	9968	15393	29524	7336	44568	32687	37131	4968	16041	3864	5859	17302	9002	18173	3609	1889	29849	14479	9575	22716	1953	
Collemboli	39313	7771	28494	11359	7241	5775	4416	4819	27857	15117	7866	14491	16636	8854	11158	13175	15731	2717	17528	2165	3206	3503	425	2250	1210	1380	1380	6942	3418	4904	828	
Larve di dittero	403	127	180	117	350	149	234	106	267	42	170	234	170	191	106	330	255	212	106	42	149	85	64	106	106	64	106	340	64	106	255	
Coleotteri	234	53	340	456	234	234	191	297	96	138	138	53	202	159	223	244	297	106	212	297	127	127	127	149	149	149	425	297	64	361	42	
Larve di coleottero	362	573	287	372	42	573	255	425	425	297	902	180	255	350	393	499	318	170	563	127	106	255	21	106	106	42	149	42	42	340	64	
Araneidi	32	64	117	95	117		21	42	97	85		149	96		21	32	149		21	42	21	21	42	106	21	106	234	106	42	42		
Tisanotteri					21	32	42	42					21		21	64	64	21	53	21	170	42	21	212	42	149	106	64	21	42	42	
Emitteri	32	106	85	32	42	32	106	64							21	106	21	42	106	21	21	21	42	170	21	85	276	149		64		
Pseudoscorpioni			64	32	95	54	21	64	52	21	32								96	42	21	42				64			21	85		
Diplopidi	32	32	255	85	85	106	64	127	96						32											21		42				
Chilopodi	138	97	223	64	96	127	106	21	64	138	64	159	159		86	97	21		52		64	106								42	42	
Sinfili	3970	732	934	2654	403	414	127	679	1826	552	2484	212	1486	743	1709	478	297	85	191	340	42	276										
Pauropodi	414	1072	2208	817	308	1953	42	212	106	21	276	21	1040	85		75	127		118	21				85	64							
Proturi	658	127	318	170		1890	679	722	21	276	382	191	435	85	21	64	297	234		42	42	64	21	64								
Dipluri	255	299		21	21	21	446	85	170	106	318	170			85	212	21	85													21	
Imenotteri					21	42			21	32			32		21				21				85									
Opilioni																																
Isopodi							21																								21	
Psocotteri					32												42															

**Tabella 5.17: Distribuzione dei gruppi di microartropodi edafici secondo il dendrogramma di figura 5.38**

N°Taxa	F1	F2	F11	F3	F5	F6	F7	F8	F9	F14	F12	F16	F4	F15	F13	F10
Acari	29142	34078	29025	44568	29524	32687	53664	16041	37131	9968	19343	7336	82912	15393	12590	22644
Sinfili	3970	934	403	1709	1486	478	2654	191	297	2484	732	743	1826	212	552	414
Collemboli	39313	28494	7241	11158	16636	13175	11359	17528	15731	7866	7771	8854	27857	14491	15117	5775
Coleotteri	234	340	234	223	202	244	456	212	297	138	53	159	96	53	138	234
Larve di coleottero	362	287	42	393	255	499	372	563	318	902	573	350	425	180	297	573
Larve di dittero	403	180	350	106	170	350	117	106	255	170	127	191	267	234	42	149
Chilopodi	138	223	96	86	159	97	64	52	21	65	97		64	159	138	127
Pauropodi	414	2208	308		1040	75	817	118	127	276	1072	85	106	21	21	1953
Proturi	658	318		21	435	64	170		297	382	127	85	21	191	276	1890
Araneidi	32	117	117	21	96	32	95	21	149		64		97	149	85	
Dipluri	255		21	85		212	21		21	318	299		170	170	106	21
Opilioni				32										32		
Psocotteri			32						42							
Pseudoscorpioni		64	95				32	96		32			52		21	54
Diplopidi	32	255	85	32			85				32		96			106
Emitteri	32	85	42	21		106	32	106	21		106					32
Tisanotteri			21	21	21	64		53	64							32
Imenotteri				21	32			21					21		32	21

**Tabella 5.18: Distribuzione dei taxa di microartropodi edafici nei gruppi di faggete evidenziati dalle analisi fitosociologiche.**

evidenziano gruppi esclusivi delle aree coperte da bosco o della vegetazione soprasilvatica; come è intuibile dalla presenza nei medesimi cluster di faggete e brachipodieti. Il dendrogramma evidenzia quindi una situazione in cui le praterie a brachipodio e le faggete presentano una maggiore ricchezza in taxa, mentre la restante vegetazione soprasilvatica (eccetto V2 e V9) mostra una comunità edafica meno complessa ed evoluta.

Per meglio evidenziare le relazioni tra le comunità edafiche e le tipologie vegetazionali sono state costruite tabelle con le colonne costituite dai rilievi, riuniti secondo lo schema emerso dalle analisi fitosociologiche, ed in ordinata i gruppi di microartropodi. I taxa edafici sono stati raggruppati utilizzando la *Cluster Analysis* (metodo ISS e coefficiente binario di Jaccard) in modo da evidenziare i gruppi edafici caratteristici delle diverse associazioni vegetali. Le faggete e la vegetazione soprasilvatica sono state analizzate separatamente in modo da evidenziare gli effetti della gestione forestale nel primo caso (tabella 5.18) e le variazioni tra le tipologie di vegetazione nel secondo (tabella 5.19).

#### 5.4.5 Popolamenti edafici delle faggete

Nelle faggete si può notare come la maggior parte dei taxa sia presente in modo quasi costante in tutti i gruppi evidenziati dalle analisi della vegetazione. Nel gruppo Gr1 (F1, F2 e F11) è però possibile osservare una maggiore frequenza di diplopodi e pseudoscorpioni. Ciò nonostante le ridotte densità, i pochi rilievi e la caratteristica distribuzione anisotropa delle comunità edafiche (spesso legata a momentanee caratteristiche trofiche favorevoli o a siti di riproduzione) non permettono di confermare un legame tra la distribuzione di questi taxa e le caratteristiche delle aree di Gr1. L'omogeneità delle comunità di microartropodi nei diversi gruppi di faggeta è confermata dal test Kruskal-Wallis (K-W) che non mostra differenze significative nella distribuzione di alcun taxa. Non si assiste inoltre ad una riduzione del numero di taxa come evidenziato per le specie vegetali (test K-W non significativo).

#### 5.4.6 Popolamenti edafici nelle vegetazioni soprasilvatiche

Maggiori differenze si osservano nella distribuzione dei taxa di microartropodi nei rilievi della fascia soprasilvatica. Praterie a brachipodio e vaccinieti si differenziano

dalle rimanenti tipologie di vegetazione per la presenza di pseudoscorpioni e, in misura minore, di chilopodi. Nelle aree di *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis* mancano i chilopodi e nel rilievo V4 non sono presenti gli pseudoscorpioni. Tuttavia, le differenze non sono tali da far supporre un impoverimento di questa associazione rispetto a *Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis*, anche alla luce della presenza sia in V4 sia in V6 di proturi; generalmente presenti in suoli con buona qualità biologica. Come già sottolineato in precedenza le praterie a brachipodio sono caratterizzate dalla presenza di sinfili, pauropodi, proturi e dipluri. Separando i rilievi nei gruppi Gr5 (B1, B2, B3, B4), Gr6 (V2, V4, V5, V6, V7, V9, V10) e Gr 7 (D1, D3, N8, R11), come fatto in precedenza per l'analisi del numero di specie nella vegetazione soprasilvatica, il test K-W ( $p=0.009$ ) mostra la presenza di differenze significative tra i gruppi e il test Jonckheer-Terpstra ( $p=0.001$ ) conferma una progressiva riduzione del numero di taxa dal gruppo Gr5 al Gr7. Tale andamento è simile a quanto visto in precedenza per il numero di specie vegetali (fig. 5.39).

N°Taxa	B1	B2	B3	B4	V2	V5	V7	V9	V10	V4	V6	D1	D3	N8	R11
Acari	17302	11634	4968	9384	5859	9575	1889	3864	22716	9002	18173	3609	1953	29849	14479
Collemboli	3503	4819	2717	4416	3206	3418	1380	2165	4904	425	2250	1210	828	1380	6942
Tisanotteri	42	42	21	42	170	21	149	21	42	21	212	42	42	106	64
Coleotteri	127	297	106	191	127	64	149	297	361	127	149	149	42	425	297
Larve di coleottero	255	425	170	255	106	42	42	127	340	21	106	106	64	149	42
Larve di dittero	85	106	212	234	149	64	64	42	106	64	106	106	255	106	340
Aranei	21	42	.	21	21	42	106	42	42	42	106	21	.	234	106
Emitteri	21	64	42	106	21	.	85	21	64	42	170	21	.	276	149
Pseudoscorpioni	42	64	.	21	21	21	64	42	85	.	21	.	.	.	.
Chilopodi	106	21	.	106	64	42	.	.	42	.	.	.	.	.	.
Sinfili	276	679	85	127	42	.	.	340	.	.	.	.	.	.	.
Proturi	64	722	234	679	42	.	.	42	.	21	64	.	.	.	.
Pauropodi	.	212	.	42	.	.	.	21	.	.	85	64	.	.	.
Dipluri	.	85	85	446	.	.	.	.	21	.	.	.	.	.	.
Isopodi	.	21	.	.	.	.	.	.	21	.	.	.	.	.	.
Diplopodi	.	127	.	64	.	.	21	.	.	.	.	.	.	.	42
Imenotteri	.	.	.	42	.	.	.	.	.	85	.	.	.	.	.
Opilioni	21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

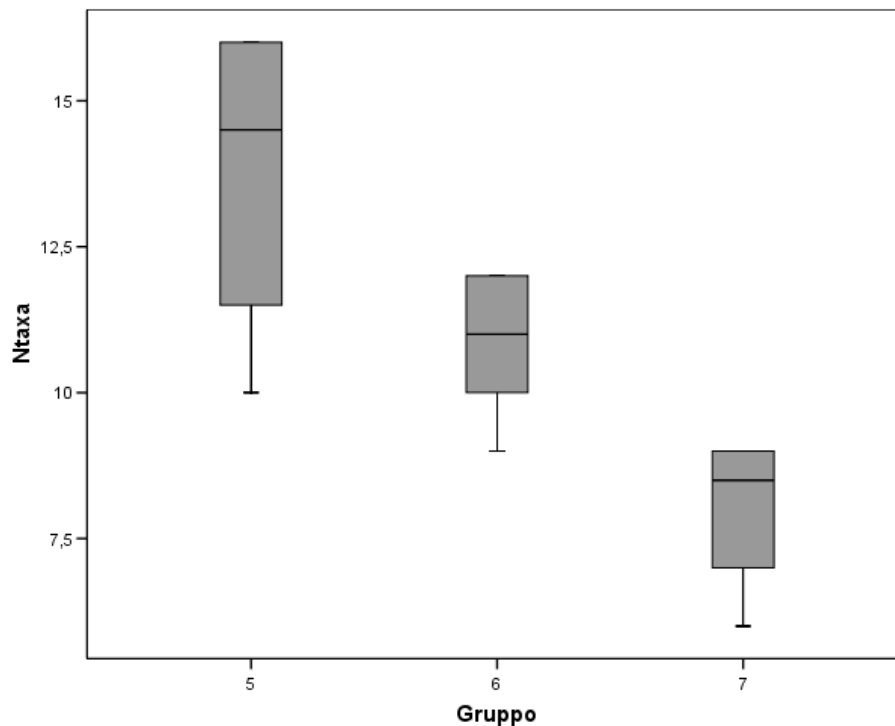
**Tabella 5.19: Distribuzione dei taxa di microartropodi edafici nelle associazioni vegetali soprasilvatiche.**

Il test K-W conferma inoltre le differenze nella abbondanza di sinfili ( $p=0.014$ ), proturi ( $p=0.006$ ), dipluri ( $p=0.025$ ) e pseudoscorpioni ( $p=0.048$ ), già sottolineate in precedenza.

#### 5.4.7 Confronto tra i popolamenti edafici di: faggete, vaccinieti e brachipodieti

Utilizzando il medesimo test sono state confrontate le abbondanze dei diversi taxa nelle tre tipologie vegetali maggiormente rappresentate nei rilievi: faggete

(*Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*), praterie a brachipodio (*Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*) e vaccinieti (*Empetro-Vaccinietum gaultherioidis* e *Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis*). Le due associazioni di vaccinieto sono state raggruppate data la somiglianza delle comunità edafiche osservate. Le restanti tipologie di vegetazione soprasilvatica non sono state inserite nel confronto a causa del ridotto numero di rilievi e la già chiara caratterizzazione fatta sulla presenza-assenza dei diversi taxa.



**Fig. 15.39: Numero di taxa di microartropodi edafici (Ntaxa) nei gruppi di vegetazione soprasilvatica.**

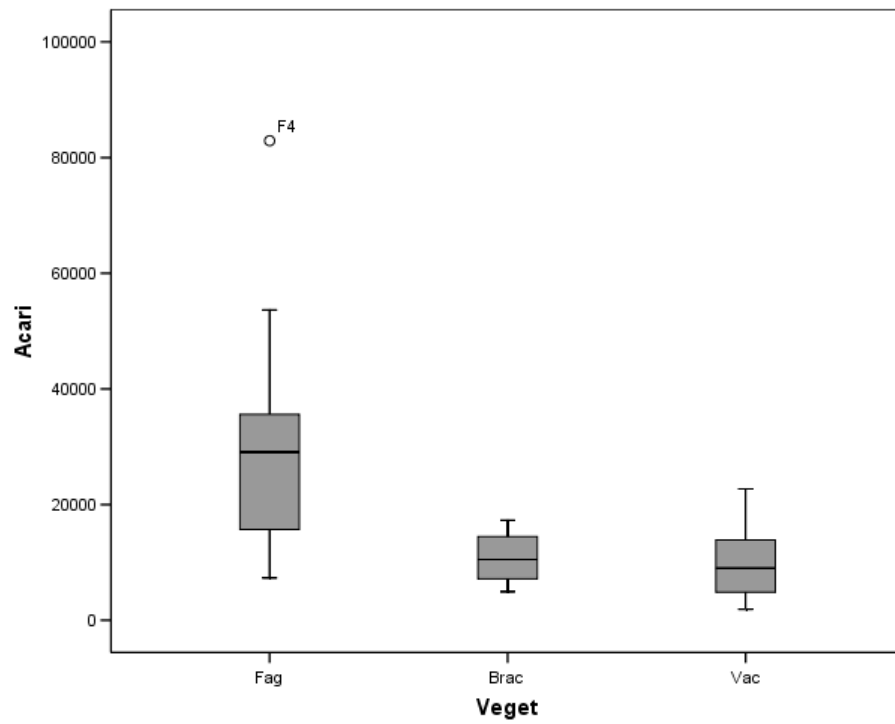
Il test K-W mostra la presenza di differenze significative nell'abbondanza di 10 taxa: acari ( $p=0.005$ ), chilopodi ( $p=0.009$ ), sinfili ( $p<0.001$ ), pauropodi ( $p=0.003$ ), collemboli ( $p<0.000$ ), proturi ( $p=0.011$ ), dipluri ( $p=0.021$ ), tisanotteri ( $p=0.022$ ), larve di coleottero ( $p=0.003$ ), larve di dittero ( $p=0.011$ ). I test *post-hoc*, eseguiti mediante confronti a coppie con Maan-Whitney e correzione di Bonferroni (Field 2006), mostrano (tabella 5.20) come per ognuno di questi taxa le faggete ed i vaccinieti differiscano significativamente; tutti i taxa presentano abbondanze maggiori nei rilievi di faggeta ad eccezione dei tisanotteri. Il confronto tra faggete e praterie a brachipodio è significativo solo per i collemboli, più numerosi nelle faggete, mentre brachipodieti e vaccinieti differiscono per l'abbondanza di proturi, più numerosi nei primi. Si osserva

inoltre una differenza significativa nel numero di taxa (K-W  $p=0.014$ ) rilevati nelle tre tipologie di vegetazione; in particolare tra le faggete ed i vaccinieti.

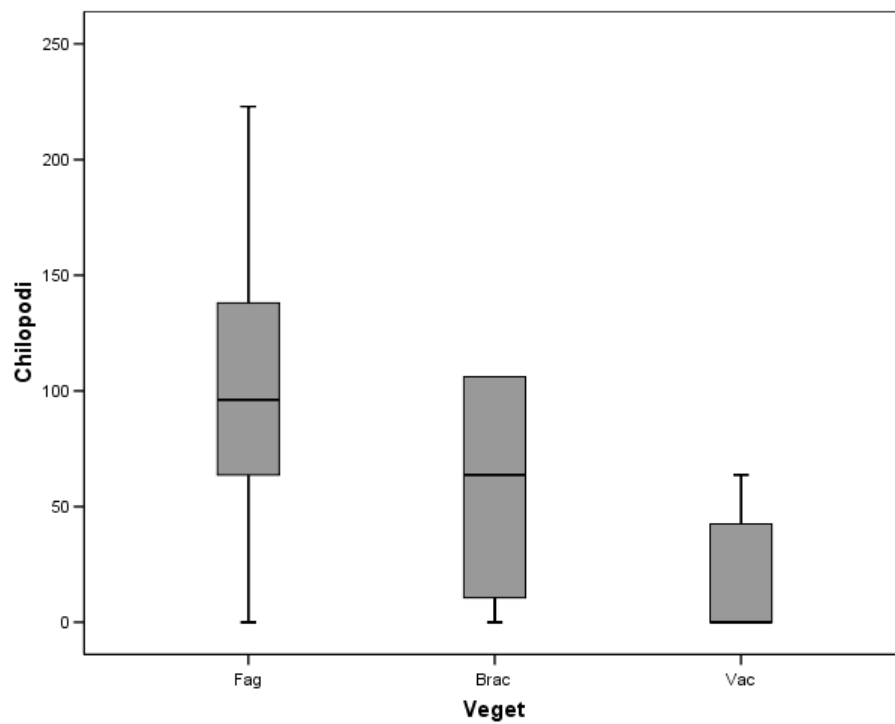
Dai dati (tabella 5.21) si osserva una generale tendenza alla riduzione nella abbondanza dei taxa sopraccitati (fig. da 5.40 a 15.50) passando dalle faggete, ai brachipodieti, sino ai vaccinieti, sottolineando un gradiente probabilmente legato alle risorse trofiche. Da tale tendenza si discostano i tisanotteri, che mostrano un andamento opposto, ed i proturi, più abbondanti nei brachipodieti. Nonostante queste eccezioni, le analisi evidenziano come i popolamenti edafici delle praterie a brachipodio si posizionino in una situazione intermedia tra le faggete (in particolare per il tipo di taxa presenti) ed i vaccinieti (per la minore abbondanza degli individui).

	test K-W	Confronti <i>post-hoc</i>		
		Fag-Vac	Fag-Brac	Vac-Brac
Acari	0.005	*	ns	ns
Chilopodi	0.009	*	ns	ns
Sinfili	0.000	*	ns	ns
Pauropodi	0.003	*	ns	ns
Collemboli	0.000	*	*	ns
Proturi	0.011	*	ns	*
Dipluri	0.021	*	ns	ns
Tisanotteri	0.022	*	ns	ns
Larve di coleottero	0.003	*	ns	ns
Larve di dittero	0.011	*	ns	ns
N° Taxa	0.014	*	ns	ns

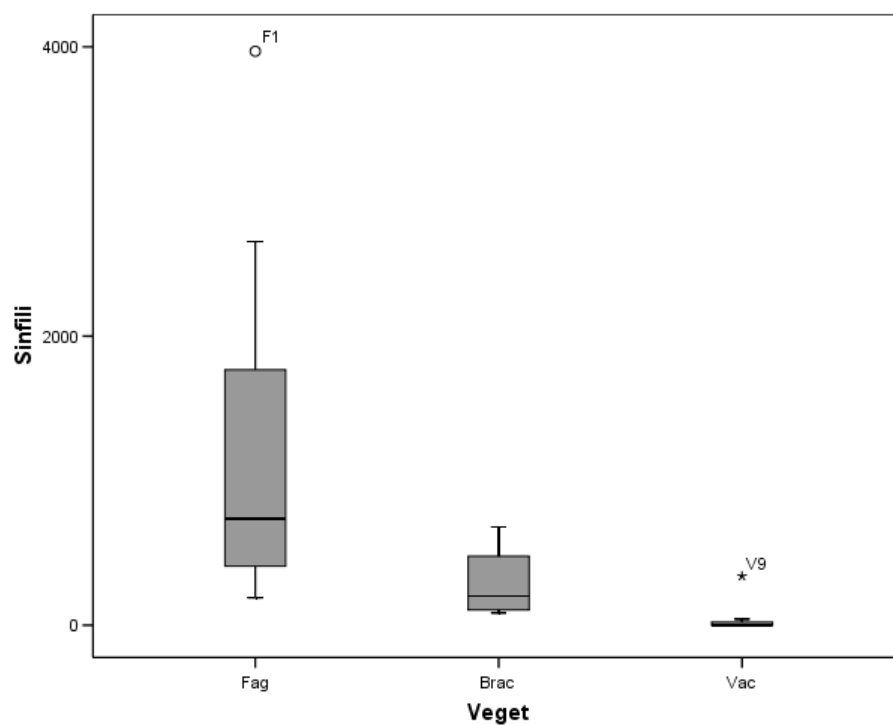
**Tabella 5.20: Valori di significatività del test Kruskal-Wallis (K-W) e significatività nei confronti *post-hoc* per i gruppi di microartropodi edafici ed il numero di taxa (N°Taxa) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieto (Vac). \* = differenza significativa. ns = non significativo. 0.000 =  $p<0.001$**



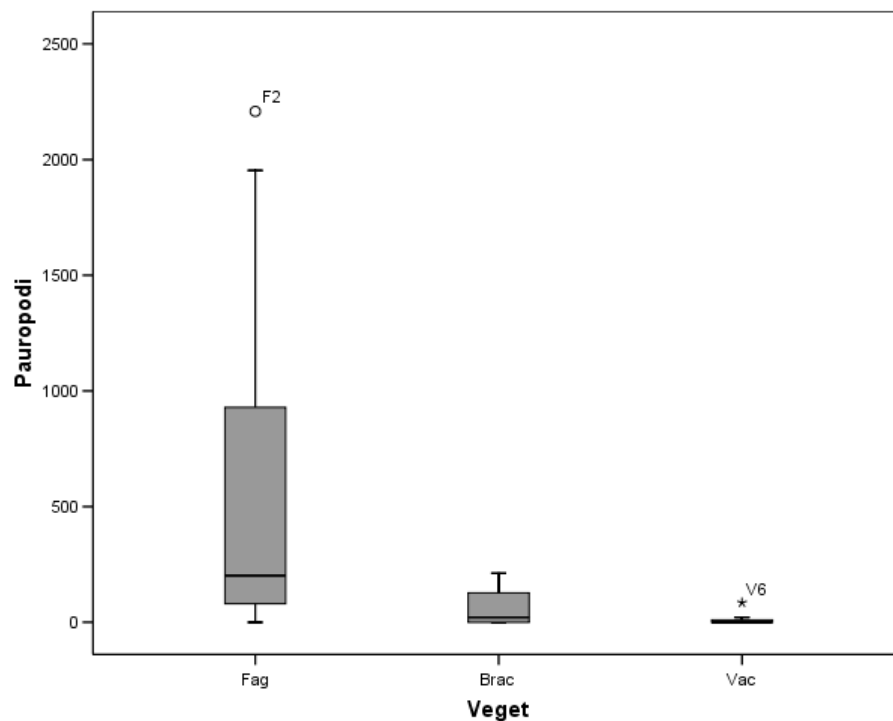
**Fig. 5.40:** Densità di acari (ind/m<sup>2</sup>) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieto (Vac).



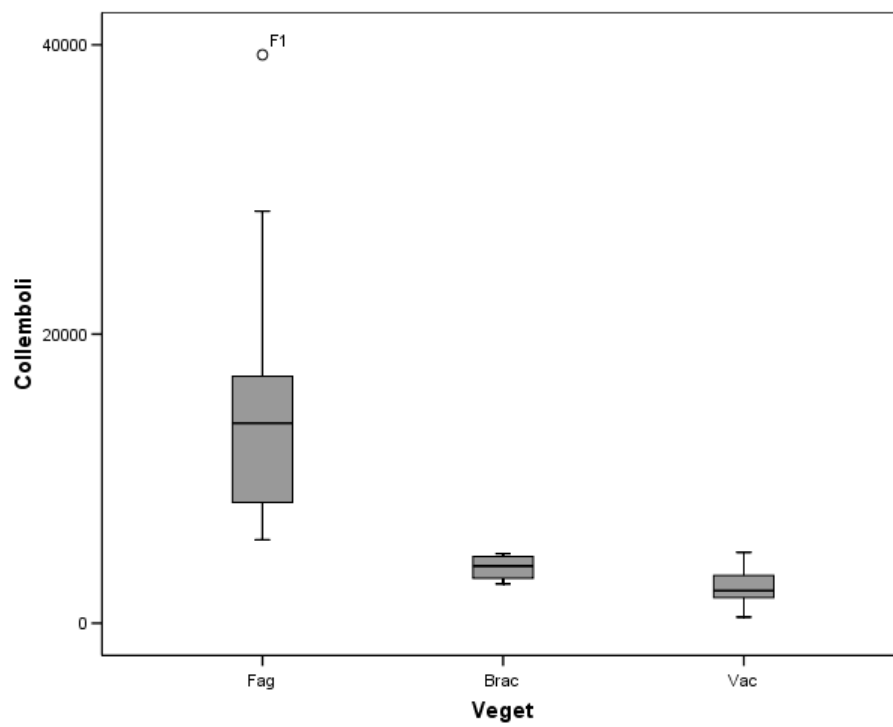
**Fig. 5.41:** Densità di chilopodi (ind/m<sup>2</sup>) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieto (Vac).



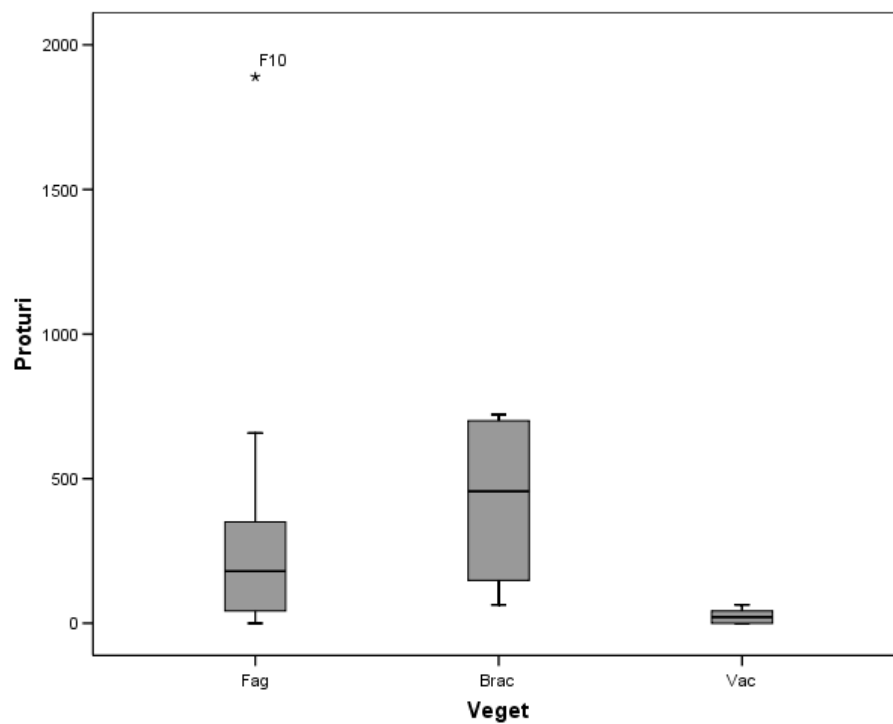
**Fig. 5.42:** Densità di sinfili (ind/m<sup>2</sup>) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieta (Brac) e vaccinieta (Vac).



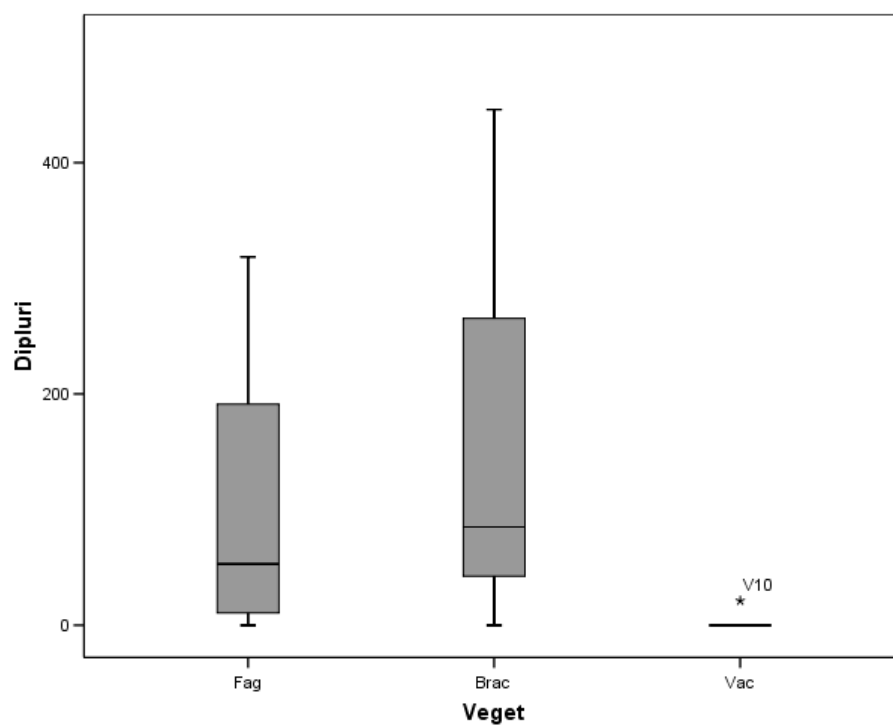
**Fig. 5.43:** Densità di pauropodi (ind/m<sup>2</sup>) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieta (Brac) e vaccinieta (Vac).



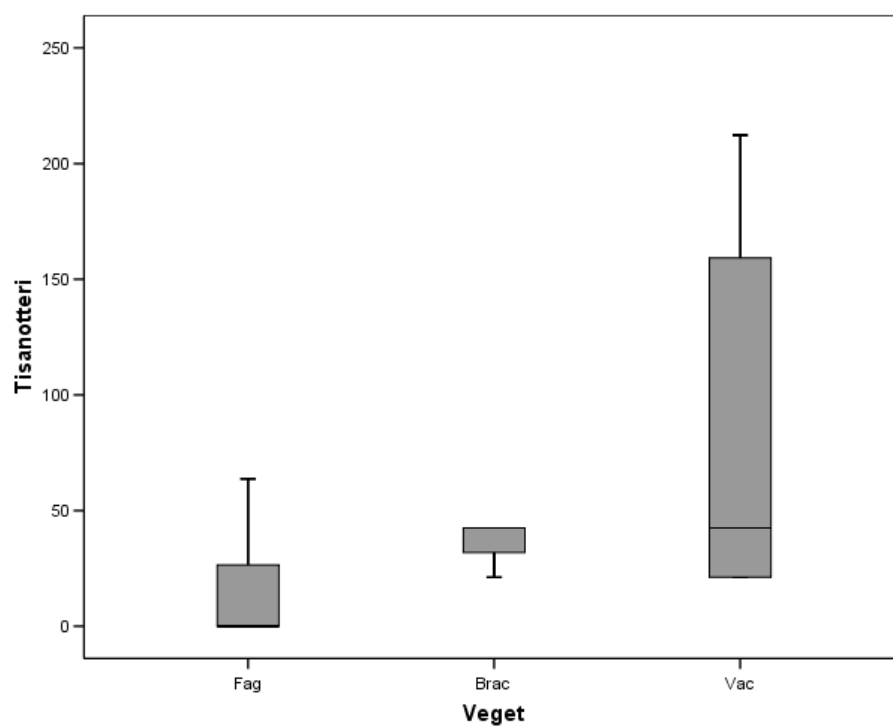
**Fig. 5.44:** Densità di collemboli ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieto (Vac).



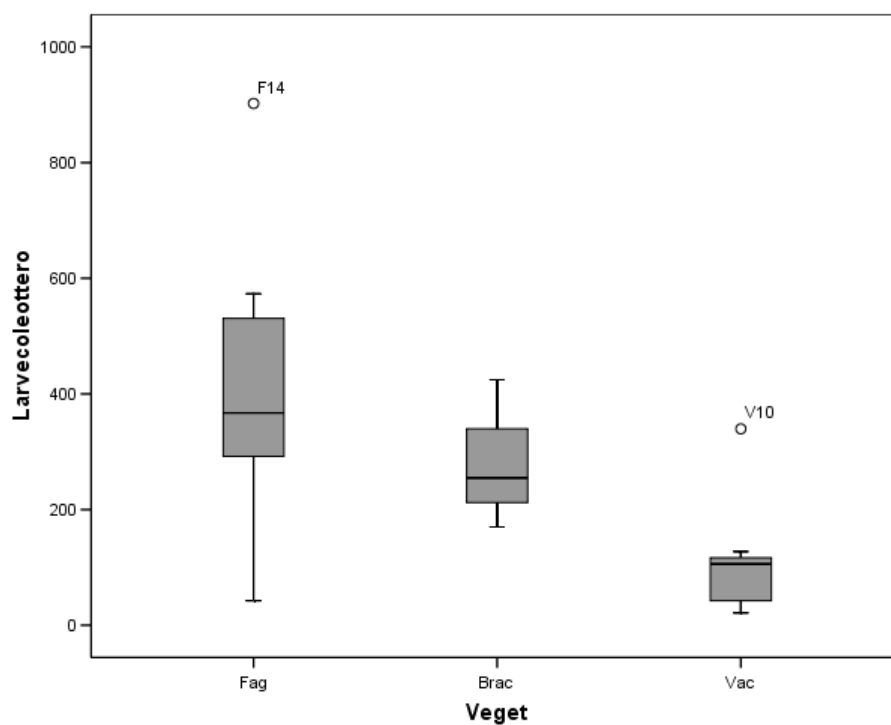
**Fig. 5.45:** Densità di proturi ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieto (Vac).



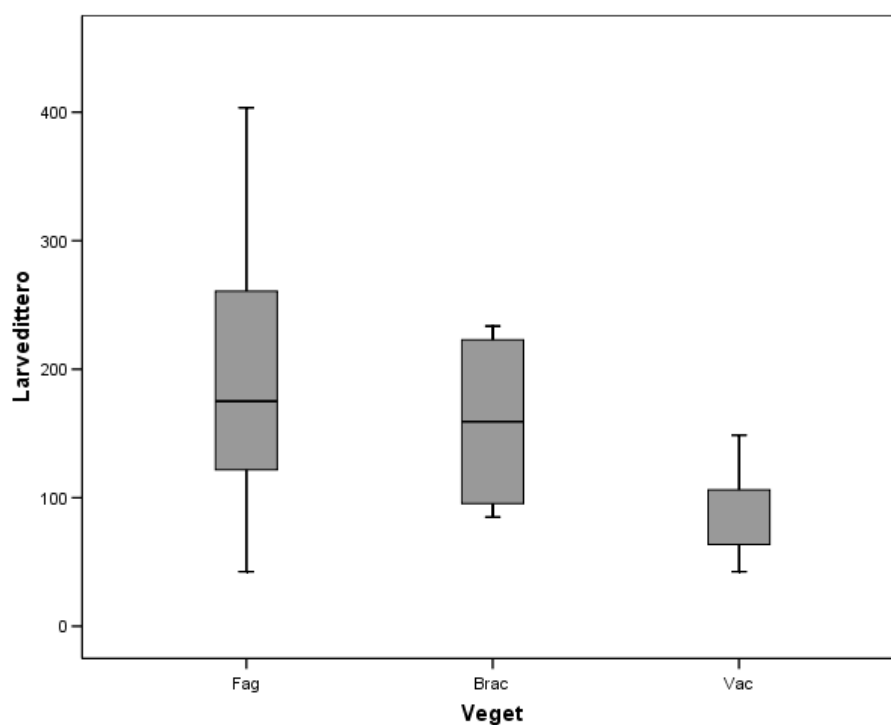
**Fig. 5.46:** Densità di dipluri ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieta (Brac) e vaccinieta (Vac).



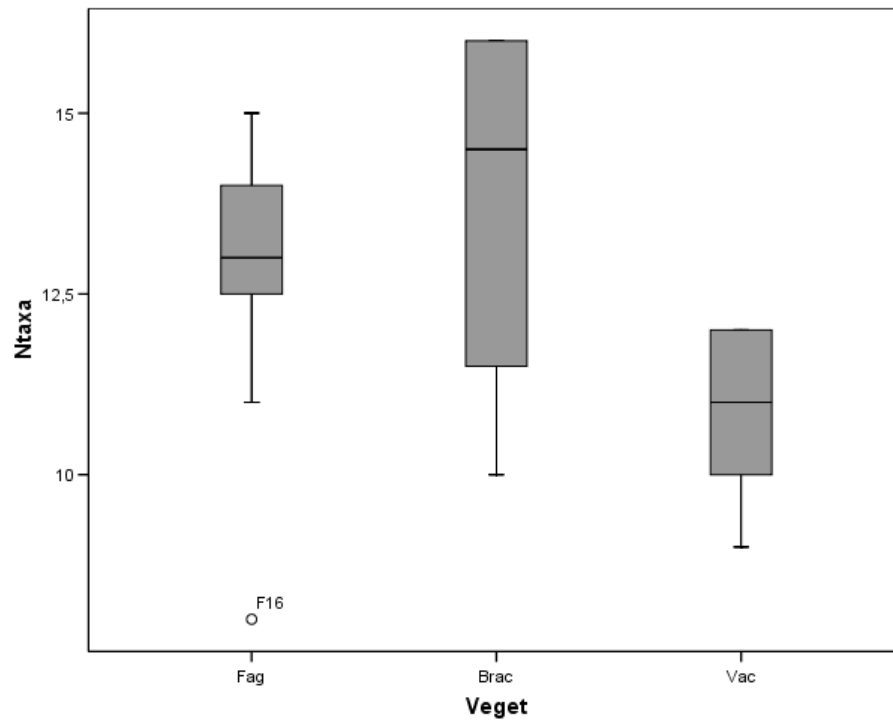
**Fig. 5.47:** Densità di tisanotteri ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieta (Brac) e vaccinieta (Vac).



**Fig. 5.48:** Densità delle larve di coleottero (ind/m<sup>2</sup>) nei rilievi di fageta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieto (Vac).



**Fig. 5.49:** Densità delle larve di dittero (ind/m<sup>2</sup>) nei rilievi di fageta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieto (Vac).



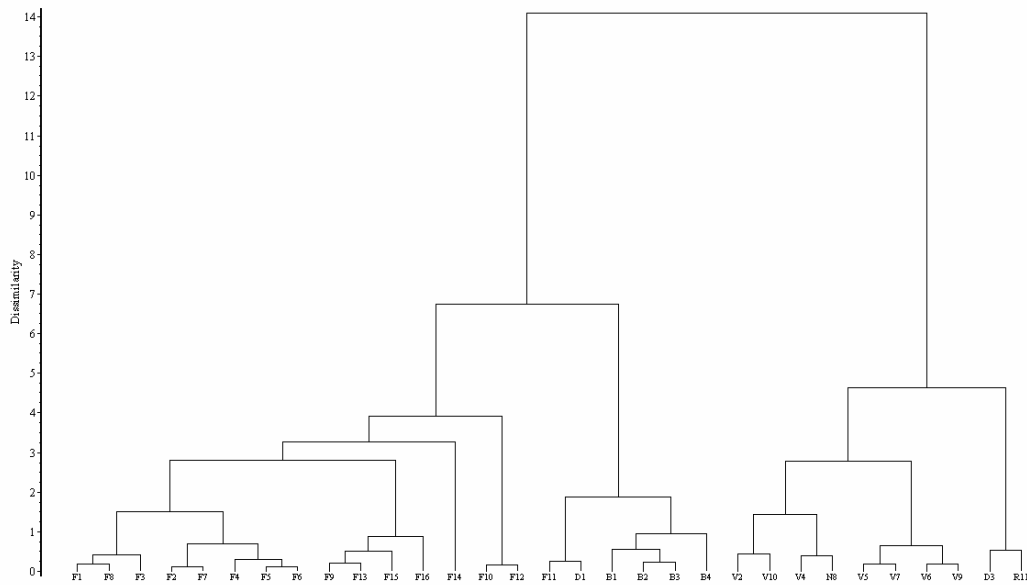
**Fig. 5.50: Numero di taxa di microartropodi edafici (NTaxa) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieto (Vac).**

	Fag					Brac					Vac				
	Mediana	Media	E. S. della media	Min	Max	Mediana	Media	E. S. della media	Min	Max	Mediana	Media	E. S. della media	Min	Max
Acari	29084	29753	4762	7336	82912	10509	10822	2566	4968	17302	9002	10154	2887	1889	22716
Araneidi	74	67	13	0	149	21	21	9	0	42	42	58	13	21	106
Opilioni	0	4	3	0	33	0	5	5	0	21	0	0	0	0	0
Pseudoscorpioni	11	28	9	0	96	32	32	14	0	64	21	36	11	0	85
Isopodi	0	0	0	0	0	0	5	5	0	21	0	3	3	0	21
Diplopodi	16	45	17	0	255	32	48	30	0	127	0	3	3	0	21
Chilopodi	96	99	14	0	223	64	58	28	0	106	0	21	10	0	64
Sinfili	738	1193	271	191	3970	202	292	135	85	679	0	55	48	0	340
Pauropodi	202	540	175	0	2208	21	64	51	0	212	0	15	12	0	85
Collemboli	13833	15523	2293	5775	39313	3959	3864	471	2717	4819	2250	2535	553	425	4904
Proturi	180	308	115	0	1890	456	425	163	64	722	21	24	10	0	64
Dipluri	53	106	29	0	318	85	154	99	0	446	0	3	3	0	21
Tisanotteri	0	17	6	0	64	42	37	5	21	42	42	91	31	21	212
Emitteri	27	37	10	0	106	53	58	18	21	106	42	58	22	0	170
Psocotteri	0	5	3	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Imenotteri	0	9	3	0	32	0	11	11	0	42	0	12	12	0	85
Coleotteri	218	207	26	53	456	159	180	43	106	297	149	182	40	64	361
Larvecoleottero	367	399	49	42	902	255	276	53	170	425	106	112	41	21	340
Larvedittero	175	201	25	42	403	159	159	37	85	234	64	85	14	42	149

**Tabella 5.21: Valori (ind/m<sup>2</sup>) della mediana, della media, dell'errore standard della media (E.S. media), della densità minima (Min) e massima (Max) osservati per i taxa di microartropodi edafici nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieto (Vac).**

#### 5.4.8 popolamenti di collemboli

La collembolofauna è stata identificata a livello di specie ed i popolamenti dei rilievi esaminati sono stati studiati mediante *Cluster Analysis* (metodo ISS e distanza della corda come coefficiente); le densità (x) inserite nella matrice di analisi sono state preventivamente trasformate mediante logaritmo naturale ( $\ln(x+1)$ ).



**Fig. 5.51: Dendrogramma dei popolamenti di collemboli.**

Dal dendrogramma (fig. 5.51 e tabella 5.22) si può osservare come i rilievi di faggeta, le praterie a brachipodio, i vaccinieti ed i rilievi con suoli saturi d'acqua (D3 ed R11), costituiscano *cluster* distinti; evidenziando differenze nella composizione delle comunità di collemboli. A tale andamento fanno eccezione tre rilievi: N8, F11 e D1. Le caratteristiche del popolamento collembologico del rilievo di nardeto N8 mostrano affinità con i vaccinieti, mentre il rilievo F11 risulta più povero in specie rispetto alle altre faggete e si situa in prossimità dei brachipodietti. Da tale rilievo sono infatti assenti specie come: *Folsomia sensibilis*, *Mesaphorura krausbauer*, *Onychiurus pseudogranulosus*, *Tetracanthella apenninica* e *Pseudachorudina falteronensis*, generalmente presenti nelle altre aree di faggeta esaminate. Una situazione opposta si osserva nel rilievo D1, anch'esso raggruppato vicino alle praterie a brachipodio, che presenta un maggior numero di specie rispetto all'analogo deschampsieto D3, tra cui: *Folsomia nana*, *Lepidocyrtus cyaneus*, *Lepidocyrtus curvicollis* e *Protaphorura armata*.



Nonostante le già citate eccezioni l'analisi della collembolofauna mostra una maggiore capacità discriminante rispetto a quanto visto in precedenza per la comunità edafica; questo è probabilmente conseguenza del maggiore dettaglio tassonomico utilizzato.

I popolamenti edafici del bosco di faggio presentano diverse specie esclusive quali: *Folsomia sensibilis*, *Hypogastrura socialis*, *Tomocerus minor*, *Tomocerus minutus*, *Pseudosinella fallax*, *Pseudosinella petterseni* e *Megalothorax minimus*; presenti in almeno nel 25% dei rilievi. A questi si aggiungono: *Ceratophysella armata*, *Microanurida pygmaea*, *Vertagopus arborea*, *Isotomurus palustris* e *Pseudanurophorus binoculatus*; presenti solo in 1 o 2 rilievi e con densità modeste.

Alcune specie sono invece presenti solo nella fascia sopra silvatica e spesso caratterizzano una associazione vegetale o un rilievo particolare (come vedremo in seguito in dettaglio): *Orogastrura parva*, *Oligaphorura absoloni*, *Sminthurinus aureus*, *Lipothrix lubbocki*, *Proisotoma minuta*, *Sminthurus viridis*, *Friesea mirabilis*, *Xenyllodes armatus*, *Metaphorura affinis*.

Come fatto in precedenza per l'intera comunità di microartropodi anche per la collembolofauna sono state costruite tabelle con le colonne costituite dai rilievi, raggruppati secondo gli schemi emersi dalle analisi fitosociologiche, e le specie di collemboli a formare le righe. Le specie di collemboli sono state raggruppate utilizzando la *Cluster Analysis* (metodo ISS e coefficiente binario di Jaccard) in modo da ricavare i gruppi di specie che differenziano i popolamenti delle diverse tipologie vegetali. Per evidenziare gli effetti della gestione forestale e le variazioni tra tipologie di vegetazione, le faggete (tabella 5.23) e la vegetazione soprasilvatica sono state analizzate separatamente (tabella 5.25).

#### 5.4.9 Collembolofauna delle faggete

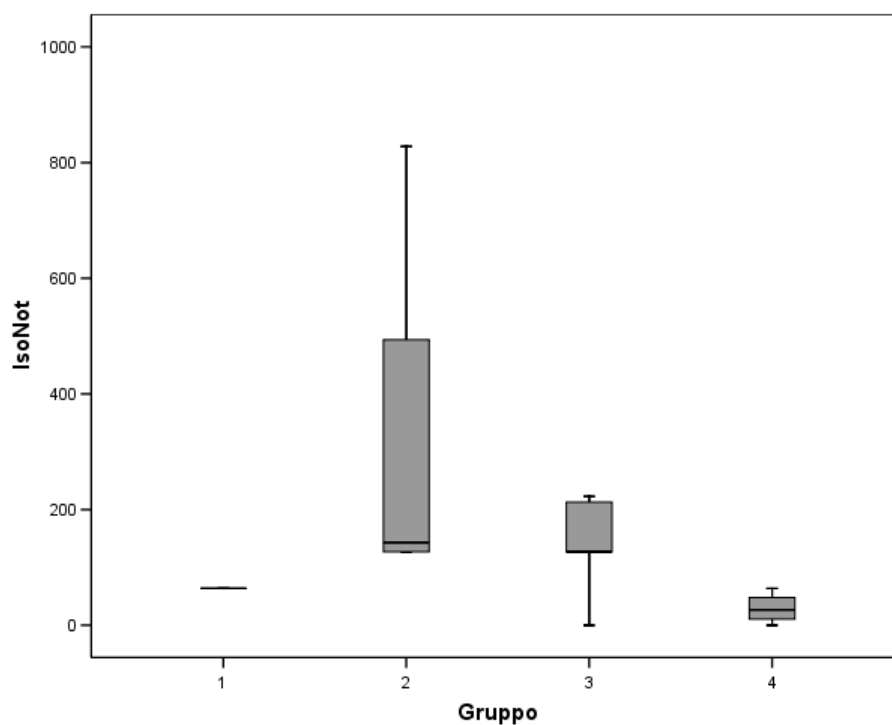
Nelle faggete è stato osservato un totale di 41 specie di cui 15 costituiscono una presenza praticamente costante in tutti i rilievi. Nei gruppi di faggeta Gr1 (F1, F2, F11) e Gr2 (F3, F4, F6, F7) si concentrano gli individui delle specie *Lepidocyrtus cyaneus* e *Neanura muscorum*. In Gr4 (F4, F15, F13, F10) si evidenzia l'insieme costituito dalle specie: *Triachanthella perfecta*, *Sphaeridia pumilis*, *Pseudosinella petterseni* e

*Megalothorax minimus*. Tali specie sono però presenti anche in alcuni rilievi di Gr2 e Gr3, ma mancano in Gr1. Nel gruppo Gr1 si osserva una marcata presenza di *Ceratothysella denticulata*, *Protaphorura tuberculata*, *Hypogastrura socialis* e *Isotoma violacea*. Sebbene con minor frequenza tali specie sono osservabili anche negli altri raggruppamenti rendendo più complessa l'interpretazione della loro distribuzione.

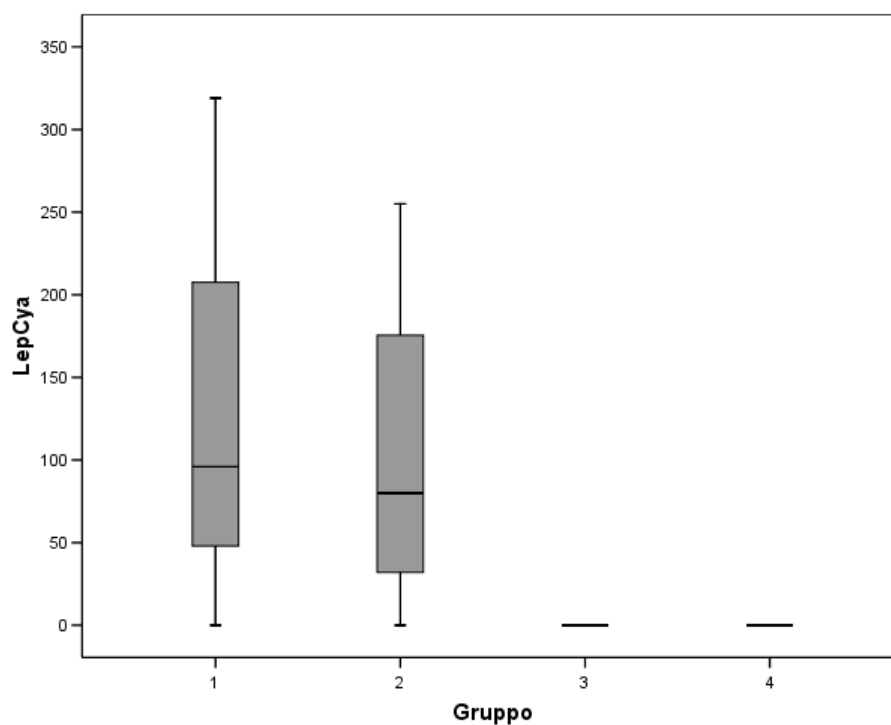
	F1	F2	F11	F3	F5	F6	F7	F8	F9	F14	F12	F16	F4	F15	F13	F10
N° specie	20	22	14	17	25	21	23	19	18	18	19	16	19	19	22	12
<i>Arrhopalites</i> sp	.	32	21	.	.	.	.	.	.	21	.	21	.	.	85	21
<i>Orchestella</i> sp	.	.	.	.	.	.	.	.	.	42	.	32	.	.	.	.
<i>Tomocerus minor</i>	32	.	.	.	.	.	32	.	.	.	21	32	.	.	.	159
<i>Ceratothysella denticulata</i>	191	542	64	.	.	.	96	.	287	.	32	.	.	531	818	.
<i>Protaphorura tuberculata</i>	.	108	32	.	64	32	32	297	96	.	21	.	.	63	42	64
<i>Hypogastrura socialis</i>	711	.	42	435	.	.	.	21	.	.	.	.	.	1836	.	.
<i>Isotoma violacea</i>	637	.	127	32	.	.	.	382	53	.	64	.	.	.	32	.
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i>	319	96	.	.	64	255	96	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Neanura muscorum</i>	96	53	.	.	21	181	.	32	.	21	.	.	.	.	.	.
<i>Pseudosinella fallax</i>	.	32	.	.	.	.	106	96	.	138	.	.	.	.	.	.
<i>Tomocerus minutus</i>	.	64	.	.	64	.	32	.	.	.	.	.	.	64	.	.
<i>Odonotella empodialis</i>	.	32	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Protaphorura</i> sp	.	.	.	.	.	.	287	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pseudosinella sensibilis</i>	.	.	.	.	.	.	64	.	.	.	.	.	64	.	.	.
<i>Isotomurus palustris</i>	.	.	.	53	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pseudanurophorus binoculatus</i>	.	.	.	32	.	21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Vertagopus arborea</i>	.	.	.	.	.	.	.	64	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Willowsia platani</i>	.	.	.	.	.	21	.	32	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ceratothysella armata</i>	.	.	.	.	32	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Micranurida pygmaea</i>	.	.	.	.	21	.	.	.	.	.	.	.	21	.	.	.
<i>Megalothorax minimus</i>	.	.	.	.	32	32	.	.	.	170	.	21	.	255	149	.
<i>Sphaeridia pumilis</i>	.	.	.	.	32	.	.	.	.	510	.	.	.	32	32	.
<i>Triacanthella perfecta</i>	.	.	.	.	64	.	.	.	.	149	32	.	1422	382	32	.
<i>Pseudosinella petterseni</i>	.	.	.	21	21	21	.	.	.	.	.	21	32	170	.	.
<i>Cryptopygus agrem</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	21	.	.	.	.	.
<i>Isotoma viridis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	42	.	.	.	.	.
<i>Entomobrya lanuginosa</i>	319	86	96	32	53	128	74	148	64	.	.	.	159	42	64	.
<i>Lepidocyrtus curvicolis</i>	32	95	148	.	191	117	42	403	148	.	64	.	159	32	117	.
<i>Folsomia sensibilis</i>	149	.	.	64	85	106	42	64	42	64	53	467	85	42	403	.
<i>Mesaphorura krausbaueri</i>	149	42	.	531	870	701	85	127	117	1911	.	21	5690	149	21	.
<i>Tetracanthella apenninica</i>	.	1316	.	.	287	32	722	42	116	85	32	21	32	265	.	.
<i>Folsomia multiseta</i>	2198	2548	21	807	701	945	881	149	.	.	1433	66	902	.	127	1327
<i>Isotoma notabilis</i>	64	64	64	127	127	828	159	213	.	127	127	223	21	64	32	.
<i>Folsomia nana</i>	860	1359	1720	1232	3376	775	414	2644	3228	.	1847	1083	1454	2994	4820	934
<i>Isotomiella minor</i>	223	637	127	96	255	159	573	351	329	223	382	139	446	276	445	138
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>	1041	276	479	159	287	255	212	265	148	265	138	308	85	351	180	257
<i>Oncychiurus pseudogramulosus</i>	425	1964	.	74	64	1115	117	5276	66	319	308	138	86	807	722	149
<i>Protaphorura armata</i>	838	1125	414	.	106	.	64	191	85	75	148	106	53	213	21	85
<i>Frissea cf. thermis</i>	127	870	.	255	319	255	722	319	392	159	287	.	637	.	64	159
<i>Hypogastrura crassigramulata</i>	764	340	21	85	42	106	149	64	2845	85	127	.	127	.	637	159
<i>Pseudochorudina falteronensis</i>	32	287	.	159	255	382	361	.	42	159	265	.	382	319	233	21

**Tabella 5.23: Distribuzione delle specie di collemboli nei gruppi di faggete evidenziati dalle analisi fitosociologiche**

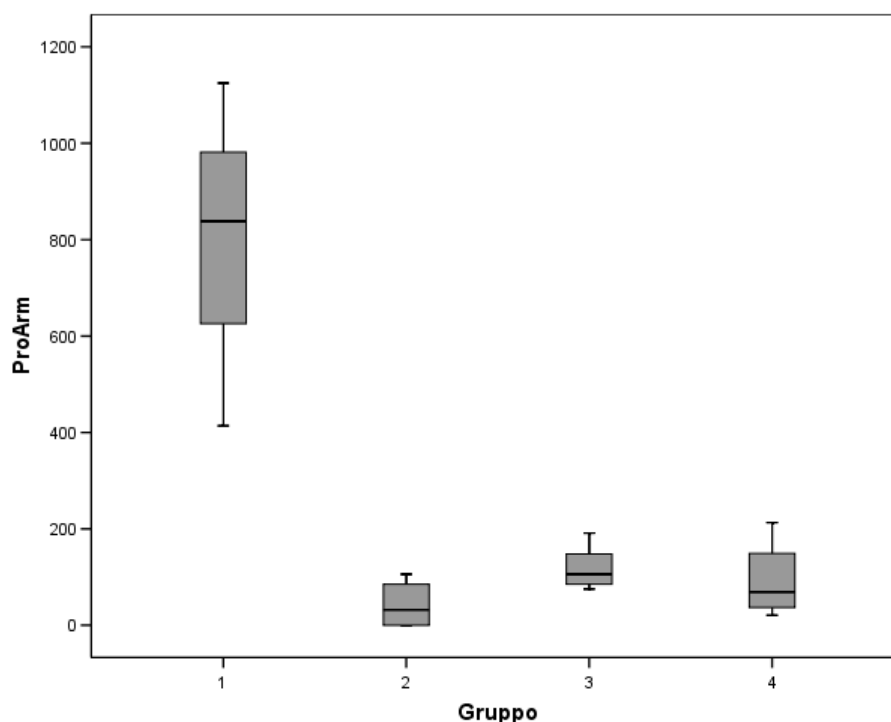
L'analisi dell'abbondanza delle specie di collemboli nei quattro gruppi di faggete ha confermato le differenze nella distribuzione di *L. cyaneus* ( $p=0.038$ ) ed ha messo in evidenza differenze nella densità con cui sono presenti *Protaphorura armata* ( $p=0.027$ ) e *Isotoma notabilis*. In quest'ultimo caso le differenze sono da imputarsi probabilmente ad una concentrazione particolarmente elevata di tale specie nel rilievo F6 (fig 5.52). *L. cyaneus*, come già osservato, è concentrato nei gruppi Gr1 e Gr2 (fig 15.53). I tre maggiori valori di densità di *P. armata* sono stati osservati nei rilievi del gruppo Gr1, sottolineando ulteriormente l'abbondanza di tale specie in questo insieme di rilievi (fig 15.54); sebbene il ridotto numero di campioni non permetta un uso efficace dei test *post-hoc* con confronti a coppie e correzione di Bonferroni (Field 2006).



**Fig. 5.52:** Abbondanza (ind/m<sup>2</sup>) di *Isotoma notabilis* (IsoNot) nei gruppi di fagete evidenziati dalle analisi fitosociologiche



**Fig. 5.53:** Abbondanza (ind/m<sup>2</sup>) di *Lepidocyrtus cyaneus* (LepCya) nei gruppi di fagete evidenziati dalle analisi fitosociologiche



**Fig. 5.54:** Abbondanza (ind/m<sup>2</sup>) di *Protaphorura armata* (ProArm) nei gruppi di faggete evidenziati dalle analisi fitosociologiche

Le comunità di collemboli sono state valutate anche mediante in numero di specie rilevate e gli indici di Shannon-Wiener (H') ed *evenness* (E). Nei rilievi di faggeta si osserva una media di 19 specie di collemboli, con un minimo di 12 (rilievo F10) ed un massimo di 25 (rilievo F5). Gli indici H' ed E hanno rispettivamente un valore medio di 2,09 e 0,71. L'indice di Shannon-Wiener raggiunge il valore massimo nel rilievo F7 con 2,65 ed il minimo in F11 con 1,71. I corrispondenti valori per l'indice E si osservano in F7 con 0,84 ed in F9 con 0,59. Le analisi mediante test K-W non evidenziano differenze significative tra i gruppi di faggeta per nessuno di questi indici.

#### 5.4.10 Collembolofauna della vegetazione soprasilvatica

Nelle tipologie di vegetazione soprasilvatica si osserva come i brachipodieti siano caratterizzati dalle specie *Lepidocyrtus lanuginosus*, *Pseudoachorudina falteronensis*, *Onychiurus pseudogranulosus*, *Protaphorura armata* e *Triacanthella perfecta*, presenti anche nei rilievi di faggeta. A tali specie deve essere aggiunta *Pseudosinella alba*, rinvenuta solo nei rilievi di praterie a brachipodio. Il rilievo B4 si differenzia dagli altri tre per la presenza di specie osservate anche nei vaccinieti come *Folsomia multiseta* e *Xenylla marittima*.

Sito	N°Sp	H'	E
F1	20	2.50	0.83
F2	22	2.41	0.78
F3	17	2.19	0.77
F4	19	1.83	0.62
F5	25	2.11	0.66
F6	21	2.50	0.82
F7	23	2.65	0.84
F8	20	1.82	0.61
F9	18	1.72	0.59
F10	12	1.83	0.74
F11	14	1.71	0.65
F12	19	2.04	0.69
F13	22	1.89	0.61
F14	18	2.16	0.75
F15	19	2.15	0.73
F16	16	2.00	0.72
B1	17	2.46	0.87
B2	14	2.29	0.87
B3	14	2.46	0.93
B4	16	2.48	0.89
V2	8	1.75	0.84
V4	6	1.55	0.86
V5	7	1.29	0.67
V6	11	1.53	0.64
V7	9	1.79	0.81
V9	11	2.02	0.84
V10	13	2.13	0.83
D1	10	2.02	0.88
D2	7	1.52	0.78
N8	9	1.91	0.87
R11	10	1.30	0.57

**Tabella 5.24:** Numero di specie di collemboli (N°Sp), valori dell'indice di Shannon-Wiener (H') ed evenness (E) nei rilievi esaminati.

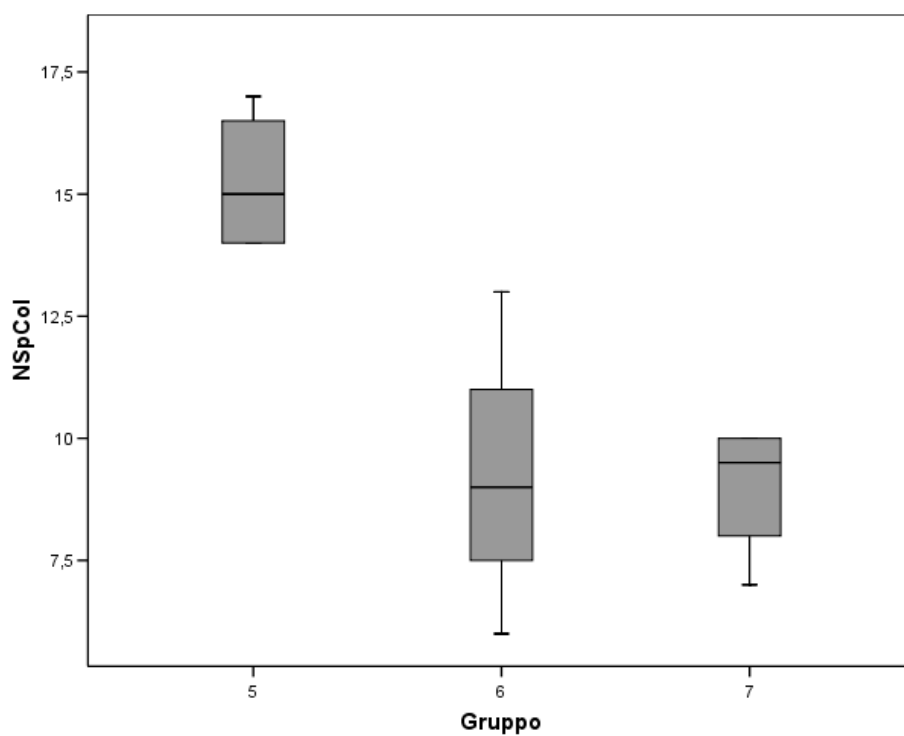
Nonostante si osservi nei vaccinieti una maggior frequenza di *F. multiseta*, *Seira ferrarii* e *Willowsia platani*, non si segnalano specie esclusive di questo tipo di vegetazione ad eccezione di *Oligaphorura absoloni*, presente solo nel rilievo V10. Dalle analisi non si evidenziano differenze tra le comunità collembologiche presenti nei rilievi di *Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis* e di *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*. La presenza di *Orogastrura parva* (osservata anche nel rilievo V10) e di *W. platani* confermano le somiglianze del rilievo di nardeto (N8) con i vaccinieti. Solo in N8 è stata rilevata *Pseudisotoma sensibilis*.

N°Specie	B1	B2	B3	B4	V2	V5	V10	V7	V9	V4	V6	D1	D3	N8	R11
	17	14	14	16	8	7	13	9	11	6	11	10	7	9	10
<i>Ceratophysella denticulata</i>	42		85						21			21	21		234
<i>Isotoma notabilis</i>	21	106	42	403			127					234	21		
<i>Isotomiella minor</i>	106	106		127			127		21		21	127	21		85
<i>Lepidocyrtus curvicolis</i>	170	64	127	127	531		234		127		21	212			446
<i>Ectomobrya lanuginosa</i>	85	64			21	42	382	106	318	85	169	127			106
<i>Folsomia nana</i>		234	106	127	85	1337		170	318	21	212	127			149
<i>Friesea cf inermis</i>	382		106		297	573	870	340	382	127	913				276
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i>	106	106	42		234	106	255	21	212		42	21			
<i>Mesaphorura krausbaueri</i>	42	106	170		637	42	42	21	42		42	42	234		106
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>	340	149	149	85											
<i>Pseudachorudina falteronensis</i>	255	637	149	297	127										
<i>Oncylurus pseudogranulosus</i>		127	21	234											
<i>Fseudosnella alba</i>	106	21		21											
<i>Protaphorura armata</i>	64	467	149	403					85			21			
<i>Tetracanthella perfecta</i>	42	106	106	106					21						
<i>Cryptopygus agrem</i>													234		
<i>Friesea mirabilis</i>													212		234
<i>Xenilloides armatus</i>													42		42
<i>Metaphorura affinis</i>															21
<i>Folsomia multiseti</i>				149		1146		382	106		127				234
<i>Sera ferraris</i>			21	42			21	21		21					42
<i>Xenylla maritima</i>			106			21				21					510
<i>Protaphorura tuberculata</i>				85											
<i>Sphaeriada pumili</i>				21	106										
<i>Hypogastrura crassuegranulata</i>		106													
<i>Isotoma violacea</i>												85			
<i>Odontella empodialis</i>								64							
<i>Tetracanthella apeminnica</i>			21					127							
<i>Proisotoma minuta</i>											21				
<i>Sminthurus viridis</i>											21				
<i>Isotomurus sp.</i>															42
<i>Pseudisotoma sensibilib</i>															127
<i>Oligaphorura absoloni</i>							276								
<i>Orogastrura parva</i>							234								21
<i>Willowsia platani</i>							21			64	42				127
<i>Isotoma viridis</i>	276						191								
<i>Neanura muscorum</i>	21			42			21								
<i>Sminthurinus aureus</i>	42														
<i>Lipothrix lubbocki</i>	21														

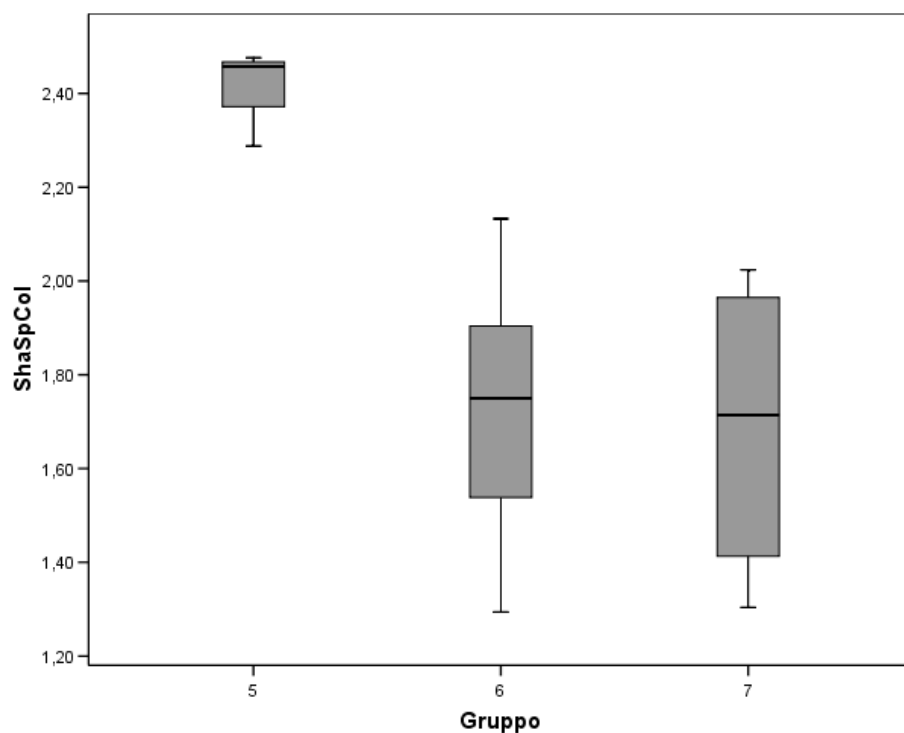
**Tabella 5.25: Distribuzione delle specie di collemboli nella vegetazione soprasilvatica**

Il deschampsieto D3 e il romiceto R11, aree con terreni saturi d'acqua, mostrano un ridotto numero di specie e la presenza comune di *Xenilloides armatus* e *Friesea mirabilis*, osservate solo in tali rilievi. Inoltre, solo in R11 è stata estratta *Metaphorura affinis*. Come descritto in precedenza il deschampsieto D1 mostra una comunità con specie che tendono ad avvicinarlo ai brachipodieti pur mancando le specie che caratterizzano tale tipo di vegetazione.

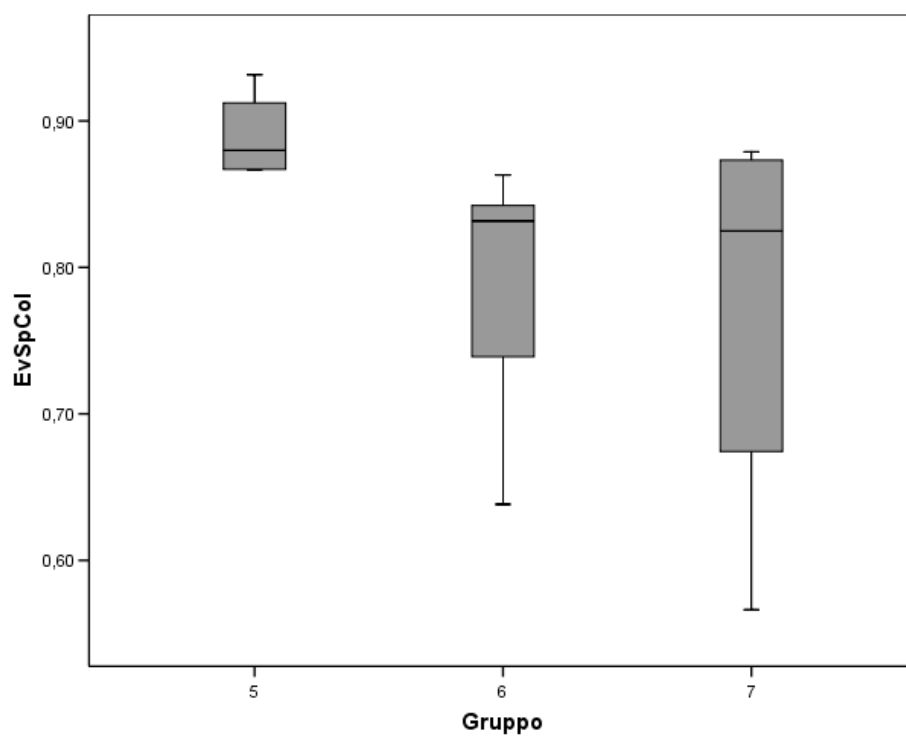
Separando i rilievi nei gruppi Gr5 (B1, B2, B3, B4), Gr6 (V2, V4, V5, V6, V7, V9, V10) e Gr 7 (D1, D3, N8, R11), come fatto in precedenza per le analisi del numero di specie nella vegetazione soprasilvatica ed il numero di taxa di microartropodi, è stato eseguito il test K-W (accoppiato al test J-T) sul numero di specie di collemboli e i valori degli indici H' ed E. I test mettono in evidenza sia per il numero di specie (K-W p=0.015 e J-T p=0.013) sia per l'indice H' (K-W p=0.016 e J-T p=0.013) una significativa riduzione dei valori nei gruppi Gr6 e Gr7 rispetto a Gr5 (fig 5.55 e 5.56). L'indice E non mostra differenze significative (fig 5.57). Il test K-W conferma inoltre le già citate differenze nella distribuzione di *L. lanuginosus* (p=0.001), *P. falteronensis* (p=0.003), *O. pseudogranulosus* (p=0.009), *P. armata* (p=0.008), *T. perfecta* (p=0.003) e *P. alba* (p=0.009), concentrate nei rilievi di brachipodieto (Gr5).



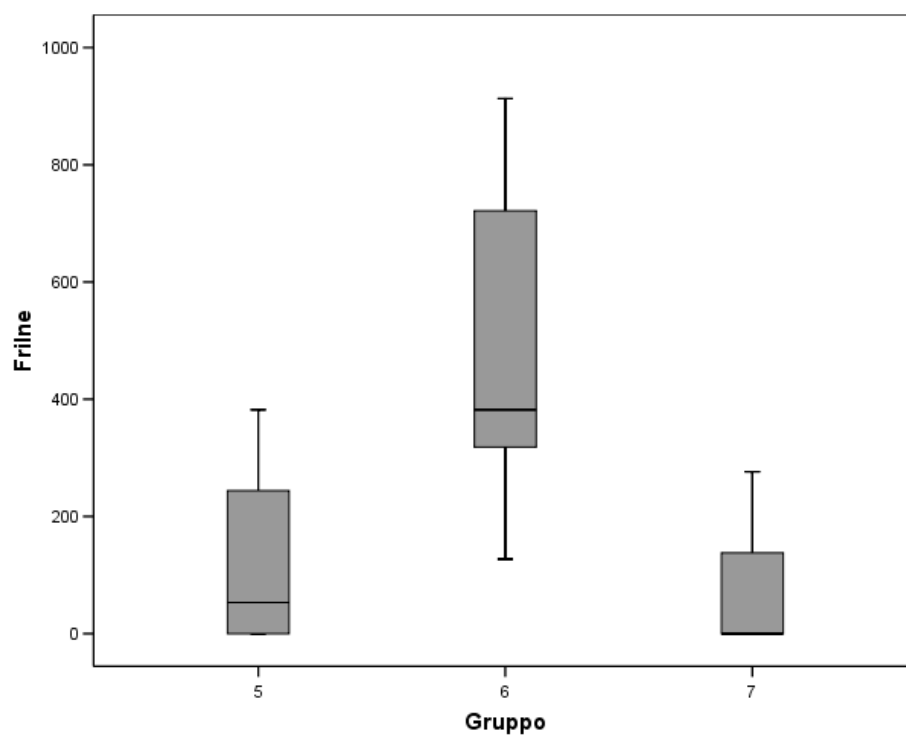
**Fig. 5.55:** Numero di specie di collemboli (NSpCol) nei gruppi di vegetazione soprasilvatica.



**Fig. 5.56:** Valore dell'indice di Shannon-Wiener (ShSpCol) nei gruppi di vegetazione soprasilvatica.



**Fig. 5.57:** Valore dell'indice di evenness (EvSpCol) nei gruppi di vegetazione soprasilvatica.



**Fig. 5.58:** Abbondanza (ind/m<sup>2</sup>) di *Friesea cf inermis* (FriIne) nei gruppi di vegetazione soprasilvatica

Si osservano inoltre variazioni significative nell'abbondanza di *Friesea* cf. *inermis* ( $p=0.019$ ) ed i test *post-hoc* evidenziano differenze tra i gruppi Gr6 e Gr7, con una minore densità di tale specie in quest'ultimo. Nonostante i test *post-hoc* non lo confermino, è intuibile dai dati anche una maggiore abbondanza di *F.* cf. *inermis* in Gr6 rispetto a Gr5 (fig. 5.58).

#### 5.4.11 La collembolofauna di: faggete, vaccinieti e brachipodieti

Come fatto in precedenza per i taxa di microartropodi, è stata confrontata l'abbondanza delle diverse specie di collemboli nelle tre tipologie vegetali più rappresentate: faggete (*Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*), praterie a brachipodio (*Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*) e vaccinieti (*Empetro-Vaccinietum gaultherioidis* e *Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis*). Le due associazioni di vaccinieto sono state raggruppate in conseguenza della somiglianza tra i popolamenti a collemboli. Le restanti tipologie di vegetazione soprasilvatica non sono state inserite nel confronto dato il ridotto numero di rilievi. Il test K-W mostra differenze significative per 14 specie: *Folsomia sensibilis* ( $p=0.001$ ), *Folsomia nana* ( $p=0.002$ ), *Hypogastrura crassaegranulata* ( $p=0.001$ ), *Isotoma notabilis* ( $p=0.016$ ), *Isotomiella minor* ( $p<0.000$ ), *Lepidocyrtus lanuginosus* ( $p<0.000$ ), *Onychiurus pseudogranulosus* ( $p=0.001$ ), *Protaphorura armata* ( $p=0.005$ ), *Protaphorura tuberculata* ( $p=0.017$ ), *Pseudachorudina falteronensis* ( $p=0.005$ ), *Seira ferrarii* ( $p=0.013$ ), *Tetracanthella apenninica* ( $p=0.038$ ), *Triacanthella perfecta* ( $p=0.018$ ), *Pseudosinella alba* ( $p<0.001$ ). I test *post-hoc*, eseguiti mediante confronti a coppie con test di Mann-Whitney e correzione di Bonferroni (Field 2006), mostrano (tabella 5.26) come le faggete e i vaccinieti differiscano per l'abbondanza di tutte le specie sopracitate eccetto *T. apenninica*, *T. perfecta* e *P. alba*. Le specie con differenze significative mostrano tutte una abbondanza maggiore nelle faggete ad eccezione di *S. ferrarii*. Il confronto tra faggete e praterie a brachipodio evidenzia come oltre a *F. sensibilis*, esclusiva delle faggete, anche *F.nana* e *I. minor* siano più abbondanti nei rilievi di bosco, mentre *S. ferrarii* caratterizza i brachipodieti. Il confronto tra vaccinieti e praterie a brachipodio conferma le differenze già osservate nella distribuzione di: *L. lanuginosus*, *P. falteronensis*, *O. pseudogranulosus*, *P. armata*, *T. perfecta* e *P. alba*, nella fascia soprasilvatica. Nonostante sia stata campionata con maggiore frequenza e densità nelle

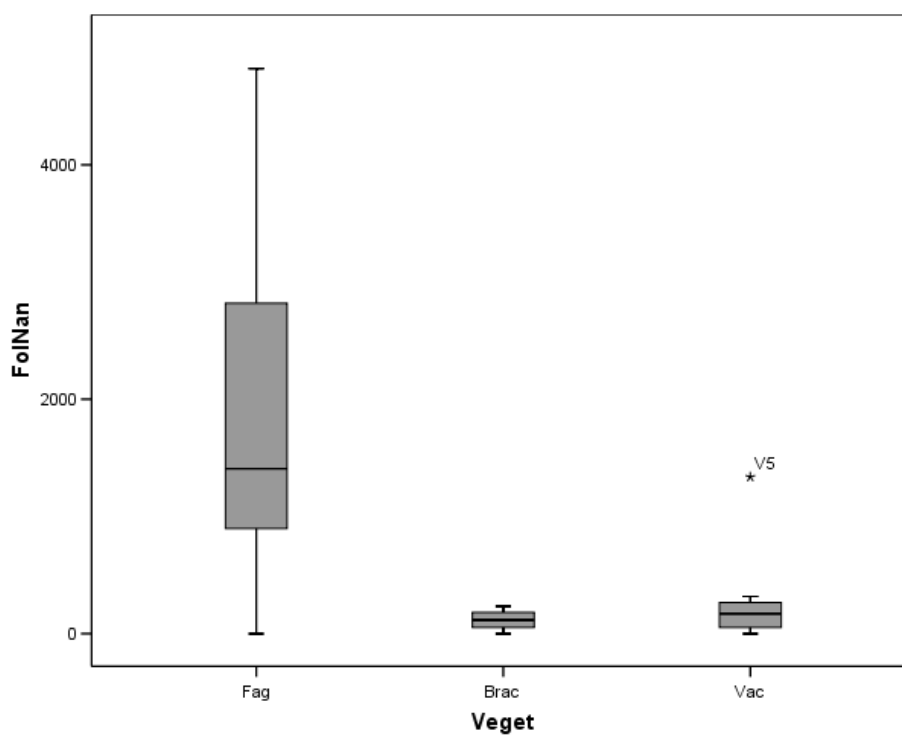
faggete, la distribuzione fortemente anisotropa di *T. apenninica* non permette una chiara analisi *post-hoc* (fig. da 5.59 a 5.72).

Anche il numero di specie di collemboli ( $p < 0.000$ ), gli indici  $H'$  ( $p = 0.006$ ) ed  $E$  ( $p = 0.002$ ) differiscono nelle tre tipologie di vegetazione esaminate.

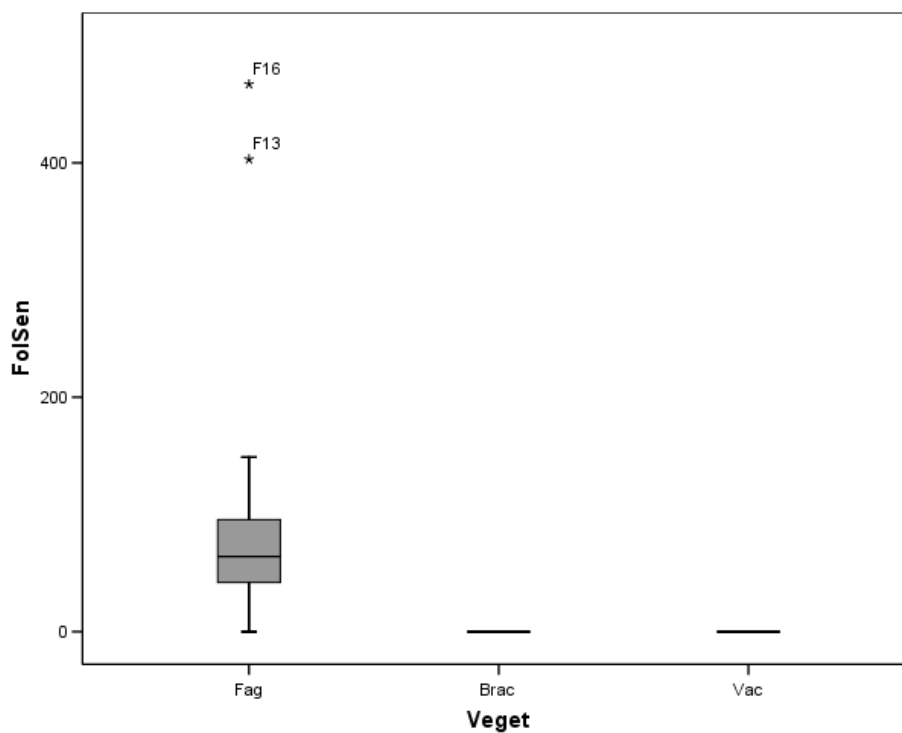
	test K-W	Confronti <i>post-hoc</i>		
		Fag-Vac	Fag-Brac	Vac-Brac
<i>Folsomia nana</i>	0.002	*	*	ns
<i>Folsomia sensibilibis</i>	0.001	*	*	ns
<i>Hypogastrura crassaegranulata</i>	0.001	*	ns	ns
<i>Isotoma notabilis</i>	0.016	*	*	ns
<i>Isotomiella minor</i>	0.000	*	ns	ns
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>	0.000	*	ns	*
<i>Onychiurus pseudogranulosus</i>	0.001	*	ns	*
<i>Protaphorura armata</i>	0.005	*	ns	*
<i>Protaphorura tuberculata</i>	0.017	*	ns	ns
<i>Pseudachorudina falteronensis</i>	0.005	*	ns	*
<i>Pseudosinella alba</i>	0.000	ns	*	*
<i>Seira ferrarii</i>	0.013	*	*	ns
<i>Tetracanthella apenninica</i>	0.038	ns	ns	ns
<i>Triacanthella perfecta</i>	0.018	ns	ns	*
N°Sp	0.000	*	ns	*
H'	0.006	*	ns	*
E	0.002	ns	*	*

**Tabella 5.26: Valori di significatività del test Kruskal-Wallis (K-W) e significatività nei confronti *post-hoc* per le specie di collemboli, il numero di specie (N°Sp), l'indice di Shannon-Wiener (H') e l'indice di evenness (E) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodietio (Brac) e vaccinieto (Vac). \* = differenza significativa. ns = non significativo. 0.000 =  $p < 0.001$**

I confronti *post-hoc* mostrano per il confronto tra faggete e vaccinieti un numero significativamente maggiore di specie e un valore più elevato dell'indice  $H'$  nelle prime. Invece gli stessi parametri non presentano differenze rilevanti nel confronto tra faggete e praterie a brachipodio, mentre l'indice  $E$  è significativamente maggiore in queste ultime (fig. da 5.73 a 5.75). Infine, tutti e tre gli indici mostrano valori significativamente maggiori nei brachipodieti rispetto ai vaccinieti. Come già osservato per le comunità di artropodi anche la collembolofauna sembra indicare un progressiva riduzione nel numero di specie passando dal bosco di faggio all'arbusteto a mirtilli, con le praterie a brachipodio in una situazione intermedia. Si deve però sottolineare come le specie in quest'ultima tipologia di vegetazione siano tendenzialmente più equidistribuite (tabella 5.27).



**Fig. 5.59:** Densità (ind/m<sup>2</sup>) di *Folsomia nana* (FolNan) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieta (Brac) e vaccinieta (Vac).



**Fig. 5.60:** Densità (ind/m<sup>2</sup>) di *Folsomia sensibilis* (FolSen) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieta (Brac) e vaccinieta (Vac).

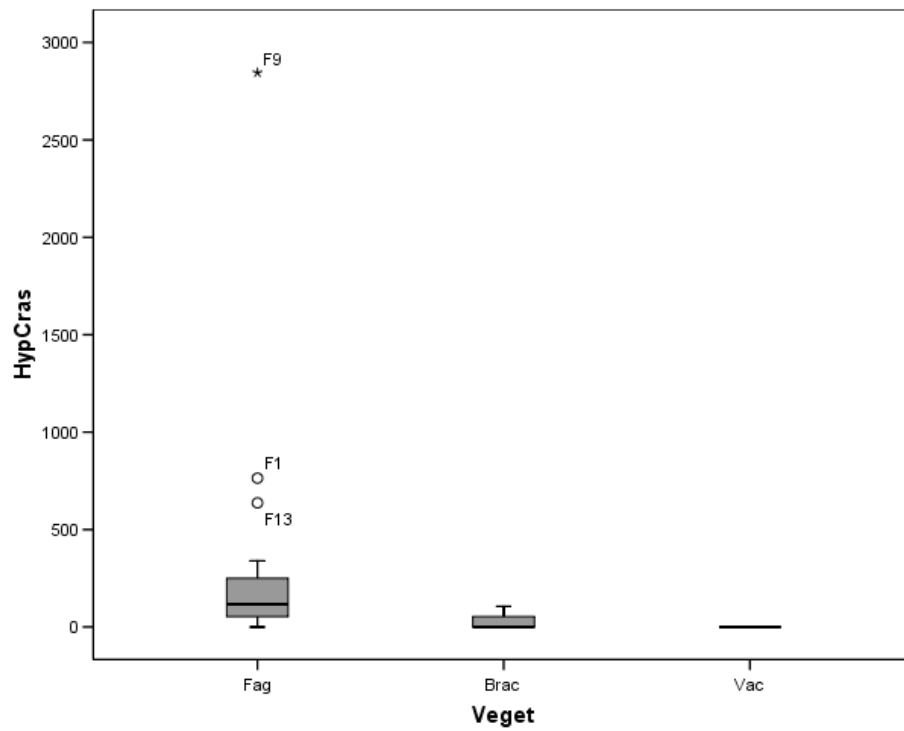


Fig. 5.61: Densità (ind/m<sup>2</sup>) di *Hypogastrura crassaegranulata* (HypCras) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vacciniето (Vac).

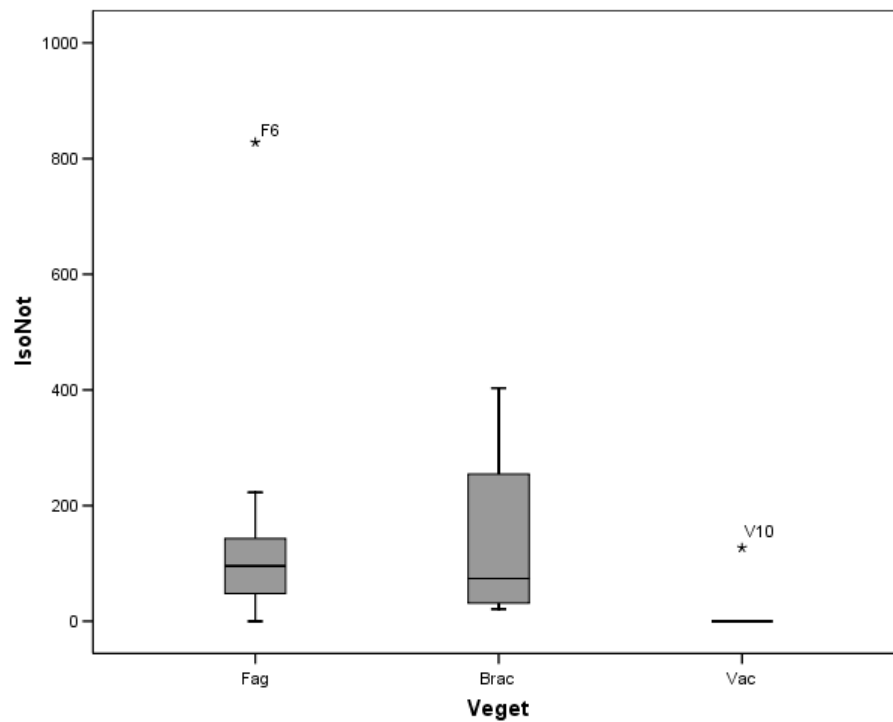
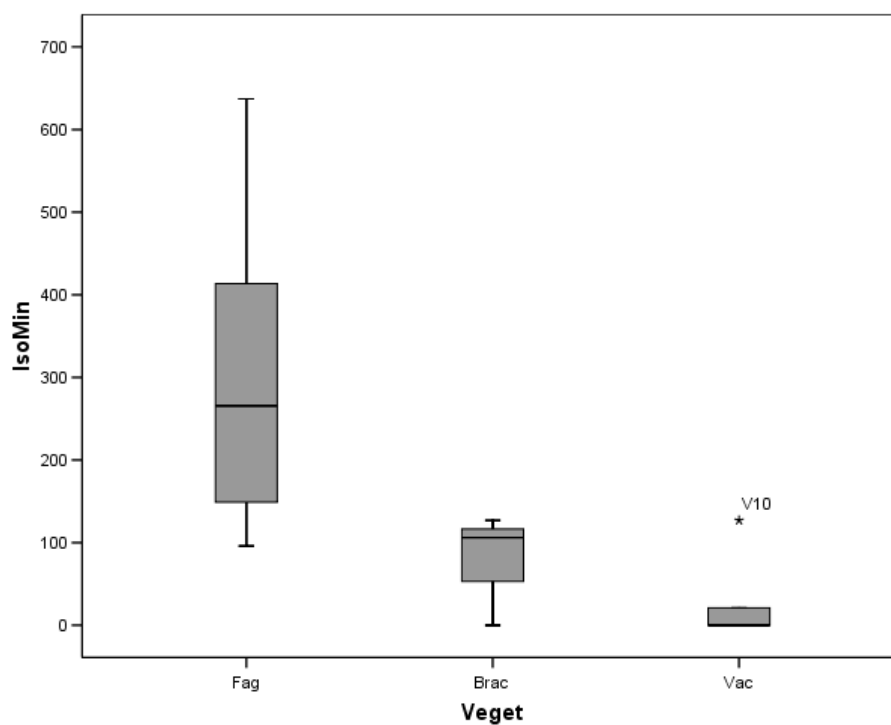
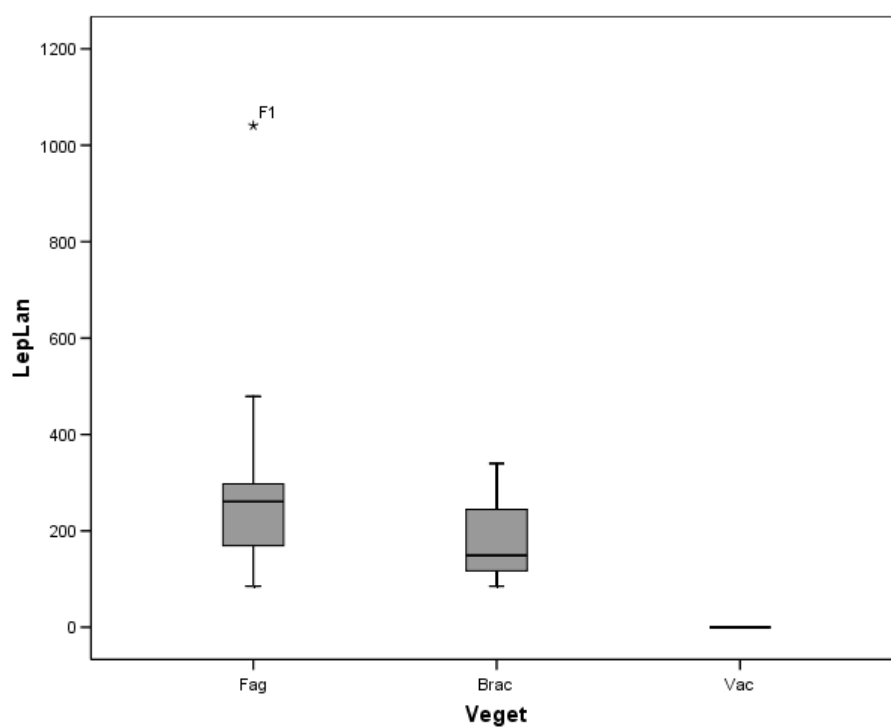


Fig. 5.62: Densità (ind/m<sup>2</sup>) di *Isotoma notabilis* (IsoNot) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vacciniето (Vac).



**Fig. 5.63:** Densità (ind/m<sup>2</sup>) di *Isotomiella minor* (IsoMin) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vacciniето (Vac).



**Fig. 5.64:** Densità (ind/m<sup>2</sup>) di *Lepidocyrtus lanuginosus* (LepLan) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vacciniето (Vac).

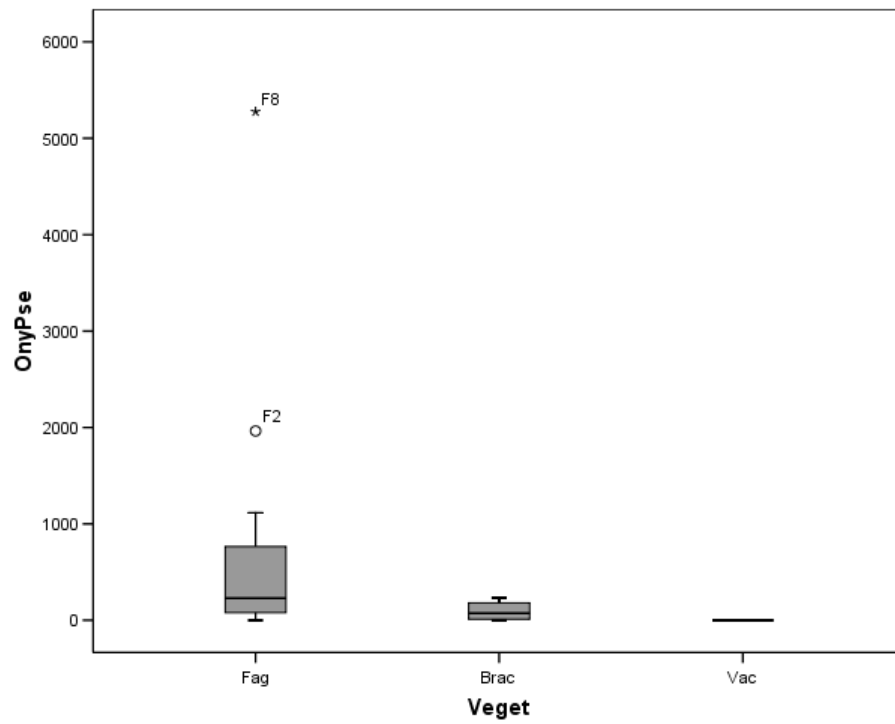


Fig. 5.65: Densità (ind/m<sup>2</sup>) di *Onychiurus pseudogranulosus* (OnyPse) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieta (Vac).

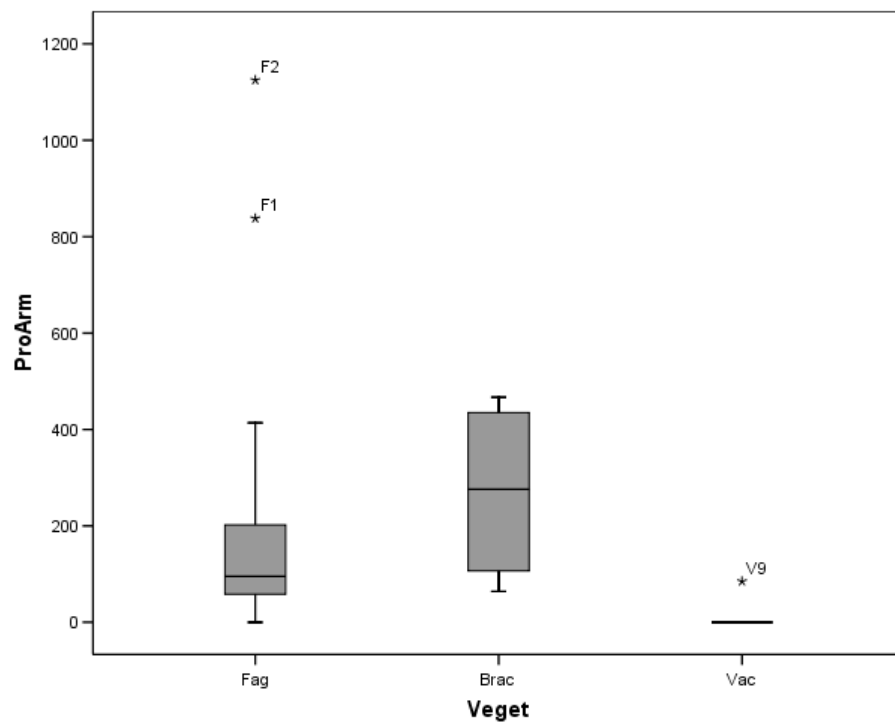


Fig. 5.66: Densità (ind/m<sup>2</sup>) di *Protaphorura armata* (ProArm) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieta (Vac).

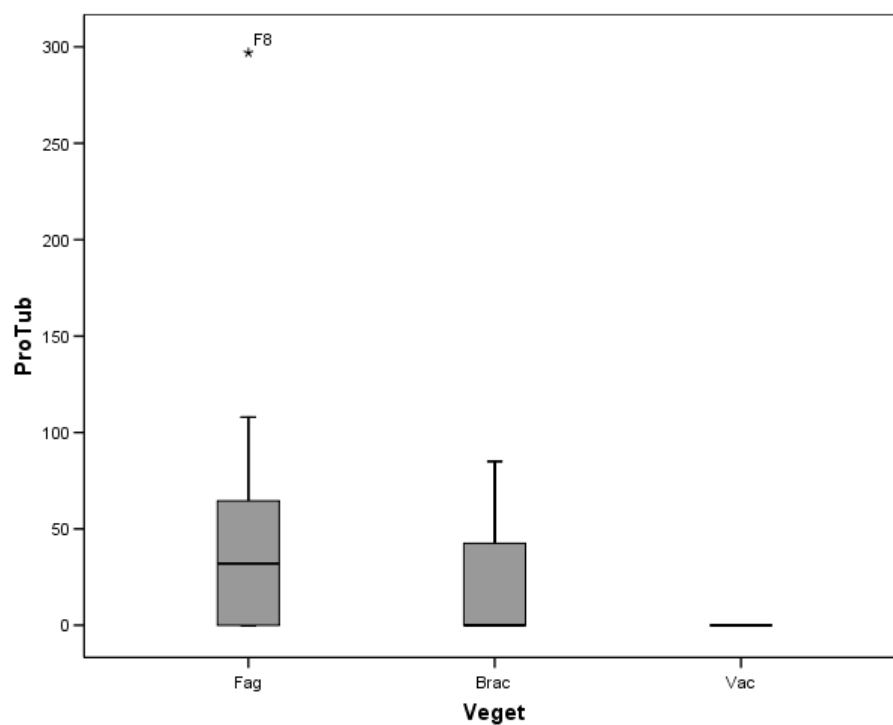


Fig. 5.67: Densità (ind/m<sup>2</sup>) di *Protaphorura tuberculata* (ProTub) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieta (Vac).

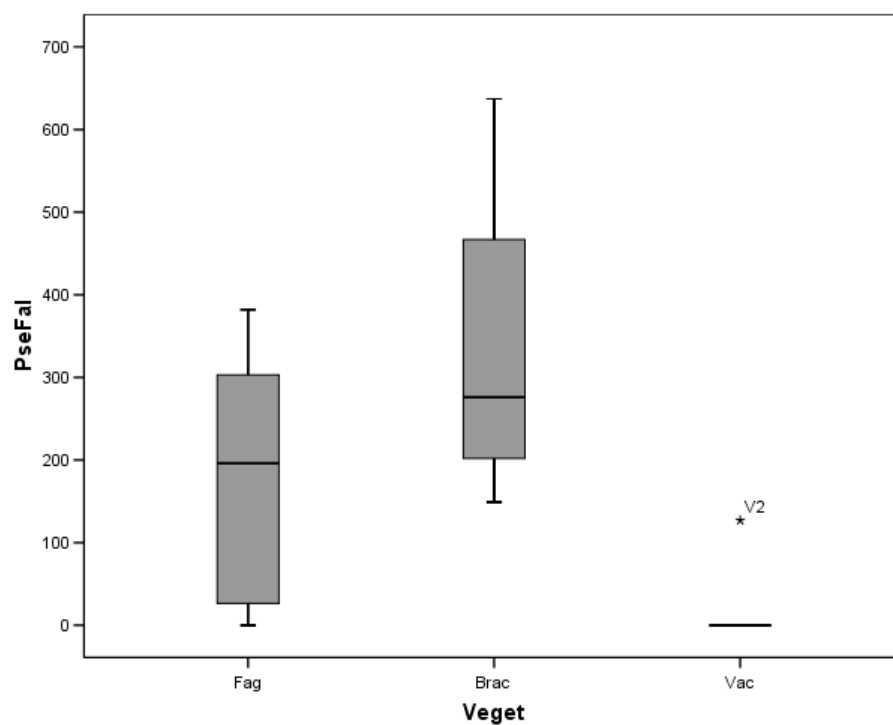
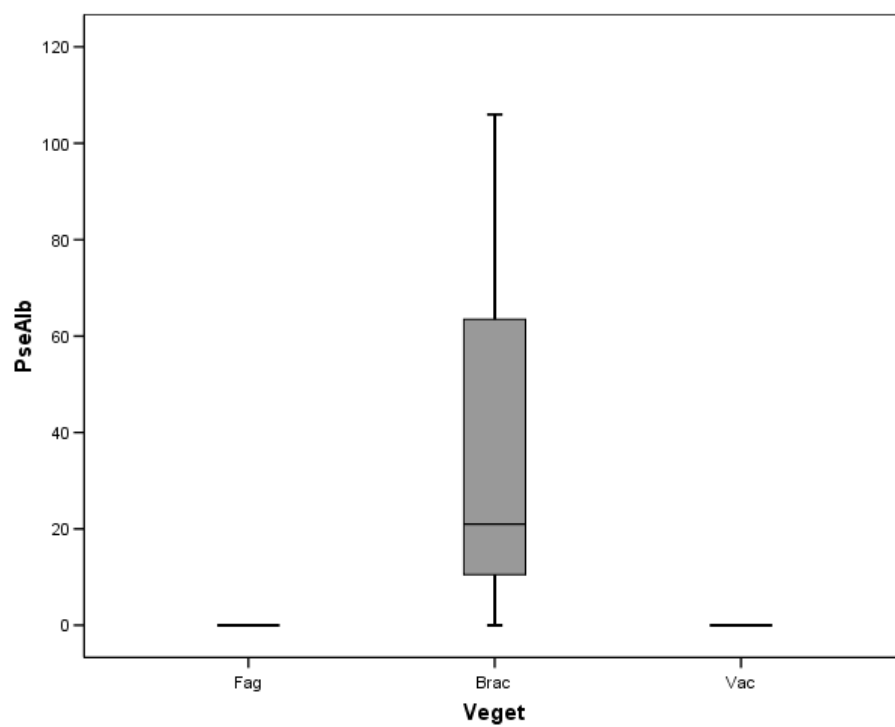
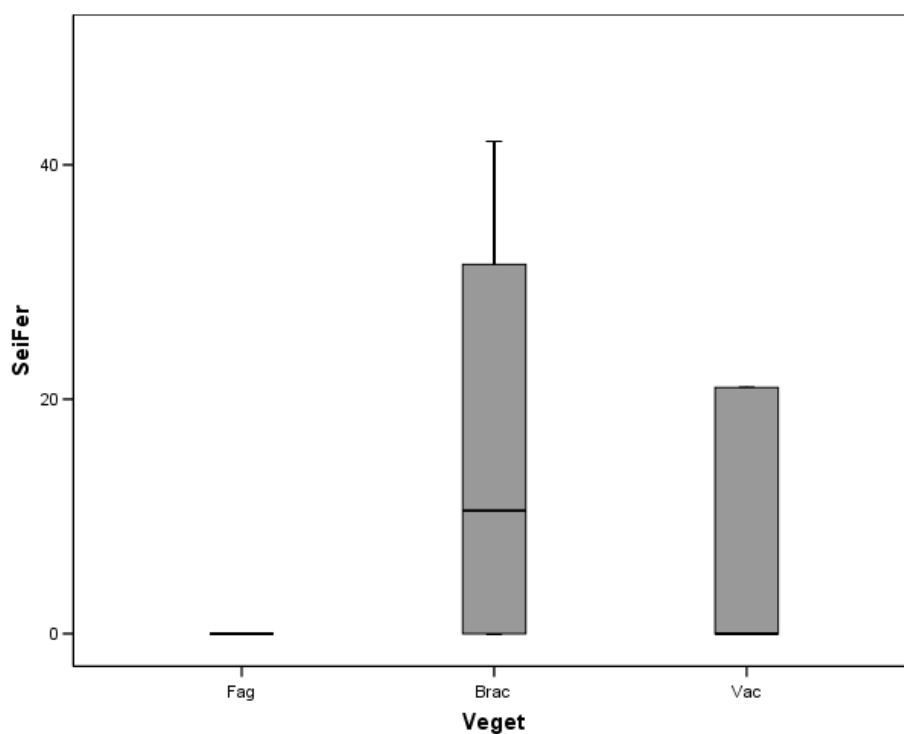


Fig. 5.68: Densità (ind/m<sup>2</sup>) di *Pseudachorudina falteronensis* (PseFal) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieta (Vac).



**Fig. 5.69:** Densità (ind/m<sup>2</sup>) di *Pseudosinalla alba* (PseAlb) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieta (Vac).



**Fig. 5.70:** Densità (ind/m<sup>2</sup>) di *Seira ferrarii* (SeiFer) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieta (Vac).

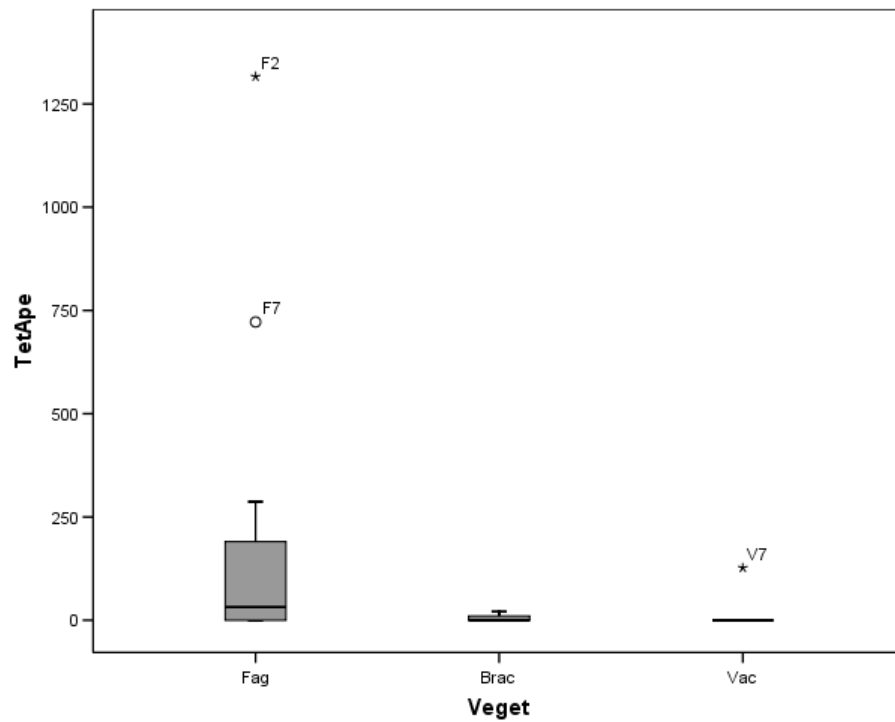


Fig. 5.71: Densità (ind/m<sup>2</sup>) di *Tetracanthella apenninica* (TetApe) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieta (Vac).

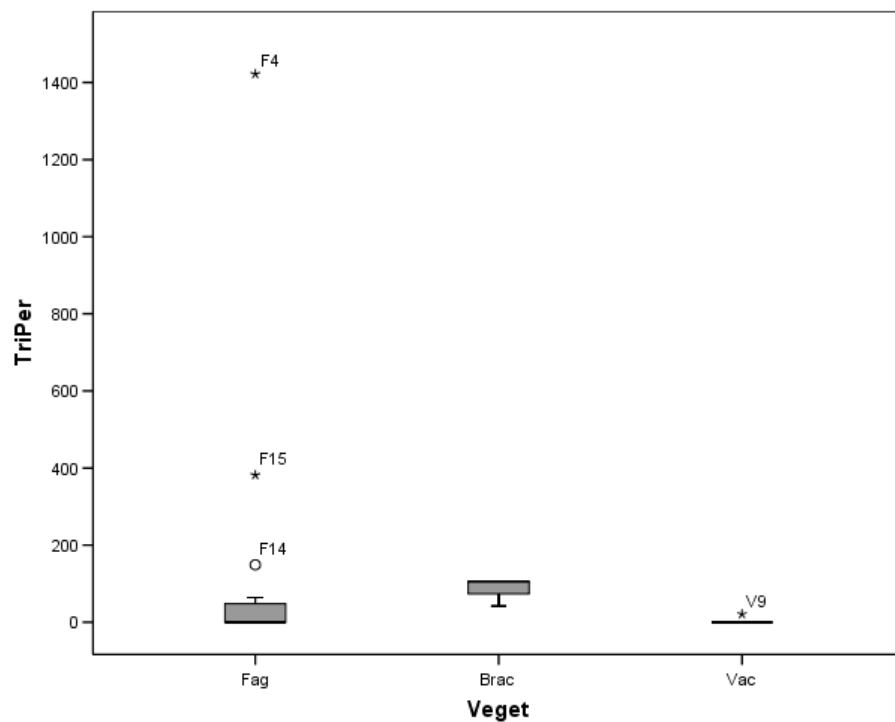
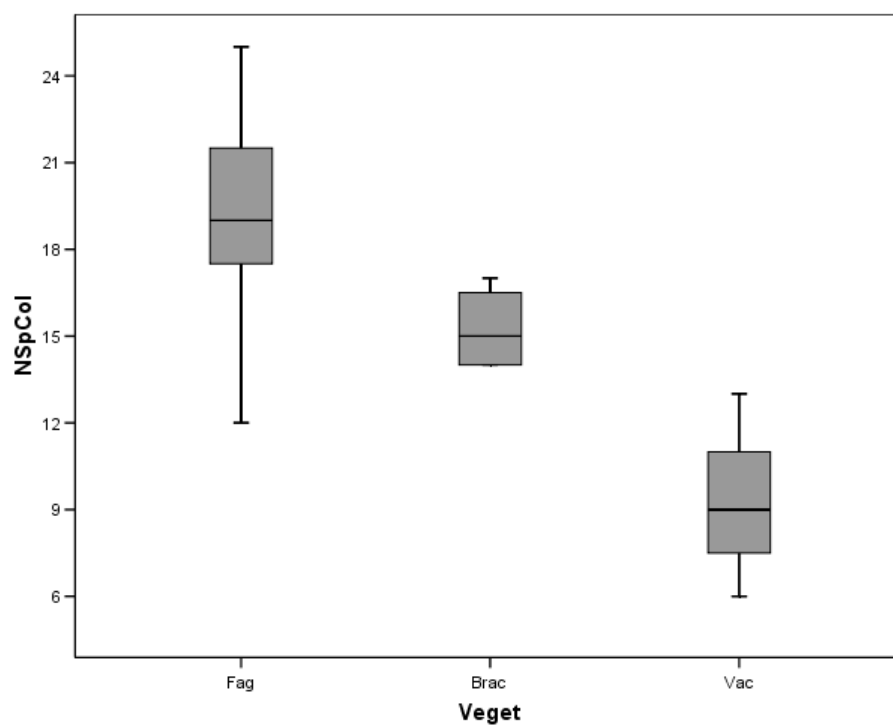
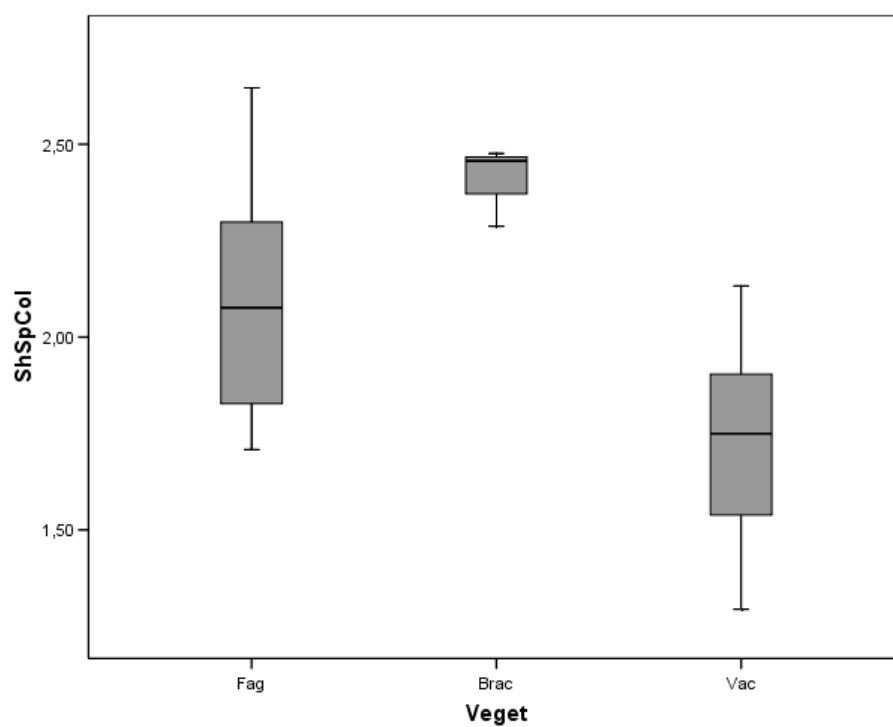


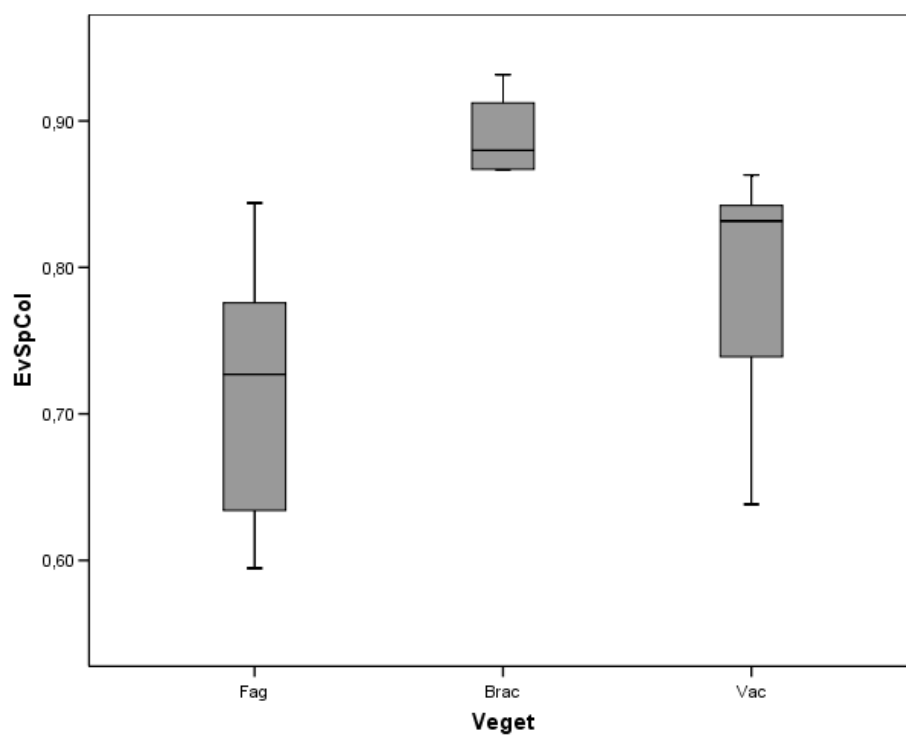
Fig. 5.72: Densità (ind/m<sup>2</sup>) di *Triacanthella perfecta* (TriPer) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieta (Vac).



**Fig. 5.73:** Numero di specie di collemboli (NSpCol) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieta (Vac).



**Fig. 5.74:** Valore dell'indice di Shannon-Wiener (ShSpCol) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieta (Vac).



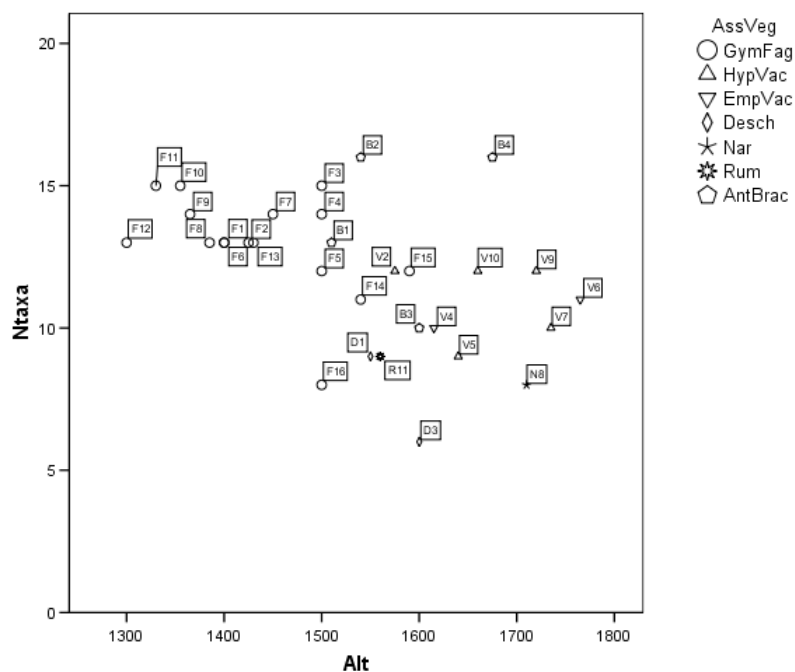
**Fig. 5.75** Valore dell'indice di evenness (EvSpCol) nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieta (Brac) e vaccinieta (Vac).

	Fag					Brac					Vac				
	Median a	Media	E. S. della	Min	Max	Median a	Media	E. S. della	Min	Max	Median a	Media	E. S. della	Min	Max
<i>Arrhopalites sp</i>	0	13	6	0	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratophysella armata</i>	0	2	2	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratophysella denticulata</i>	16	160	64	0	818	21	32	20	0	85	0	3	3	0	21
<i>Cryptopygus agreni</i>	0	1	1	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Entomobrya lanuginosa</i>	65	79	21	0	319	32	37	22	0	85	106	160	53	21	382
<i>Folsomia multisetata</i>	754	757	201	0	2548	0	37	37	0	149	106	252	158	0	1146
<i>Folsomia nana</i>	1407	1796	321	0	4820	117	117	48	0	234	170	306	177	0	1337
<i>Folsomia sensibilis</i>	64	104	34	0	467	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Friesea cf inermis</i>	255	285	65	0	870	53	122	90	0	382	382	500	113	127	913
<i>Friesea mirabilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hypogastrura crassaegranulata</i>	117	347	175	0	2845	0	27	27	0	106	0	0	0	0	0
<i>Hypogastrura socialis</i>	0	190	121	0	1836	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Isotoma notabilis</i>	96	140	49	0	828	74	143	89	21	403	0	18	18	0	127
<i>Isotoma violacea</i>	0	83	44	0	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Isotoma viridis</i>	0	3	3	0	42	0	69	69	0	276	0	27	27	0	191
<i>Isotomiella minor</i>	266	300	41	96	637	106	85	29	0	127	0	24	18	0	127
<i>Isotomurus palustris</i>	0	3	3	0	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Isotomurus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lepidocyrtus curvicolis</i>	80	97	26	0	403	127	122	22	64	170	21	130	75	0	531
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i>	0	52	25	0	319	74	64	26	0	106	106	124	41	0	255
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>	261	294	55	85	1041	149	181	55	85	340	0	0	0	0	0
<i>Lipothrix lubbocki</i>	0	0	0	0	0	0	5	5	0	21	0	0	0	0	0
<i>Megalothorax minimus</i>	0	41	20	0	255	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mesaphorura krausbaueri</i>	122	651	359	0	5690	74	80	37	0	170	42	118	87	0	637
<i>Metaphorura affinis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Micranurida pygmaea</i>	0	3	2	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neanura muscorum</i>	0	25	12	0	181	11	16	10	0	42	0	3	3	0	21
<i>Odontella empodialis</i>	0	2	2	0	32	0	0	0	0	0	0	9	9	0	64
<i>Oligaphorura absoloni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	39	0	276
<i>Onychiurus pseudogranulosus</i>	229	727	330	0	5276	74	96	54	0	234	0	0	0	0	0
<i>Orchesella sp</i>	0	5	3	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Orogastrura parva</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	33	0	234
<i>Proisotoma minuta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	21
<i>Protaphorura armata</i>	96	220	79	0	1125	276	271	97	64	467	0	12	12	0	85
<i>Protaphorura sp</i>	0	18	18	0	287	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protaphorura tuberculata</i>	32	53	18	0	297	0	21	21	0	85	0	0	0	0	0
<i>Pseudachorudina falteronensis</i>	196	181	37	0	382	276	335	106	149	637	0	18	18	0	127
<i>Pseudamurophorus binoculatus</i>	0	3	2	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudisotoma sensibilis</i>	0	8	5	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudosinella alba</i>	0	0	0	0	0	21	37	24	0	106	0	0	0	0	0
<i>Pseudosinella fallax</i>	0	23	12	0	138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudosinella petterseni</i>	0	18	11	0	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Seira ferrarii</i>	0	0	0	0	0	11	16	10	0	42	0	9	4	0	21
<i>Sminthurinus aureus</i>	0	0	0	0	0	0	11	11	0	42	0	0	0	0	0
<i>Sminthurus viridis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	21
<i>Sphaeridia pumilis</i>	0	42	32	0	510	0	5	5	0	21	0	15	15	0	106
<i>Tetracanthella apenninica</i>	32	184	89	0	1316	0	5	5	0	21	0	18	18	0	127
<i>Tomocerus minor</i>	0	17	10	0	159	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tomocerus minutus</i>	0	14	7	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Triacanthella perfecta</i>	0	130	90	0	1422	106	90	16	42	106	0	3	3	0	21
<i>Vertagopus arborea</i>	0	4	4	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Willowsia platani</i>	0	3	2	0	32	0	0	0	0	0	0	18	10	0	64
<i>Xenylla maritima</i>	0	0	0	0	0	0	27	27	0	106	0	6	4	0	21
<i>Xenyllodes armatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

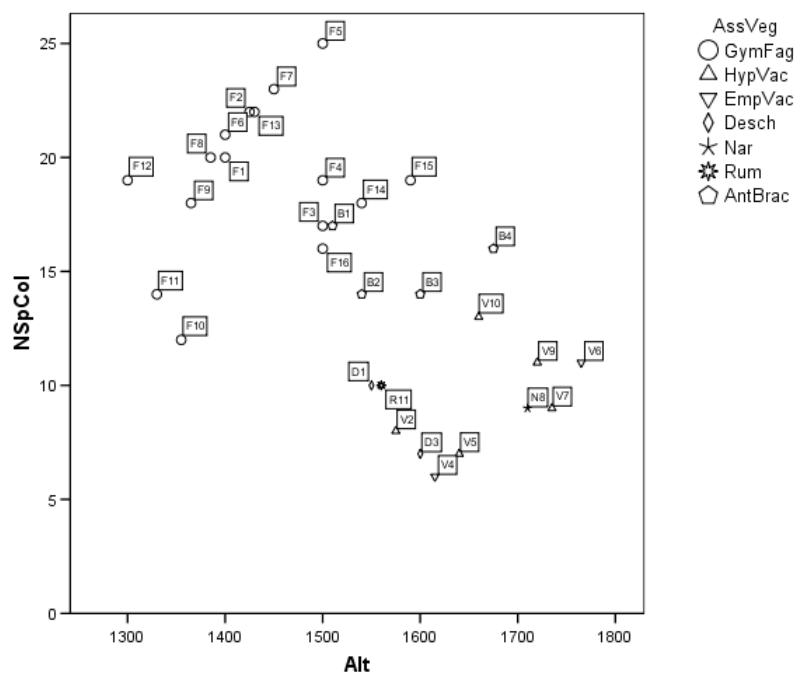
**Tabella 5.27: Valori (ind/m<sup>2</sup>) della mediana, della media, dell'errore standard della media (E.S. media), della densità minima (Min) e massima (Max) osservati per le specie di collemboli nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieto (Vac).**

#### 5.4.12 Correlazione tra diversità della fauna edafica ed altitudine

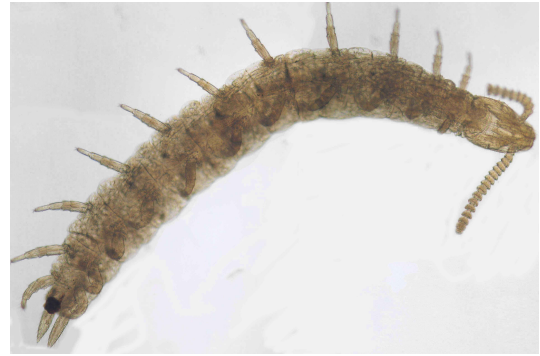
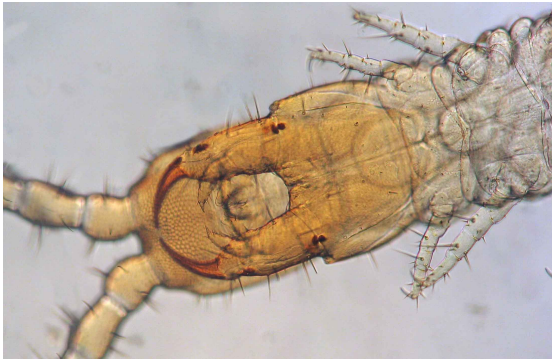
Le analisi eseguite mediante test di Spearman sulla totalità dei rilievi della riserva mostrano una correlazione negativa tra l'altitudine delle stazioni e la ricchezza della fauna del suolo (fig. 5.76 e 5.77). Infatti all'aumentare della altitudine si osserva una diminuzione sia del numero di taxa edafici ( $p=0.001$ ) sia della ricchezza in specie di collemboli ( $p<0.001$ ). La riduzione di biodiversità della fauna edafica in relazione all'altitudine è già stata evidenziata da diversi autori (Kallimanis *et al.* 2002, Wallwork 1970), si deve però evidenziare come alle diverse altitudini corrispondano anche diverse tipologie di vegetazione.



**Fig. 5.76:** Correlazione tra numero di taxa edafici (Ntaxa) e altitudine (Alt) nei rilievi esaminati. **GymFag**= *Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*, **AntBrac**= *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*, **HypVac**= *Hyperico Vaccinietum gaultherioidis*, **EmpVac**= *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*, **Desch**= agg. a *Deschampsia caespitosa*, **Nar**= *Geo-Nardetum strictae*, **Rum**= agg. a *Rumex alpinus*

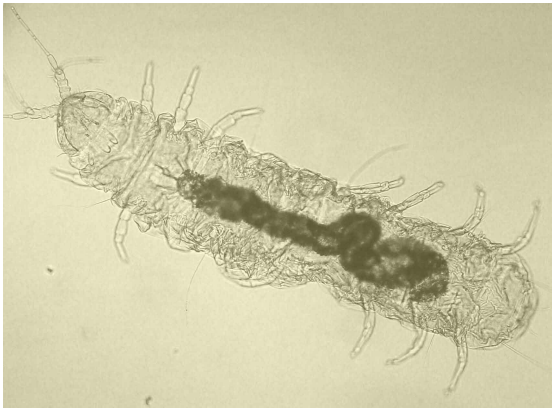


**Fig. 5.77:** Correlazione tra numero di specie di collemboli (NSpCol) e altitudine (Alt) nei rilievi esaminati. GymFag= *Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*, AntBrac= *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*, HypVac= *Hyperico Vaccinietum gaultherioidis*, EmpVac= *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*, Desch= agg. a *Deschampsia caespitosa*, Nar= *Geo-Nardetum strictae*, Rum= agg. a *Rumex alpinus*.



Dall'alto in senso orario.

**Fig. 5.78: Apparato boccale di un chilopode geofilomorfo. Foto Leoni.**



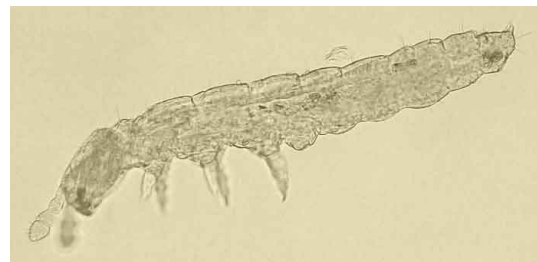
**Fig. 5.79: Sinfile. Foto Leoni.**

**Fig. 5.80: Pauropode. Foto Leoni.**

In basso da sinistra

**Fig. 5.81: *Ceratophysella denticulata* (Collembola). Foto Leoni.**

**Fig. 5.82: *Mesaphorura krausbaueri* (Collembola). Foto Leoni.**



## 5.5 Nuova specie di *Tetracanthella* (Collembola)

Durante lo studio delle comunità edafiche nella riserva naturale Guadine Pradaccio, sono stati prelevati esemplari appartenenti al genere *Tetracanthella* (Collembola) che non trovano corrispondenze in specie italiane od europee, pur presentando diversi caratteri che li avvicinano a *T. dallaii* (Deaharveng 1987, Cassagnau 1959, Potapov & Deharveng 2005, Simon Benito & Lucianez-Sanchez 1998). Tali caratteristiche morfologiche hanno portato a considerarli come appartenenti ad una nuova specie. Il Prof. Parisi ha descritto tale specie (Parisi *in press*) denominandola *T. apenninica*.

### 5.5.1 Descrizione

Lunghezza del corpo di poco superiore al millimetro (1,2 mm); pigmentazione del corpo tendente al blu-nero per la presenza di granuli colorati in tal modo. Presenza di pigmentazione anche sulle antenne. Placca ocellare evidente con sei ocelli rilevati. PAO lungo circa due volte il diametro di un ocello. Tra le basi delle antenne vi è una setola impari. 4 setole pp tra p1 e p3. Rapporti tra gli antennomeri: 1:1,6 : 1,5 : 2,5. Sono presenti 2 setole prelabiali e 3 setole sul lobo esterno delle mascelle. Zampe con unghia senza dentelli, con 2 ergots non capitati dorsali e setole ventrali indifferenziate. Appendice empodiale circa 1/3 del margine interno dell'unghia. Furca ridotta al manubrio accollato allo sternite con 3+3 setole (fig.5.83), subcoxa anteriore con una setola, quella posteriore con tre setole. Completa assenza del retinacolo (non rilevabile nessuna setola residuale). Macrochete dorsali (fig. 5.84), secondo la formula di Deharveng (1987): 2/3-3/2-3-3. Le macrochete dorsali del metatergite sono distribuite secondo il tipo A (Deaharveng 1987). Sono presenti 4+4 macrochete sul IV segmento addominale e 2+2 sul V. Sul VI segmento addominale è presente in posizione ventrale una coppia di macrochete con una piccola setola impari tra esse. Una microcheta è presente sul mesotorace lateroposteriormente alla macrocheta mediale. Le quattro spine posizionate sugli ultimi due segmenti addominali (caratteristiche del genere *Tetracanthella*) sono robuste, lunghe quanto il margine interno dell'unghia.

Osservazioni tassonomiche: La popolazione descritta appartiene al gruppo delle specie di *Tetracanthella* distribuite su aree di media ed alta montagna, come indicato anche dalla estrema riduzione della furca; carattere tipico delle specie di tali fasce altitudinali. Come sopra riportato la specie in esame presenta affinità con *T. dallaii*,

dalla quale differisce principalmente per avere due macrochete sul I segmento addominale, una sola sulla subcoxa anteriore e sei setole sul manubrio. In *T. dallaii* tali setole sono rispettivamente 3, 2 e 7-8.

Località di raccolta: La nuova specie è stata rinvenuta nella riserva naturale Guadine Pradaccio (PR), principalmente nella lettiera dei boschi di faggio (circa 1450 m di quota)

*Derivatio nominis*: Dato la probabilità che tale specie, come *T. dallaii*, sia presente anche in altre zone dell'Appennino è stata denominata dal Prof. Parisi *T. apenninica*.

Tipi: Un olotipo (raccolto il 15 giugno 2005) e 3 paratipi depositati presso il Museo di Storia Naturale dell'Università di Parma.

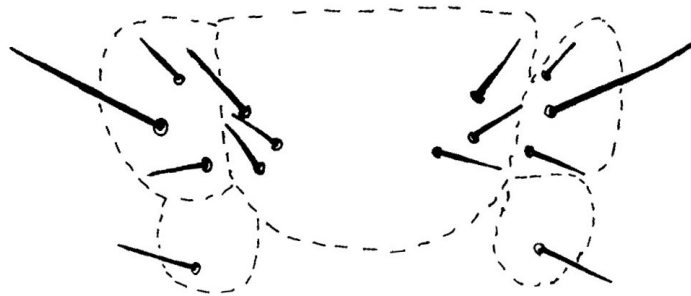


Fig. 5.83: Area furcale di *Tetracanthella apenninica*

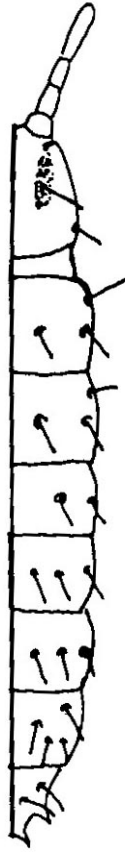
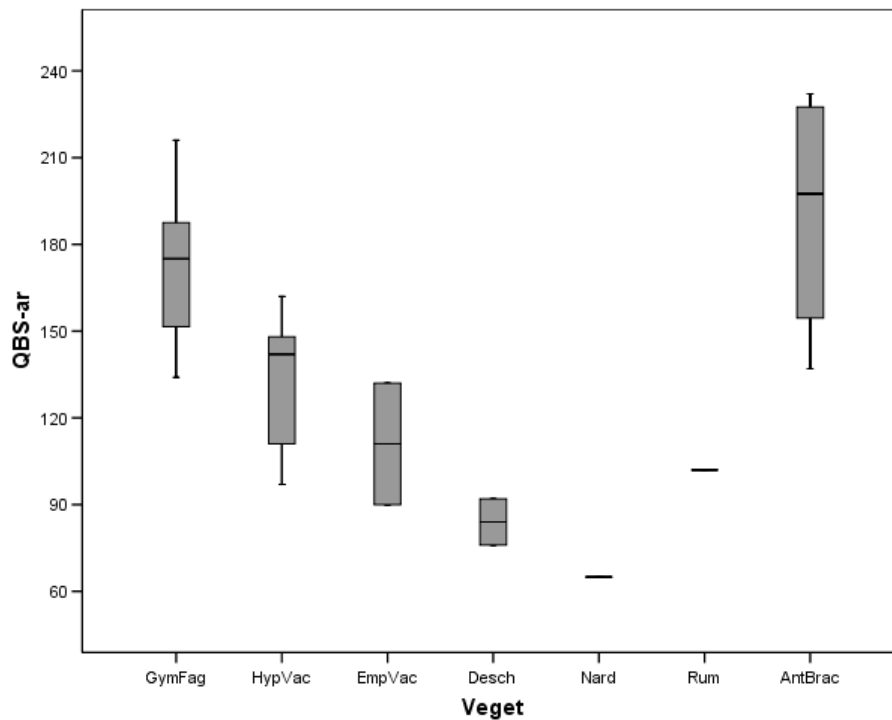


Fig. 5.84: Schema delle macrochete di *Tetracanthella apenninica*

## 5.6 Valori degli indici QBS-ar e QBS-c

Le comunità di microartropodi edafici sono state analizzate anche mediante l'indice biologico di qualità del suolo QBS (Parisi 2001, Parisi *et al.* 2005, Gardi *et al.* *In press*), sia nella versione QBS-ar (artropodi) sia nella versione QBS-c (collemboli). Le faggete e i brachipodieti sono le tipologie di vegetazione che mostrano i valori più elevati di entrambi gli indici (fig. 5.85 e 5.86), inoltre, i valori medi di QBS-ar (rispettivamente 172 e 191) superiori a 150 riscontrati in questi ambienti indicano una elevata qualità biologica dei suoli. Nel nardeto (N8) si osserva invece un valore più basso di QBS-ar, a confermare l'azione anche sulla fauna del suolo delle attività antropiche che caratterizzano la formazione di questo tipo di vegetazione (tabelle 5.28 e 5.29).

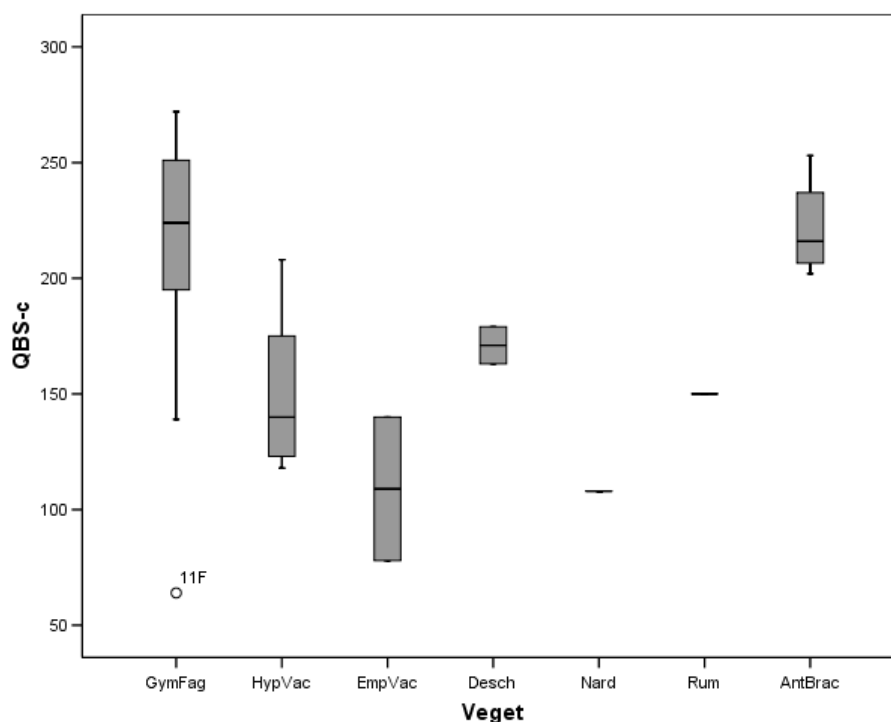


**Fig. 5.85:** Valori di QBS-ar nelle diverse associazioni vegetali. GymFag= *Gymnocarpium-Fagetum sylvaticae*, HypVac= *Hyperico Vaccinietum gaultherioidis*, EmpVac= *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*, Desch= agg. a *Deschampsia caespitosa*, Nar= *Geo-Nardetum strictae*, Rum= agg. a *Rumex alpinus*, AntBrac= *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*.

### 5.6.1 Valori di QBS nei rilievi di faggeta

Nelle faggete i valori di QBS-ar e QBS-c mostrano ampie variazioni tra i rilievi esaminati. Si osserva infatti come il QBS-ar abbia un valore minimo di 134 (rilievo F8) ed un massimo di 216 (F10), mentre per il QBS-c sono stati rilevati valori compresi tra 64 (F11) e 272 (F14). Nonostante le variazioni nei diversi rilievi, il test Kruskal-Wallis

(K-W) non mostra differenze significative tra i 4 gruppi di faggete evidenziati dalle analisi fitosociologiche né per il QBS-ar né per il QBS-c. Tali dati che confermano quanto già osservato per la distribuzione dei taxa di microartropodi edafici e della collembolofauna.



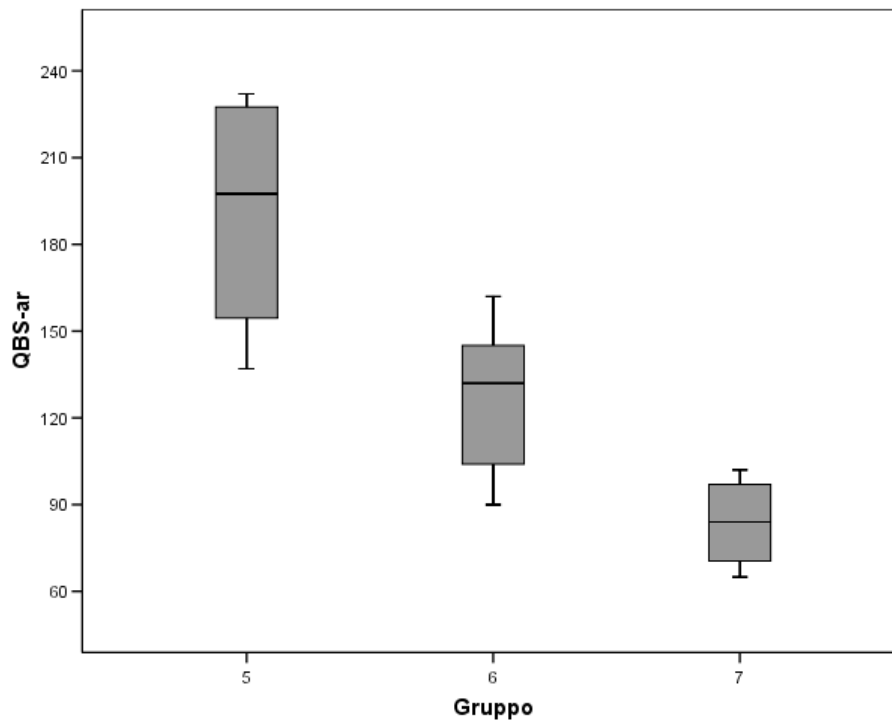
**Fig. 5.86:** Valori di QBS-c nelle diverse associazioni vegetali. GymFag= *Gymnocarpium-Fagetum sylvaticae*, HypVac= *Hyperico Vaccinietum gaultherioidis*, EmpVac= *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*, Desch= agg. a *Deschampsia caespitosa*, Nar= *Geo-Nardetum strictae*, Rum= agg. a *Rumex alpinus*, AntBrac= *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*.

### 5.6.2 Valori di QBS nei rilievi della fascia soprasilvatica

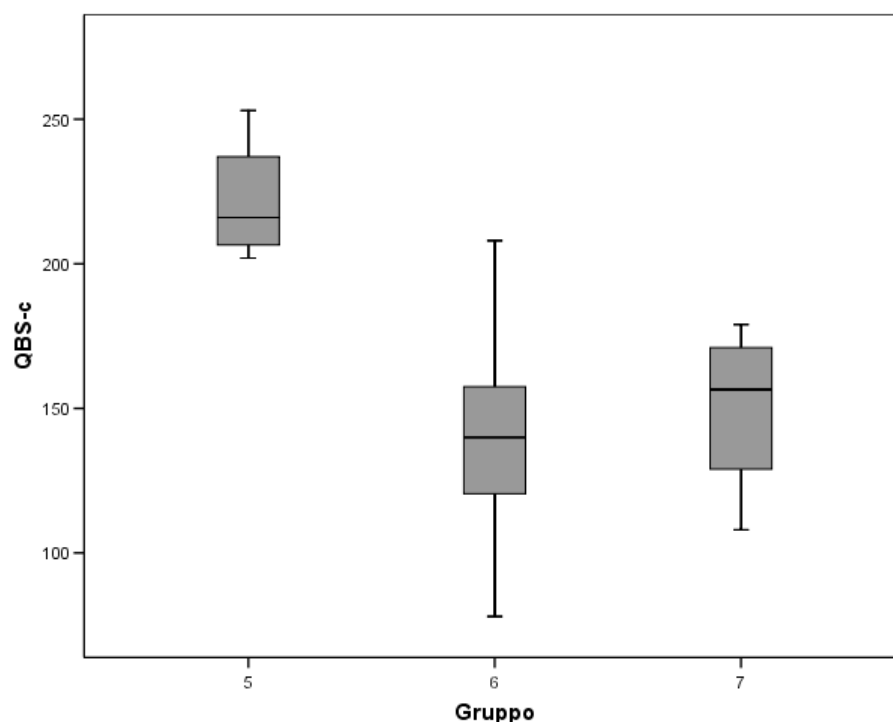
Gli indici esprimono differenze nei valori di qualità biologica dei suoli delle diverse tipologie di vegetazione soprasilvatica. Come fatto per le comunità di artropodi, tali valori sono stati analizzati utilizzando i gruppi evidenziati dalle analisi della vegetazione: Gr5 (B1, B2, B3, B4), Gr6 (V2,V4,V5,V6,V7,V9,V10) e Gr7 (D1, D3, N8, R11). Per il QBS-ar il test K-W evidenzia differenze significative tra i gruppi di rilievi ( $p=0.011$ ) ed il test Jonckheere-Terpstra (J-T  $p=0.001$ ) conferma un progressivo decremento nei valori delle mediane dal gruppo Gr5 al Gr7 (fig 5.87). Nonostante i test *post-hoc* con confronti a coppie e correzione di Bonferroni (Field 2006) non permettano una efficace analisi delle differenze tra i gruppi, probabilmente a causa del ridotto numero di campioni, si può osservare come il vaccinieto, vegetazione di tipo *climax* per

questa fascia altitudinale in questa zona, mostri una qualità biologica intermedia tra i due tipi di vegetazione secondaria.

Anche per il QBS-c si osservano differenze significative tra i gruppi (K-W  $p=0.022$ ) confermate dai confronti *post-hoc* sia tra Gr5 e Gr6 sia tra Gr5 e Gr7. I valori di qualità biologica del suolo ottenuti dal QBS-c sono infatti più elevati per le praterie a brachipodio, ma sostanzialmente simili tra i vaccinieti e le vegetazioni del gruppo Gr7 (fig 5.88).



**Fig. 5.87** Valori di QBS-ar nei gruppi di vegetazione soprasilvatica.

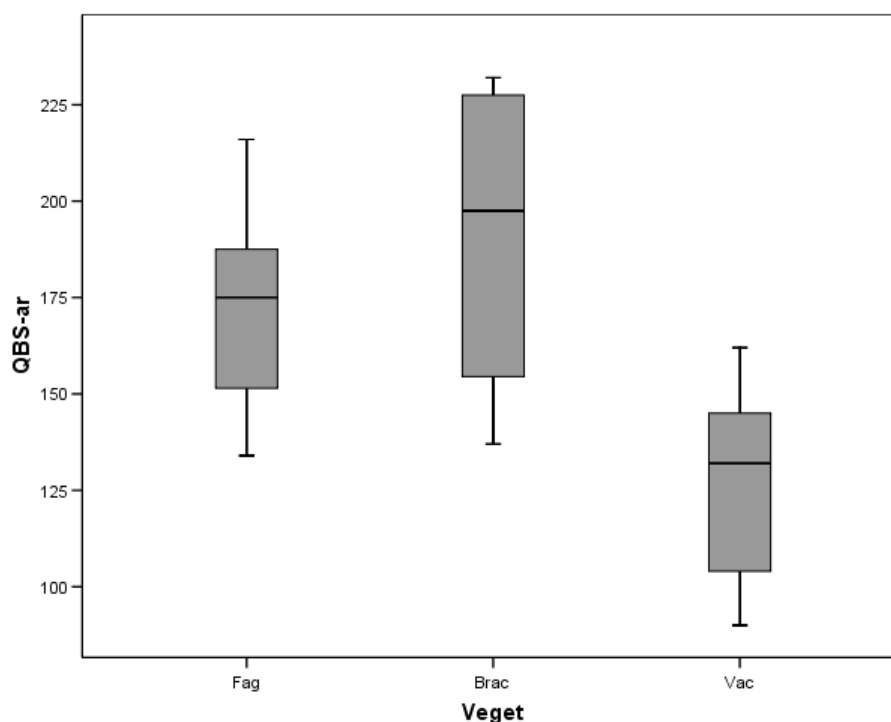


**Fig. 5.88** Valori di QBS-c nei gruppi di vegetazione soprasilvatica.

### 5.6.3 QBS, confronto tra faggete, vaccinieti e brachipodieti.

Con i medesimi test si è proceduto al confronto dei valori degli indici nelle tre tipologie di vegetazione rappresentate dal maggior numero di campioni: faggete (*Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*), praterie a brachipodio (*Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*) e vaccinieti (*Empetro-Vaccinietum gaultherioidis* e *Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis*). Le due associazioni di vaccinieto sono state raggruppate per omogeneità con quanto fatto per i popolamenti di microartropodi edafici. I test mostrano differenze significative sia per i valori di QBS-ar sia di QBS-c (K-W rispettivamente  $p=0.007$  e  $p=0.012$ ). Per il QBS-ar i confronti *post-hoc* mostrano differenze solo tra i valori riscontrati nelle faggete e nei vaccinieti, più elevati nel primo caso. Il ridotto numero di campioni e le variazioni del valore dell'indice nei rilievi di prateria a brachipodio rendono più complesso evidenziare differenze, nonostante gli elevati valori riscontrati in questo tipo di vegetazione (fig. 5.89).

Il QBS-c evidenzia differenze sia nel confronto tra faggete e vaccinieti sia tra brachipodieti e vaccinieti; in entrambi i casi gli arbusteti a mirtillo mostrano i valori inferiori. Non si osservano differenze tra faggete e praterie a brachipodio (fig. 5.90).



**Fig. 5.89:** Valori di QBS-ar nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieta (Brac) e vaccinieta (Vac).

#### 5.6.4 Correlazione tra QBS-ar e QBS-c

Gli indici QBS-ar e QBS-c non possono essere utilizzati come sostituti l'uno dell'altro, in quanto valutano aspetti diversi della comunità edafica ed il QBS-c integra le informazioni ottenute dal QBS-ar. I dati raccolti durante questo studio mostrano una correlazione nell'andamento dei due indici, confermata dal test di Spearman ( $p=0.002$ ). Si può però osservare come alcuni rilievi si discostino da questo andamento generale (fig 5.91) mostrando discrepanze tra i valori degli indici. Si sottolinea ad esempio il caso della faggeta F11 in cui ad un valore di QBS-ar di buon livello (150) si associa un valore di QBS-c estremamente basso (64). Questa differenza evidenzia una situazione particolare legata alla maggiore sensibilità dei collemboli alla disponibilità di nutrienti e al regime idrico; in tale rilievo è infatti stata osservata una minore quantità di lettiera rispetto alle altre aree di faggeta.

Il QBS-ar mostra anche una correlazione negativa con l'altitudine dei rilievi ( $p=0.006$ ), sottolineando in particolare la riduzione della qualità biologica dei suoli tra le faggete e le aree di vaccinieta (fig 5.92). Una tendenza analoga è evidenziata anche dai valori di QBS-c ma la presenza di valori anomali, come F11, impedisce convalidarne la significatività.

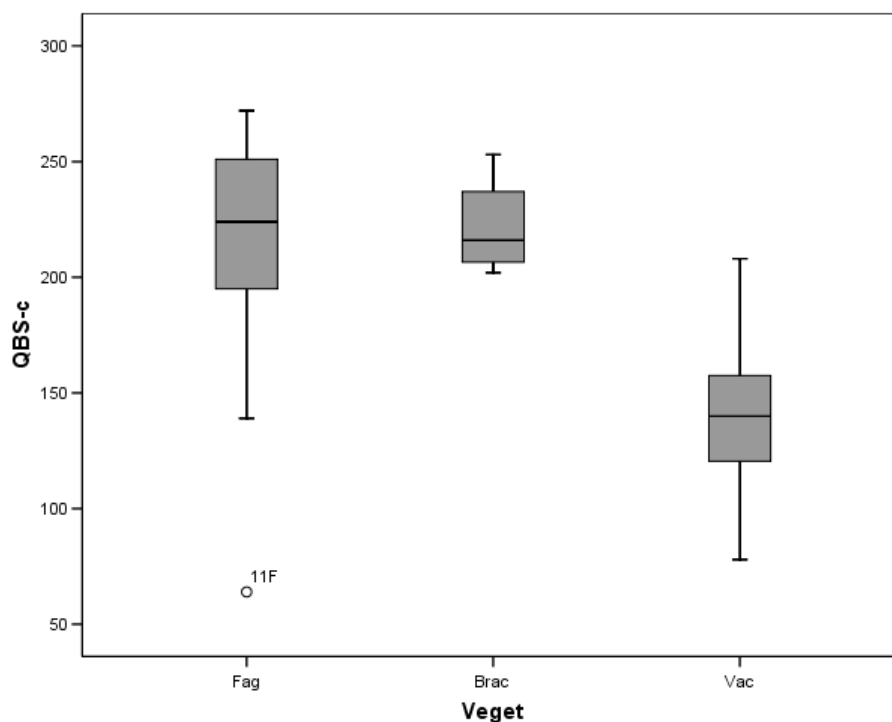


Fig. 5.90: Valori di QBS-c nei rilievi di faggeta (Fag), brachipodieto (Brac) e vaccinieto (Vac).

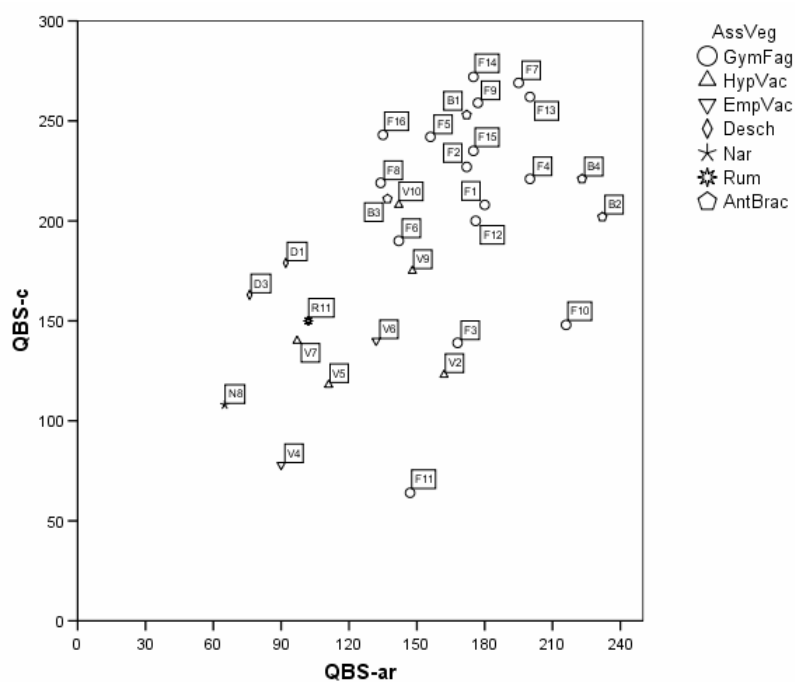
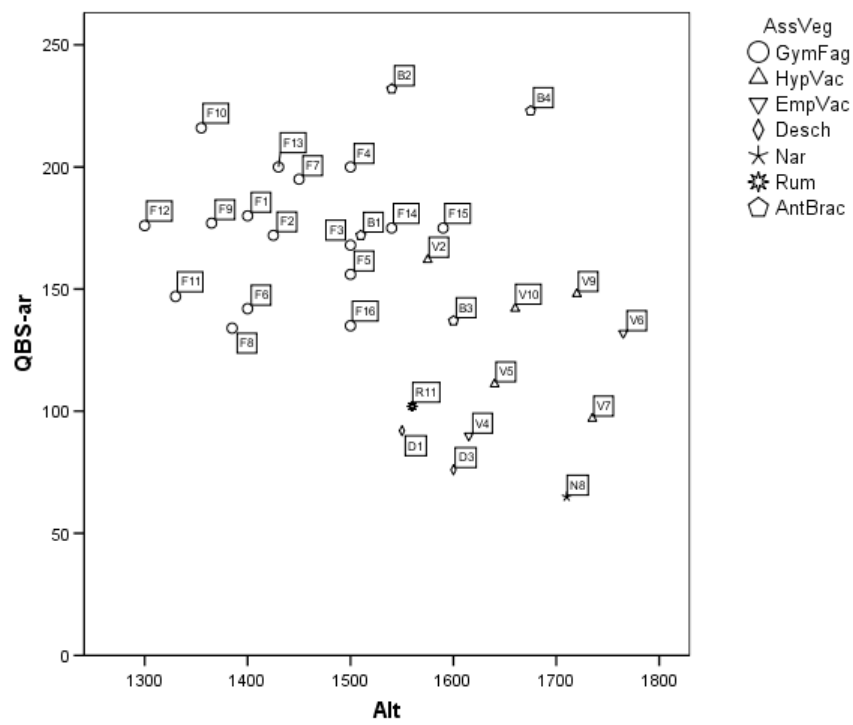


Fig. 5.91: Correlazione tra valori di QBS-ar e QBS-c nei rilievi esaminati.



**Fig. 5.92:** Correlazione tra valori di QBS-ar e altitudine del rilievo (Alt).

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	B1	B2	B3	B4	V2	V4	V5	V6	V7	V9	V10	D1	D3	N8	R11		
Acari	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Araneidi	.	1	1	5	5	.	5	1	5	.	5	.	5	.	5	.	5	5	.	1	5	5	5	5	5	5	5	5	.	5	5	.	
Oplioni	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pseudoscorpioni	.	.	.	20	.	.	.	.	.	20	.	.	20	.	.	.	20	20	.	20	20	.	20	20	20	20	20	.	.	.	.	.	
Isopodi	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Diplopodi	.	20	.	.	.	.	10	.	.	20	20	.	.	.	.	.	.	20	.	20	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	20
Chilopodi	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	.	20	20	20	20	.	20	20	0	20	20	.	20	.	.	.	20	.	.	.	.	.	
Sinfili	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	.	.	.	.	20	.	.	.	.	.	.	
Paupodi	20	20	.	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	20	0	20	.	.	.	20	.	20	.	20	.	.	.	.	
Collemboli	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	10	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	8	20	20	10	20	20	20	20	8	20	
Proturi	20	20	20	20	20	.	20	.	20	20	.	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	.	20	.	20	.	20	.	.	.	.	
Dipluri	20	.	20	20	.	20	20	.	20	20	20	20	20	20	20	.	0	20	20	20	.	.	.	.	.	.	20	.	.	.	.	.	
Tisanotteri	.	.	1	.	1	1	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Emitteri	.	1	1	.	.	1	.	1	1	.	1	1	.	.	.	.	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Psocotteri	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Imenotteri	.	.	5	5	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Coleotteri	20	10	20	10	10	10	20	10	10	15	10	15	15	15	10	15	15	15	15	15	15	15	10	5	5	10	1	5	5	15	10	15	
Larve di coleottero	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Larve di dittero	10	10	10	10	10	.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
QBS-ar	180	172	168	200	156	142	195	134	177	216	147	176	200	175	175	135	172	232	137	223	162	90	111	132	97	148	142	92	76	65	102		

**Tabella 5.28: Valori di QBS-ar ed EMI delle forme biologiche di microartropodi edafici presenti nei rilievi esaminati.**

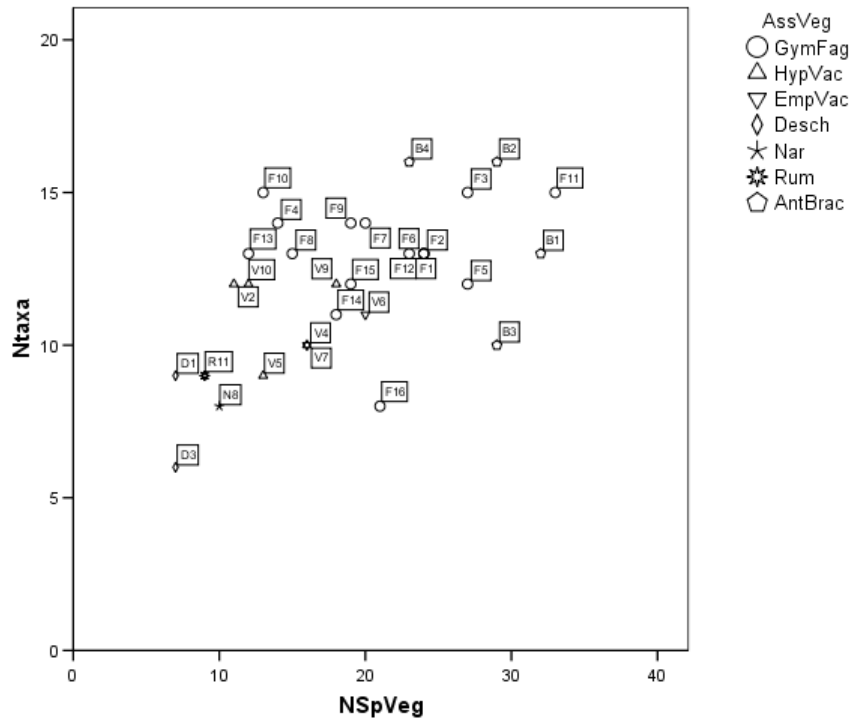
						EMI	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	B1	B2	B3	B4	V2	V4	V5	V6	V7	V9	V10	D1	D3	N8	R11		
Anurofonide	4	6	6	3	3	3	6	31	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Arropalite	4	6	3	3	0	0	0	16	.	.	.	.	.	.	.	16	16	.	16	16	.	16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Criptopigidae	4	3	3	0	2	3	3	18	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Criptopigidae	4	3	3	3	2	3	3	21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	21	.	
Criptopigidae	4	6	3	6	2	2	2	25	25	25	.	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25		
Folsomidea	4	3	3	3	3	3	3	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
Folsomidea	4	3	3	2	3	3	6	24	.	24	.	.	.	24	24	24	.	.	.	24	24	24	.	.	24	.	.	.	.	.	24	.	.	.	.	.	.	.	
Folsomidea	4	6	3	6	3	3	3	28	28	.	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
Ipogastruride	4	3	3	0	3	3	3	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
Ipogastruride	4	3	3	0	3	3	5	21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	21	21
Ipogastruride	4	3	3	0	6	3	3	22	.	.	.	.	22	.	22	22	.	22	22	.	.	.	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	
Ipogastruride	4	3	3	3	3	3	3	22	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	22	22
Ipogastruride	4	3	3	2	3	3	5	23	.	23	.	.	23	.	23	.	.	.	.	.	.	.	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	
Ipogastruride	4	3	3	3	3	5	24	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	24	.	24	24	.	.	.	.	.	.	.	.	.	24
Ipogastruride	4	3	3	3	6	3	6	28	.	.	.	28	28	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Isotomide	2	1	1	0	0	2	2	8	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Isotomide	4	3	1	0	0	2	2	12	.	.	.	.	.	12	.	.	12	.	.	.	.	.	12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12	12	.	.	
Isotomide	4	1	1	0	0	2	2	10	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	.	
Isotomide	4	3	1	3	0	2	2	15	.	.	15	.	.	15	.	.	.	.	.	.	.	.	15	15	15	15	.	.	.	.	.	.	.	15	15	15	.	.	
Lepidocirtoide	4	3	0	0	0	0	0	7	7	7	.	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7		
Neanuride	4	3	3	3	6	3	6	28	28	28	.	28	28	.	.	.	.	.	.	.	28	.	.	.	28	.	.	.	.	.	.	.	.	.	28	.	.	.	
Neelide	4	6	6	6	6	0	3	31	.	.	.	.	.	.	.	.	.	31	31	31	31	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Onichuride	4	6	6	6	6	3	6	37	37	37	37	37	.	37	37	37	37	.	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37		
Onichuride	4	6	6	6	6	6	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
Orchesellide	0	0	0	0	0	0	0	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Orchesellide	2	0	0	0	0	0	0	2	2	2	.	2	2	2	.	.	.	.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Orchesellide	4	3	0	0	0	0	0	7	.	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Smelloide	4	3	0	3	0	0	0	10	.	.	.	.	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Smelloide	4	6	0	3	0	0	0	13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	13	13	.	13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
Smelloide	4	3	0	6	0	0	0	13	.	.	13	.	13	13	.	.	.	.	13	.	.	13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Sminturide	2	0	1	0	0	0	0	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	
Sminturide	4	0	3	0	0	0	0	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	7	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
QBS-c								208	227	139	221	242	190	269	219	259	148	64	200	262	272	235	243	253	202	211	221	123	78	118	140	140	175	208	179	163	108	150	

Tabella 5.29: Valori di QBS-c ed EMI delle forme biologiche di collemboli presenti nei rilievi esamianti.

## 5.7 Correlazioni tra biodiversità vegetale ed animale

### 5.7.1 I rilievi della riserva

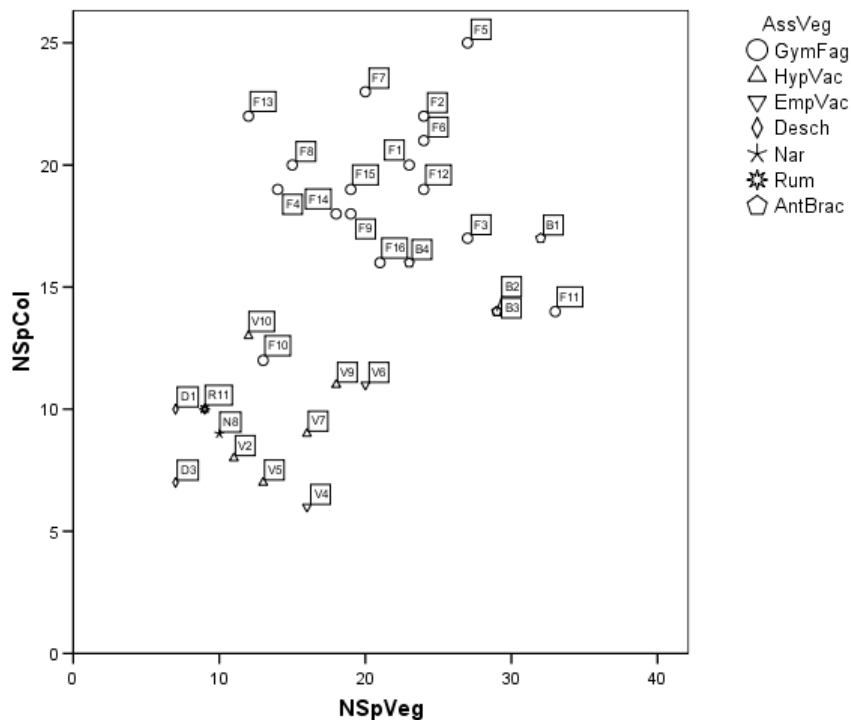
Mediante test di Spearman ( $r$  = valore del coefficiente di correlazione,  $p$  = valore di significatività) sono state valutate le correlazioni tra gli andamenti dei parametri di biodiversità misurati nelle comunità vegetali e nei popolamenti edafici dei 31 rilievi eseguiti nell'area della riserva naturale "Guadine Pradaccio".



**Fig. 5.93:** Correlazione tra numero di specie vegetali (NSpVeg) e numero di taxa di microartropodi edafici (NTaxa) nei siti esaminati. GymFag= *Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*, AntBrac= *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*, HypVac= *Hyperico Vaccinietum gaultherioidis*, EmpVac= *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*, Desch= agg. a *Deschampsia caespitosa*, Nar= *Geo-Nardetum strictae*, Rum= agg. a *Rumex alpinus*

Il numero di specie vegetali mostra una correlazione significativa con il numero di taxa edafici ( $r=0.509$ ,  $p=0.003$ ), sottolineando la maggiore complessità della fauna del suolo nelle comunità vegetali più ricche in specie (fig. 5.93) quali le faggete e i brachipodieti. Il numero di specie vegetali risulta positivamente correlato (fig 5.94) anche con il numero di specie di collemboli ( $r=0.490$ ,  $p=0.005$ ) ed il medesimo andamento (fig 5.95) è osservabile per il confronto tra indice di Shannon-Wiener ( $H'$ ) nei popolamenti vegetali e in quelli di collemboli ( $r=0.548$ ,  $p=0.001$ ). I rilievi eseguiti nella riserva evidenziano quindi come una maggiore diversità vegetale sia associata ad una maggiore complessità della fauna edafica sottolineando come situazioni favorevoli

allo sviluppo di una ricca comunità vegetale siano altrettanto favorevoli per la fauna edafica. La maggiore qualità biologica dei rilievi con elevato numero di specie vegetali è confermata anche dalla correlazione positiva ( $r=0.383$ ,  $p=0.033$ ) della ricchezza in specie vegetali con i valori di QBS-ar (fig. 5.96).



**Fig. 5.94:** Correlazione tra numero di specie vegetali (NSpVeg) e numero di specie di collemboli (NSpCol) nei siti esaminati. GymFag= *Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*, AntBrac= *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*, HypVac= *Hyperico Vaccinietum gaultherioidis*, EmpVac= *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*, Desch= agg. a *Deschampsia caespitosa*, Nar= *Geo-Nardetum strictae*, Rum= agg. a *Rumex alpinus*.

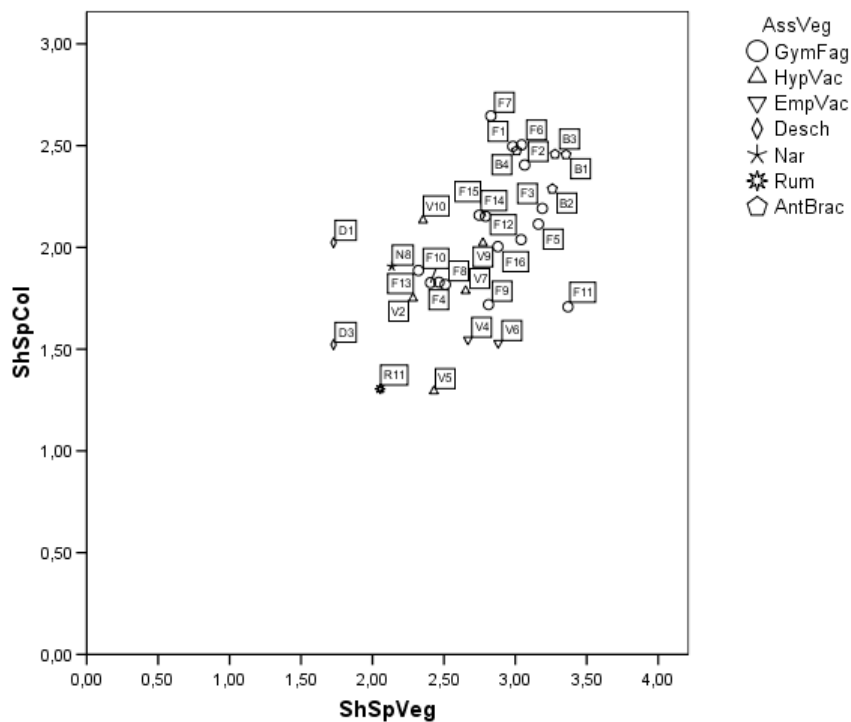
### 5.7.2 I rilievi di faggeta

Analizzando solo i rilievi di faggeta (16 popolamenti elementari) non si evidenziano correlazioni tra gli indicatori di biodiversità vegetale (numero di specie, indice H' e indice E) e quelli utilizzati per i popolamenti edafici (numero di taxa) ed i collemboli (numero di specie, indice H' e indice E). Tali dati confermano quanto osservato sulla omogeneità della comunità edafica delle faggete e della sua ridotta sensibilità ai mutamenti legati alle diverse tipologie di gestione forestale.

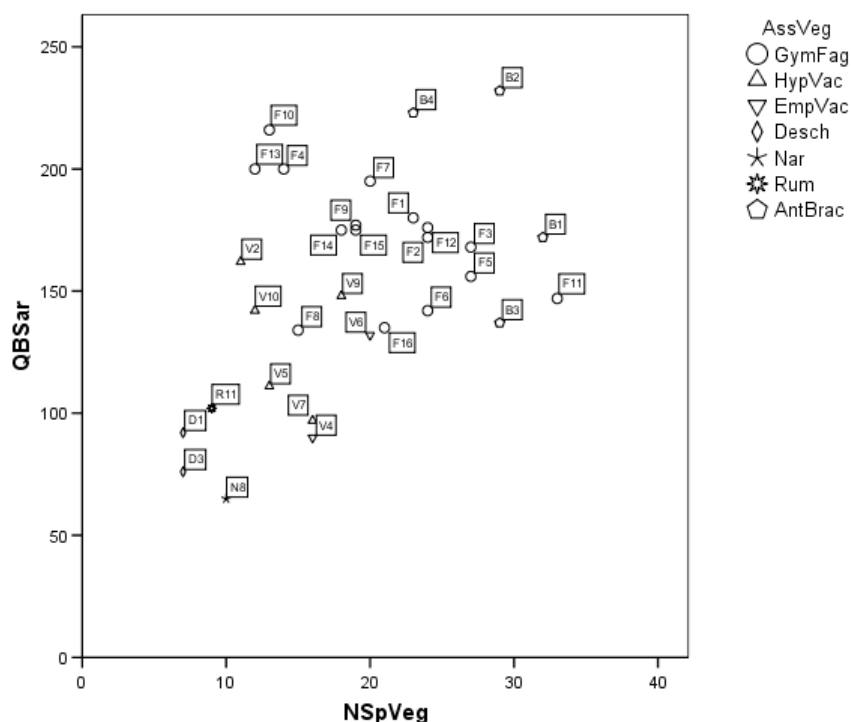
### 5.7.3 I rilievi della fascia soprasilvatica

Analizzando solo i rilievi della fascia soprasilvatica si osservano i medesimi andamenti rilevati per le stazioni della riserva nella loro totalità. Infatti, il numero di specie vegetali mostra una correlazione positiva sia con il numero di taxa edafici ( $r=0.738$ ,  $p=0.002$ ) sia con il numero di specie di collemboli ( $r=0.677$ ,  $p=0.006$ ). Anche per l'indice  $H'$  calcolato nei popolamenti vegetali e in quelli di collemboli si osserva una correlazione positiva ( $r=0.581$ ,  $p=0.023$ ). La qualità biologica dei rilievi con elevato numero di specie vegetali è confermata dalla correlazione positiva ( $r=0.691$ ,  $p=0.004$ ) con il QBS-ar.

Si evidenzia quindi come la biodiversità di un tipologia di vegetazione sia correlata alla diversità della comunità edafica ad essa associata. Si osserva però come all'interno di una stessa associazione vegetale (come nel caso della faggeta) tale relazione non sia sempre valida per i singoli rilievi.



**Fig. 5.95:** Correlazione tra il valore di  $H'$  (ShSpVeg) nella comunità vegetale e valore di  $H'$  (ShSpCol) per la collembolofauna nei siti esaminati. GymFag= *Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*, AntBrac= *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*, HypVac= *Hyperico Vaccinietum gaultherioidis*, EmpVac= *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*, Desch= agg. a *Deschampsia caespitosa*, Nar= *Geo-Nardetum strictae*, Rum= agg. a *Rumex alpinus*.



**Fig. 5.96:** Correlazione tra numero di specie vegetali (NSpVeg) e valori di QBS-ar (QBSar) nei siti esaminati. GymFag= *Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*, AntBrac= *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*, HypVac= *Hyperico Vaccinietum gaultherioidis*, EmpVac= *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*, Desch= agg. a *Deschampsia caespitosa*, Nar= *Geo-Nardetum strictae*, Rum= agg. a *Rumex alpinus*.

#### 5.7.4 Relazioni biogeografiche

La flora dell'alto Appennino tosco-emiliano comprende un elevato numero di specie orofite dell'Europa centrale e sud-occidentale e di endemiche alpine occidentali, provando il legame biogeografico tra questa parte dell'Appennino, le Alpi occidentali ed i Pirenei (Ferrari 1995). Allo stesso modo, nella collembolofauna raccolta sono presenti varie specie tipiche di quote elevate e generalmente distribuite lungo l'arco alpino e sui Pirenei, come ad esempio: *Orogastrura parva*, *Onychiurus pseudogranulosus*, *Pseudachorudina falteronensis*, *Pseudanurophorus binoculatus*, *Triacanthella perfecta*, *Isotoma violacea*, *Folsomia sensibilis*, *Hypogastrura crassaegranulata* ed *Odontella empodialis*. Non si segnala invece la presenza di specie endemiche appenniniche ad eccezione di *Tetracanthella apenninica* specie nuova e quindi considerabile come endemica. Sebbene in Cassagne *et al.* (2006) si sottolinei la maggiore sensibilità delle specie endemiche di collemboli alle attività antropiche, i dati in nostro possesso non permettono di correlare la ridotta presenza di tali specie

osservata nella riserva con le passate attività di pastorizia e l'intenso taglio subito dal bosco ai primi del '900.

## Capitolo 6. Discussione

### 6.1 Le faggete

L'analisi fitosociologica attribuisce i popolamenti elementari di faggeta alla sola associazione *Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae* Ubaldi *et* Speranza 1985, differenziata dalla presenza della specie *Gymnocarpium dryopteris*. Si tratta di un'associazione appartenente alla suballeanza *Geranio nodosi-Fagenion sylvaticae*, che si rinviene in tutta la fascia montana superiore dell'Appennino tosco-emiliano. La presenza di *Vaccinium myrtillus* e *Gymnocarpium dryopteris* in tale associazione è da porre in relazione con le condizioni continentali che riscontrano nel suo territorio di diffusione (Ubaldi 1988). Tale associazione, segnalata fino a 1700 metri di altitudine, all'interno della Riserva naturale "Guadine Pradaccio" raggiunge solamente i 1600 m di quota, data la ridotta elevazione del crinale in questa area ed il conseguente "effetto vetta". Nonostante l'appartenenza ad un'unica associazione dei 16 popolamenti elementari di faggeta esaminati, la classificazione numerica mostra come essi possano essere suddivisi in quattro raggruppamenti che non evidenziano legami con le caratteristiche stazionali (esposizione, inclinazione, altitudine), ma una dipendenza dal tipo di gestione forestale a cui sono state sottoposte le aree dei rilievi. Infatti, le aree gestite ad alto fusto sono riunite principalmente nei gruppi Gr1 e Gr2 mentre i cedui si concentrano in Gr4. Il gruppo Gr3 evidenzia invece una situazione mista in cui si osservano sia parcelle gestite ad alto fusto, sia parcelle a ceduo.

La biodiversità vegetale sia come ricchezza nel numero di specie, sia come valore dell'indice di Shannon-Wiener mostra una progressiva riduzione passando da aree di fustaia (Gr1 e Gr2) verso quelle con gestioni a ceduo (Gr4). Lo stesso andamento si osserva per l'indice di equiripartizione (*evenness*), sottolineando come oltre alla riduzione della biodiversità si assista ad un aumento della dominanza di alcune specie.

La diversa struttura del bosco nelle due tipologie di gestione (generalmente aperta nelle fustaie e chiusa nelle aree gestite a ceduo) può essere correlata con la variazione di biodiversità osservata nei gruppi di rilievi. Infatti, una struttura di tipo aperto favorisce un maggior passaggio di luce solare con effetti positivi sulla ricchezza in specie dello strato erbaceo del bosco (Barbier *et al.* 2008). Inoltre la fitta presenza di ceppaie nelle aree gestite a ceduo fa ipotizzare la possibilità di una maggiore competizione radicale da

parte delle piante di faggio (Schmid 2002). Il gruppo di popolamenti elementari Gr1 si differenzia dagli altri rilievi per la presenza di un insieme di specie legate a suoli con buona disponibilità di nutrienti quali: *Cardamine bulbifera*, *Cardamine heptaphylla*, *Mycelis muralis*, *Stellaria nemorum* e *Lamiaeum galebdolon*. Le analisi del suolo mostrano per il gruppo Gr1 un valore di pH (sia in acqua, sia in KCl) moderatamente più elevato rispetto agli altri gruppi di faggete ed un minore contenuto in sostanza organica (SO) ed azoto totale (N). Tali caratteristiche suggeriscono una più rapida riutilizzazione dei nutrienti e la presenza di buone caratteristiche trofiche di tali aree (F1, F2, F11). Altre indicazioni in merito alle favorevoli condizioni del gruppo di rilievi Gr1 vengono dalla presenza di humus di tipo Mull nei siti F2 ed F11; rispettivamente Amphimull e Dysmull. Anche il gruppo di rilievi Gr2 è caratterizzato da specie relativamente esigenti di nutrienti, ma in misura minore delle precedenti, quali: *Adenostyles glabra*, *Galium laevigatum*, *Phyteuma spicatum*, *Poa nemoralis*, *Rubus ideaus*. In questo gruppo di rilievi le analisi del suolo mostrano un contenuto in SO e N tendenzialmente più elevati che nel caso precedente, ma generalmente inferiori a quanto osservato nei gruppi Gr3 e Gr4. Nei rilievi del gruppo Gr2 si osservano humus acidi appartenenti al tipo Moder: Eumoder ed Hemimoder. Dal punto di vista floristico i restanti due gruppi di rilievi (Gr3 e Gr4) non mostrano la presenza di specie caratteristiche e la loro differenziazione dai gruppi precedenti è quindi da imputarsi alla progressiva riduzione del numero di specie. In tali gruppi di rilievi si osservano valori di SO e N tendenzialmente più elevati rispetto ai gruppi precedenti con valori di pH in acqua inferiori a 4,6. Si osservano sia tipologie di humus di transizione tra Mull e Moder, come l'Amphimull, sia francamente Moder, come Hemimoder e Dysmoder. I parametri pedologici evidenziano situazioni in cui i processi biologici sono rallentati con un conseguente accumulo di materiale organico nel terreno, osservabile anche dalla presenza nei siti caratterizzati da humus di tipo Dysmoder di un terzo livello nel profilo della lettiera.

Il volume di legname mostra valori tendenzialmente maggiori nei rilievi gestiti ad alto fusto, in particolare nel gruppo Gr1. Questo è in accordo con i dati di letteratura, che indicano come sia possibile ottenere da tale modello di gestione una maggiore produzione di legname (comprensivo di materiale da lavoro e da ardere) rispetto a quella ottenibile con una gestione a ceduo (Bernetti 1995). I dati raccolti evidenziano

inoltre una maggiore densità di fusti (polloni delle ceppaie) nelle aree gestite a ceduo confermando una struttura più chiusa di questa tipologia di bosco.

Si può quindi concludere che la gestione a fustaia, verso cui tendono i piani di assestamento forestale di impronta naturalistica portati avanti nella riserva (Bonani *et al.* 2002), favorisca una maggiore biodiversità vegetale, un miglioramento delle caratteristiche del suolo ed una maggiore produttività di biomassa legnosa.

I popolamenti di microartropodi edafici osservati nelle aree di faggeta esaminate in questo studio mostrano una comunità ricca, sia in densità che in numero di taxa. Gruppi tipicamente legati a suoli stabili con favorevoli condizioni trofiche (Bedano *et al.* 2006) e sensibili al disseccamento (proturi, dipluri, sinfili e pauropodi) costituiscono una presenza costante nei terreni esaminati. Si riscontra un'evidente omogeneità nella composizione delle comunità edafiche presenti nelle aree di faggeta e non si evidenziano differenze né nel tipo, né nel numero dei taxa presenti nei popolamenti edafici dei quattro gruppi di rilievi evidenziati dall'analisi fitosociologica. La mancanza di tali differenze può essere legata alla generale buona qualità ambientale garantita alla popolazione di microartropodi edafici dallo spesso strato di lettiera che copre il terreno. La lettiera di faggio, oltre a costituire una cospicua fonte di detrito vegetale ed un ottimo substrato per la crescita dei funghi di cui molti microartropodi si nutrono, è nota per le sue capacità regolatrici dell'umidità del suolo (Bernetti 1995): uno dei parametri principali che determinano la composizione della fauna edafica (Hagvar 1982, Ponge 1993, Kuznestova 2002). L'importanza della lettiera per i popolamenti edafici osservati nei rilievi di faggeta è testimoniata anche dalla presenza in essa della maggior parte degli organismi estratti. Tale dato conferma le ipotesi che indicano il concentrarsi nella lettiera delle attività di frammentazione, decomposizione e miscelazione del detrito (Sadaka & Ponge 2003). La presenza di elevate densità di acari, di cui molte specie sono detritivore, e di collemboli, in gran parte fungivori, sottolinea la elevata presenza di risorse trofiche nella lettiera. La distribuzione verticale dei microartropodi non è però legata solo alla disponibilità trofica ma anche alle capacità degli organismi di tollerare le variazioni dei fattori abiotici (tra cui temperatura e umidità). Tali cambiamenti tendono ad attenuarsi nel suolo con l'aumentare della profondità, infatti i sopraccitati gruppi sensibili al disseccamento (dipluri, proturi, pauropodi e sinfili) sono stati riscontrati in prevalenza a livello del suolo e solo con minore abbondanza nella lettiera

(Hagvar 1997, Scheller 1974, Lagerlof & Scheller 1989). L'indice QBS-ar conferma quanto precedentemente osservato per il popolamento di microartropodi edafici sottolineando la buona qualità biologica dei suoli di faggeta, e la mancanza di differenze significative tra i valori osservati nei gruppi di rilievi evidenziati dall'analisi fitosociologica.

Lo studio a livello di specie dei popolamenti di collemboli presenti nelle aree di faggeta campionate, mostra una comunità composta da 41 specie, numero simile a quanto osservato in studi eseguiti su questo stesso tipo di vegetazione ad una scala di campionamento molto più piccola. Materna (2004) ha, infatti, osservato un numero di specie di collemboli compreso tra 36 e 41 in faggete della Repubblica Ceca, mentre Kopeszki e Jandl (1994 in Materna 2004) hanno rilevato 38 specie in una faggeta nelle vicinanze di Vienna, e Wolters (1998) ha censito 48 specie in una foresta di faggio della Germania centrale. Il numero di specie presenti in una tipologia vegetale desunto dalla letteratura deve comunque essere inteso come indicativo in quanto influenzato dal numero di campioni prelevati, dalle dimensioni e dall'eterogeneità dell'area in esame. Rispetto ai rilievi eseguiti nelle tipologie di vegetazione soprasilvatica la collembolofauna della faggeta si differenzia per la presenza dei generi *Tomocerus*, tipicamente associato allo strato di lettiera (Stebaeva 2003, Petersen 2002), e *Arrhopalites*, generalmente osservato nelle foreste (Ponge *et al.* 2006). Altre specie associate all'ambiente forestale osservate nei rilievi di faggeta sono: *Pseudosinella fallax* e *Megalothorax minimus* (Gisin 1960, Ponge *et al.* 2006). Sebbene *Isotomiella minor* non sia esclusiva della faggeta, la sua densità e frequenza diminuiscono nei rilievi di vaccinieto, confermando la rara presenza di questa specie oltre il limite del bosco (Marcuzzi 1964 in Dalla Montà & Dall'Ara 2000). Nei popolamenti di collemboli rilevati si nota la dominanza di un ridotto numero di specie tra cui: *Folsomia nana*, *Protaphorura armata*, *Onychiurus pseudogranulosus* e *Isotomiella minor*, mentre altre sono presenti solo in modo sporadico nelle aree campionate o con densità ridotte. Tale andamento conferma quanto osservato in altri studi su suoli forestali (Hagvar 1982, Ponge 1993). La ricchezza in specie ed i valori degli indici di Shannon-Wiener e di equiripartizione (*evenness*) calcolati per i popolamenti di collemboli non mostrano differenze significative nei quattro gruppi di rilievi evidenziati dall'analisi fitosociologica. Tale omogeneità è confermata anche dalla presenza quasi costante di un

gruppo di 15 specie nei popolamenti esaminati. Si osservano però differenze nella distribuzione di alcune specie come nel caso di *Lepidocyrtus cyaneus*, osservato solo nei rilievi di Gr1 e Gr2. Tale specie è legata ad ambienti di tipo aperto (Ponge *et al.* 2003), e si riscontra anche in aree prative o coltivate con abbondante disponibilità di azoto (Filser *et al.* 2002). La sua presenza esclusiva nelle faggete a fustaia è in accordo con la struttura maggiormente aperta di tali aree. Nel gruppo di rilievi Gr1 si evidenzia inoltre una maggiore densità di *Protaphorura armata*, una specie cosmopolita presente in un'ampia varietà di habitat compresi i terreni coltivati purché con buona disponibilità di nutrienti (Filser *et al.* 2002, Gisin 1960). Sebbene il ridotto numero di campioni permetta di considerare la maggiore abbondanza di *P. armata* nel gruppo Gr1 (che mostra la più elevata ricchezza di specie vegetali) solo come un'indicazione, la maggiore numerosità di individui di questa specie in relazione alla presenza di maggiore diversità in specie vegetali è stata già osservata sia in esperimenti in campo, sia in microcosmo (Salamon *et al.* 2004, Milcu *et al.* 2006). Nel gruppo di rilievi Gr1 si osserva inoltre una maggiore frequenza di *Ceratophysella denticulata*, una specie cosmopolita e colonizzatrice, la cui densità è stata osservata aumentare da Salamon (Salamon *et al.* 2006) in accordo con l'aumento di biomassa batterica in un esperimento di manipolazione delle risorse trofiche in lettiera di faggeta. Nei gruppi Gr3 e Gr4 dove si concentrano i rilievi eseguiti in faggete gestite a ceduo si osserva invece la maggiore frequenza di un insieme di quattro specie, tra cui *Megalothorax minimus*, un batteriofago, e *Triacanthella perfecta*. Come descritto nel paragrafo seguente quest'ultima specie caratterizza per frequenza e densità le praterie a brachipodio da noi campionate e poste al limite superiore della faggeta. I popolamenti di collemboli esaminati nei 16 rilievi di faggeta mostrano la contemporanea presenza di specie numericamente dominanti e altre rare, evidenziando, come già osservato da Kallimanis *et al.* (2002), che l'orizzonte di lettiera costituisce un habitat strutturalmente eterogeneo (a livello di microhabitat) che permette lo sviluppo di una comunità di microartropodi diversificata. I valori dell'indice QBS-c confermano la buona qualità del suolo in questo tipo di vegetazione, ma al pari del QBS-ar non mostrano differenze significative nei quattro gruppi di faggeta evidenziati dalla analisi fitosociologica. Sia l'indice QBS-c sia il valore della ricchezza in specie di collemboli evidenziano la povertà della collembolofauna nel rilievo F11, che fa osservare il più basso valore di QBS-c di questa

ricerca (64) e solo 14 specie di collemboli. Tali valori sono probabilmente dovuti alla ridotta massa di lettiera presente nel sito, asportata per ruscellamento durante le piogge. Gli effetti negativi sulla densità e sulla struttura delle comunità di collemboli legati all'asportazione dell'orizzonte di lettiera sono stati già documentati in altri studi (Kopeszki & Jandl 1994 in Materna 2004), anche per la stessa causa da noi osservata (Materna 2004).

Nei rilievi eseguiti nelle aree di faggeta i valori registrati per la ricchezza in specie e la biodiversità vegetale non mostrano correlazioni né con il numero di taxa edafici, né con gli analoghi indici utilizzati sulla collembolofauna. Le due diverse tipologie di gestione forestale non sembrano quindi indurre mutamenti sostanziali nella diversità dei popolamenti edafici, ma solo nella distribuzione di alcune specie. Questo concorda con quanto osservato da Bird *et al.* (2000) sulla rapida ricostituzione dei popolamenti edafici a pochi anni da attività di esbosco.

#### 6.2 Praterie a *Brachypodium genuense*

L'*Anthoxantho-Brachypodietum genuensis* è una associazione di prateria acidofitica secondaria che si sviluppa in seguito ad attività antropiche legate al pascolo. I 4 popolamenti elementari rilevati sono stati osservati su versanti con pendenze comprese tra 35 e 45°, confermando la tendenza di questa associazione ad affermarsi su versanti acclivi. L'analisi fitosociologica evidenzia l'assetto floristico tipico di questa associazione vegetale solo per il rilievo B4, mentre i restanti popolamenti elementari (B1, B2 e B3) sono stati riuniti in una subassociazione a *Rubus idaeus*. I rilievi di tale subassociazione sono posti in aree limitrofe lungo le pendici occidentali della dorsale del Roccabiasca, a quote inferiori rispetto a B4 ed a contatto del limite superiore del bosco di faggio. Nei popolamenti elementari B1, B2 e B3 (in particolare per gli ultimi due) si osserva la presenza di specie tipiche o frequenti nella faggeta (*Geranium nodosum*, *Daphne mezereum*, *Euphorbia dulcis*, *Lilium martagon*, *Scrophularia nodosa*, *Stellaria holostea*, *Aposeris foetida*) che insieme alla posizione dei rilievi suggerisce una pregressa presenza in queste aree del bosco di faggio. Tali brachipodieti si presentano quindi come una situazione ecotonale tra il bosco e le vegetazioni della fascia soprasilvatica. Considerazione supportata anche dai valori più elevati sia del numero di specie vegetali, sia dell'indice di diversità di Shannon-Wiener osservati in

tale tipologia vegetale rispetto alle altre rilevate nella fascia soprasilvatica (Bullini *et al.* 1998).

I quattro rilievi di *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis* esaminati presentano tutti suoli del tipo Mollic Leptosols, lo stesso osservato nella quasi totalità dei rilievi di vaccinieto, ed humus di tipo Dysmull, a maggiore attività biologica rispetto agli Hemimoder presenti negli arbusteti a mirtilli. Le favorevoli condizioni di questi suoli sono testimoniate anche dal valore del rapporto C/N, minore rispetto alle aree di vaccinieto, e dai valori di pH, più elevati rispetto agli altri rilievi eseguiti nella fascia soprasilvatica. I suoli delle praterie a brachipodio, pur avendo una minore acidità, mostrano valori di SO e N tendenzialmente simili a quanto rilevato nelle faggete. Tale somiglianza, soprattutto per i rilievi sulla dorsale del Roccabiasca (B1, B2 e B3), sottolineano la necessità di una indagine più approfondita in quanto potrebbero indicare un fenomeno di latenza delle caratteristiche del terreno rispetto ad una precedente vegetazione a bosco di faggio, già ipotizzata sulla base delle specie vegetali rilevate.

I popolamenti di microartropodi edafici nei brachipodieti mostrano forti somiglianze con quanto osservato nelle aree di faggeta. Infatti, in entrambe queste tipologie di vegetazione si riscontra la presenza di sinfili, pauropodi, proturi e dipluri, taxa indicatori di buone condizioni trofiche e particolarmente sensibili agli stress ambientali (Bedano *et al.* 2006). Gli elevati valori di QBS-ar confermano la buona qualità biologica di questa tipologia vegetale, ed evidenziano le similitudini con i popolamenti edafici dei boschi di faggio. Per alcuni taxa di microartropodi edafici si osserva una tendenza alla riduzione nella numerosità degli individui rispetto a quanto osservato nelle faggete, con valori simili a quelli dei rilievi di vaccinieto. Tale tendenza, particolarmente evidente per le densità di collemboli, sottolinea come le comunità edafiche delle praterie a brachipodio siano in una situazione intermedia tra il bosco di faggio e gli arbusteti a mirtilli, i quali come sottodescritto mostrano anche una riduzione nel numero di taxa.

Le somiglianze con le faggete trovano conferma nell'analisi delle comunità di collemboli, che nei brachipodieti presentano un numero di specie ed un valore dell'indice di biodiversità di Shannon-Wiener superiori a quanto osservato nelle altre tipologie di vegetazione soprasilvatica, ma paragonabili a quanto osservato nei rilievi di faggeta. Si rileva inoltre come le praterie a brachipodio siano differenziate dagli altri

popolamenti della fascia soprasilvatica da un gruppo di specie osservate anche nelle faggete. Tra queste si sottolinea la presenza di *Onychiurus pseudogranulosus*, generalmente associato ad aree forestali (Gisin 1960), e *Lepidocyrtus lanuginosus*, specie associata alle lettiere (Irmeler 2006, Ponge 2000). Le affinità tra i rilievi dei brachipodieti e delle faggete sono sottolineate anche dai valori dell'indice QBS-c, simili a quanto osservato nei boschi e significativamente superiori agli arbusteti a mirtilli. La minore acidità del suolo osservata per i brachipodieti è confermata dalla presenza solo in queste aree di *Pseudosinella alba*, considerata acido intollerante e legata ad humus di tipo Mull (Loranger *et al.* 2001, Ponge *et al.* 2003). Come osservato per la composizione in specie vegetali anche la collembolofauna differenzia il rilievo B4 dai restanti tre, infatti, in esso sono presenti alcune specie maggiormente frequenti nelle aree di vaccinieto come: *Seira ferrarii*, *Xenylla marittima* e *Folsomia multiseta*.

### 6.3 Arbusteti a mirtilli

L'arbusteto a mirtilli rappresenta la formazione vegetale *climax* per la fascia soprasilvatica del versante settentrionale dell'Appennino toscano-emiliano. I rilievi eseguiti in aree di vaccinieto hanno evidenziato la presenza di due diverse associazioni, *Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis* ed *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*. La prima associazione, caratterizzata dalla presenza di *Hypericum richeri*, si sviluppa generalmente su versanti non particolarmente acclivi o in vallecole, dove la copertura nevosa permane abbastanza a lungo. L'*Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*, caratterizzato dalla specie *Empetrum hermaphroditum*, predilige invece versanti con maggiore pendenza e le forme convesse del terreno dove la neve permane per minor tempo (Tomaselli 1997). Entrambe le associazioni di vaccinieto mostrano un numero di specie vegetali e valori degli indici di diversità (Shannon-Wiener) ed equiripartizione (*evenness*) inferiori a quanto rilevato per i popolamenti elementari di *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*, ma superiori a quanto osservabile negli altri rilievi di vegetazione soprasilvatica (nardeto, deschampsieti e romiceto).

I rilievi di entrambe le associazioni di vaccinieto mostrano la medesima tipologia di suolo osservata nelle praterie a brachipodio (Mollic Leptosols) ma si differenziano da queste per la presenza di humus più acido del tipo Hemimoder. A queste caratteristiche fa eccezione il suolo del rilievo V2 (*Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis*) in cui si

osserva un orizzonte  $B_w$  che lo colloca nei Typic Dystric Cambisols e che presenta un humus di tipo Amphimull, humus di transizione tra le tipologie Mull e Moder.

La composizione del popolamento edafico risulta simile nelle due associazioni di vaccinieto permettendo di trattarle come un unico complesso. Negli arbusteti a mirtilli si osserva solo una presenza sporadica dei sopraccitati gruppi indicatori di buona qualità del suolo (proturi, dipluri, pauropodi e sinfili) che caratterizzano invece faggete e brachipodieti. La presenza di pseudoscorpioni e chilopodi differenzia invece i vaccinieti dai rilievi di nardeto e dalle vegetazioni igro-nitrofile. Rispetto alle faggete le comunità edafiche dei vaccinieti mostrano una significativa riduzione sia nel numero di taxa sia nella densità di vari gruppi edafici con particolare riferimento ad acari e collemboli. Tali riduzioni suggeriscono che i suoli dei vaccinieti offrano una minore protezione dagli stress ambientali (termici e idrici) e minori risorse trofiche rispetto alle aree di bosco. Anche la composizione in specie della collembolofauna non evidenzia differenze tra i rilievi di *Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis* e *Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*. Entrambe tali associazioni mostrano numero di specie e valori dell'indice di diversità inferiori a quanto osservato nei brachipodieti e nelle faggete. Tali valori mostrano invece somiglianze con i rilievi delle restanti vegetazioni soprasilvatiche (nardeto, deschampsieti e romiceto) con cui anche la composizione in specie presenta diversi tratti in comune. Le medesime indicazioni si ottengono dai ridotti valori che il QBS-c mostra nelle aree di vaccinieto rispetto alle faggete ed alle praterie a brachipodio.

#### 6.4 Nardeto

Sebbene le praterie acidofitiche a *Nardus stricta* siano largamente diffuse nell'Appennino tosco-emiliano a causa delle passate attività di pascolo, durante lo studio si è osservato solo un popolamento elementare di nardeto, il quale è stato classificato nella associazione *Geo-Nardetum strictae*. Questo tipo di vegetazione è legato alla distruzione dell'arbusteto a mirtilli ed alla degradazione causata dal pascolo eccessivo, che porta allo sviluppo di suoli acidi, resi asfittici dal calpestio degli ovini. Il popolamento elementare da noi esaminato mostra sia un numero di specie vegetali sia un indice di diversità di Shannon-Wiener inferiore alle vegetazioni esaminate nei paragrafi precedenti.

Il suolo presenta un pH particolarmente acido (inferiore a 4 nello strato A1) e un contenuto in SO ed N maggiore delle praterie secondarie a *B. genuense*. Il suolo, Umbric Leptosols, presenta nel profilo uno strato B<sub>w</sub> che lo differenzia sia dai vaccinieti sia dai brachipodieti, mentre l'humus è di tipo Hemimoder come nei rilievi di arbusteti a mirtillo: una tipologia a minore attività biologica rispetto al Dysmull presente nei rilievi di *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*.

Il popolamento a microartropodi osservato nel rilievo di nardeto risulta povero sia come numero di taxa, sia come gruppi indicatori di buona qualità del suolo, infatti, oltre alla completa assenza di miriapodi si segnala la scomparsa degli pseudoscorpioni, presenti nei vaccinieti. L'indice QBS-ar mostra in questa area un valore particolarmente ridotto, paragonabile a quanto osservato in aree coltivate (Parisi *et al.* 2005). La comunità di collemboli mostra un numero di specie e un valore dell'indice di diversità di Shannon-Wiener simile a quanto osservato nei rilievi di vaccinieto, vegetazione da cui il nardeto deriva e da cui viene sostituito con la riduzione della pressione legata al pascolo. Il QBS-c presenta un valore ridotto ma comunque affine a quanto osservato negli arbusteti a mirtillo.

### 6.5 Vegetazioni igro-nitrofile

Durante questo studio sono stati rilevati tre popolamenti elementari di vegetazione igro-nitrofila, due rilievi inquadrati come aggruppamento a *Deschampsia caespitosa* (D1 e D3) ed uno come aggruppamento a *Rumex alpinus* (R11). In entrambi i casi si tratta di vegetazioni secondarie legate alle passate attività antropiche di pascolo. Entrambi gli aggruppamenti mostrano una ricchezza in specie inferiore sia ai brachipodieti sia alle associazioni di vaccinieto.

La presenza di orizzonti saturi in acqua ha determinato lo sviluppo di humus di tipo Hydromull e di suoli di tipo Aquic Leptosols (D3 e R11) e Aquic Podzols. Le analisi chimiche confermano la fertilità di questi siti che mostrano un ridotto valore del rapporto carbonio/azoto ed un pH più elevato rispetto al nardeto ed ai vaccinieti. Tra i due aggruppamenti a *Deschampsia caespitosa* si osservano però differenze sia nel contenuto in SO sia in N i cui valori si dimezzano passando dal sito D1 a D3.

I popolamenti di microartropodi edafici rilevati in questi tre siti mostrano la medesima riduzione nel numero di taxa e l'assenza di gruppi indicatori di buona qualità

del suolo già evidenziate nel rilievo di nardeto. Tali caratteristiche del popolamento edafico sono conformi ai ridotti valori di QBS-ar.

Le comunità di collemboli mostrano un numero di specie e un valore dell'indice di diversità di Shannon-Wiener inferiore a quanto osservato nelle praterie a brachipodio e simili ai corrispondenti valori osservati nei vaccinieti e nel nardeto. I rilievi D3 ed R11 sono caratterizzati dalla sostituzione di *Friesea cf inermis* con la più comune *Friesea mirabilis*, e dalla presenza di *Xenillodes armatus*, generalmente associato ad aree con raccolte d'acqua (Fjellberg 1998). Nel rilievo D1 tali specie sono assenti, mentre si osservano: *Lepidocyrtus curvicollis*, *Isotoma notabilis* ed *Isotomiella minor*, non rinvenute o presenti solo con pochi individui nei rilievi D3 e R11. Tali specie sono però frequenti nei brachipodieti e nelle faggete. D1 è situato in prossimità del limite superiore del bosco di faggio e la presenza delle specie sopraccitate fa ipotizzare una influenza dei popolamenti edafici di tale tipo di vegetazione su questo rilievo di deschampsieto.

#### 6.6 Biodiversità vegetale e dei popolamenti edafici

I rilievi eseguiti all'interno della riserva, valutati nel loro insieme, mostrano una correlazione positiva del numero di specie vegetali sia con il numero di taxa di microartropodi edafici, sia con la ricchezza in specie di collemboli. Allo stesso modo la biodiversità delle comunità vegetali e di quelle di collemboli, entrambe misurate con l'indice di Shannon-Wiener, sono positivamente correlate. I medesimi risultati si osservano anche esaminando solamente i rilievi eseguiti nella fascia soprasilvatica, mentre per i rilievi di faggeta non si riscontrano correlazioni tra la ricchezza in specie vegetali e la diversità dei popolamenti di microartropodi edafici. Tali dati sottolineano come nelle aree da noi esaminate esista una relazione tra le diverse tipologie vegetali e la presenza di una comunità edafica più o meno complessa. Questo conferma quanto sottolineato da vari autori secondo cui la vegetazione è correlata alla composizione della fauna edafica in quanto dipendente dai medesimi parametri ambientali: pH, umidità, fertilità del suolo, impatto dell'attività antropica (Materna 2004, Wallwork 1970). La mancanza di correlazione tra la biodiversità vegetale e della fauna edafica osservata nelle faggete è da attribuirsi alle condizioni particolarmente favorevoli per i microartropodi edafici offerti sia dalle fustaie sia dai cedui di faggio da noi esaminati.

Infatti in entrambe le tipologie di gestione la protezione dagli *stress* ambientali era garantita dalla fitta copertura arborea (Bird *et al.* 2004, Eaton *et al.* 2004) e dallo spesso strato di lettiera.

La relazione tra ricchezza in specie vegetali e la presenza di un ambiente adatto allo sviluppo di una complessa comunità edafica nelle diverse tipologie vegetali è testimoniato inoltre dalla correlazione positiva tra il numero di specie vegetali dei popolamenti elementari esaminati nella riserva ed i valori dell'indice di qualità biologica del suolo QBS-ar.

## Capitolo 7. Conclusioni

Lo studio condotto nella Riserva Naturale “Guadine di Pradaccio” evidenzia come le diverse tipologie vegetali sottendano differenti popolamenti edafici, evidenziando la presenza di correlazioni tra biodiversità vegetale e della fauna edafica. Nelle associazioni di vaccinieto si osserva una generale riduzione nella ricchezza in specie vegetali rispetto alle faggete, questa diminuzione è attribuibile alle condizioni più fredde delle quote a cui si sviluppano gli arbusteti a mirtilli. La minore biodiversità vegetale delle praterie secondarie nitrofile (nardeto) ed igronitrofile (deschampsieti e romiceti) è da imputarsi, oltre alle quote più elevate rispetto alla faggeta, anche al degrado conseguente alle intense attività di pascolo ovino presenti in passato nell’area. Il gradiente altitudinale influenza in modo analogo la biodiversità edafica (Kallimanis *et al.* 2002, Wallwork 1970), la quale nei rilievi di vaccinieto e delle praterie secondarie sopraccitate risente presumibilmente anche della minore protezione offerta dalla copertura vegetale. Il suolo risulta infatti più esposto agli eventi atmosferici (vento, pioggia, variazioni di temperatura) rispetto alle faggete mancando la protezione fornita dalla chioma degli alberi (Bird *et al.* 2004, Eaton *et al.* 2004) e dallo spesso strato di lettiera. In tali aree oltre alla riduzione di numero di taxa edafici e della ricchezza in specie di collemboli si assiste alla minore frequenza, o alla completa assenza, di gruppi edafici indicatori di buona qualità del suolo come: sinfilii, pauropodi, proturi e dipluri. Tra i collemboli si osserva la generale assenza di specie della famiglia Onychiuridae (*Protaphorura*, *Onychiurus*), generalmente legate alla lettiera ed indicatrici di buone condizioni ambientali (Hasegawa 2002). La ridotta densità di gruppi edafici quali acari e collemboli (detritivori e fungivori) indica le condizioni più oligotrofiche di tali vegetazioni soprasilvatiche rispetto alla faggeta. Nelle praterie secondarie degli aggruppamenti a *Deschampsia caespitosa* e *Rumex alpinus* la collembolofauna osservata mostra la presenza della specie *Xenilloides armatus*, generalmente correlata ad aree con presenza di acqua (Fjellberg 1998).

Le praterie a brachipodio sono caratterizzate da una elevata diversità di specie vegetali, paragonabile ai rilievi di faggeta più ricchi. Il suolo appartiene alla medesima tipologia che domina i rilievi di vaccinieto (Mollic Leptosols), ma l’acidità del terreno risulta ridotta sia rispetto ai vaccinieti sia alle faggete. Il tipo di humus indica una maggiore attività biologica e sottolinea le favorevoli caratteristiche trofiche di questo

tipo di praterie secondarie. La comunità edafica mostra la presenza di un elevato numero di taxa, tra cui gli indicatori di buona qualità del suolo già evidenziati nelle faggete (sinfili, pauropodi, proturi e dipluri), tanto da rendere estremamente simili i popolamenti edafici presenti nelle praterie a brachipodio e quelli dei boschi di faggio. La collembolofauna mostra invece l'assenza di specie strettamente legate alla lettiera forestale (es. genere *Tomocerus*), mentre sono presenti specie della famiglia Onychiuridae sottolineando la buona qualità dei suoli. La presenza di taxa edafici e specie di collemboli sensibili agli *stress* abiotici (temperatura, disseccamento) suggerisce come la struttura chiusa e lo spesso feltro di radici presente in queste praterie protegga il suolo in modo simile a quanto osservato nelle faggete per la lettiera. Le stesse radici e i loro essudati costituiscono anche una importante risorsa trofica per la fauna edafica (Killham 1994), come confermato dalla abbondanza di acari e collemboli. Si deve inoltre sottolineare come il contenuto in SO e N siano paragonabili a quelli osservati nelle faggete, con un conseguente effetto sulla fauna del suolo. Oltre ai gruppi già citati come indicatori di buone condizioni del suolo si evidenzia anche la presenza della specie di collembolo *Pseudosinella alba* (Ponge *et al.* 2003), che conferma la minore acidità di questi siti rispetto alle faggete. Come evidenziato in precedenza, in alcuni popolamenti elementari delle praterie a brachipodio (B2 e B3) si osserva la presenza di specie vegetali tipiche della faggeta, suggerendo una loro derivazione dal bosco. La fauna edafica non permette di confermare tale origine in quanto le differenze tra questi rilievi e la stazione di *Anthoxantho-Brachypodietum genuensis* che presenta l'assetto floristico tipico (B4) sono dovute non alla presenza di specie caratteristiche della faggeta quanto l'assenza di specie di vaccinieto. Tale dato risulta comunque interessante in quanto evidenzia l'origine di B4, che anche l'analisi fitosociologica indica come secondario al vaccinieto

Da quanto osservato si può dedurre che la similarità tra i popolamenti edafici delle faggete e dei brachipodieti, e la loro migliore qualità biologica (testimoniata dagli elevati valori dell'indice QBS-ar) rispetto ai vaccinieti ed alle vegetazioni secondarie nitrofile, è imputabile ad alcune analogie nelle caratteristiche del suolo, tra cui, in primo luogo, le buone condizioni trofiche ed alla maggiore protezione fornita dalla vegetazione.

Nelle aree di faggeta i popolamenti elementari gestiti ad alto fusto evidenziano sia una maggiore biodiversità vegetale sia la presenza di suoli tendenzialmente più fertili, come confermato dalla presenza di specie generalmente indicatrici di condizioni eutrofiche. La gestione a fustaia evidenzia anche una produttività tendenzialmente maggiore. La comunità dei microartropodi edafici risulta invece simile sia nei rilievi gestiti ad altofusto sia in quelli a ceduo, e la diffusa presenza nei rilievi di faggeta di taxa indicatori di buona qualità del suolo (pauropodi, sinfili, proturi e dipluri) sottolinea le condizioni altrettanto favorevoli di entrambe le tipologie di gestione forestale. Solo lo studio delle specie di collemboli evidenzia la struttura più aperta delle fustaie (indicata dalla presenza di *Lepidocyrtus cyaneus*) e la loro maggiore biodiversità vegetale (suggerita dalla densità di *Protaphorura armata*)

I dati raccolti in questo studio evidenziano come la risposta della vegetazione al gradiente altitudinale e al disturbo antropico sia simile a quella della fauna edafica. L'analisi fitosociologica fornisce quindi indicazioni sulla composizione dei popolamenti edafici (Hagvar 1982, Kuznetsova 2002) in quanto ogni associazione vegetale identifica specifiche caratteristiche ambientali, pedologiche e disponibilità di risorse trofiche. Le correlazioni tra fauna edafica e vegetazione non sono però tali da permettere di utilizzare l'una o l'altra in alternativa per descrivere in modo dettagliato un ambiente o gli effetti di una attività antropica. Infatti la fauna edafica è risultata poco sensibile alle diverse tipologie di gestione forestale, chiaramente evidenziate dalla biodiversità vegetale, all'opposto lo studio della composizione della fauna edafica ha permesso di evidenziare la particolarità del rilievo F11, in cui la lettiera è asportata per ruscellamento. Lo studio della vegetazione e della fauna edafica appaiono quindi non come strumenti alternativi, ma come complementari, permettendo un approccio olistico allo studio delle caratteristiche ambientali.

Come ricordato nei capitoli precedenti la fauna edafica sta ricevendo un forte interesse scientifico per il suo potenziale uso come bioindicatore (Cortet *et al.* 2000, van Straalen 1998, 2004), utilizzo che però non può essere disgiunto dalla necessità di conoscere in modo dettagliato le caratteristiche dei popolamenti edafici legati ai diversi ambienti. La conoscenza delle relazioni tra fauna del suolo e tipi di vegetazione è anche un passaggio fondamentale per affrontare il problema della conservazione della abbondante riserva di biodiversità presente nel suolo (Hagvar 1998). Si evidenzia infine

come gli indici QBS-ar e QBS-c abbiano mostrato una buona capacità di discriminare le caratteristiche delle comunità edafiche delle diverse tipologie vegetali, sintetizzando in modo efficace le osservazioni derivate dallo studio dei popolamenti di microartropodi. Infatti il valore di QBS-ar risulta positivamente correlato con il numero di specie vegetali sottolineando le buone caratteristiche biologiche dei suoli di faggeta e brachipodieta. Sebbene tali indici siano stati in passato usati prevalentemente per valutare gli effetti delle colture e delle pratiche agricole sulla pedofauna (Gardi *et al.* 2002), i dati di questo studio sottolineano le potenzialità di un loro uso anche nello studio di aree naturali.

## Riassunto

Questa ricerca è uno studio multidisciplinare volto a valutare le relazioni tra la vegetazione, la fauna edafica e le caratteristiche del suolo nella riserva naturale Guadine Pradaccio. Nell'area sono stati eseguiti 31 rilievi fitosociologici, esaminando: boschi di faggio, arbusteti a mirtillo, praterie a *Brachypodium genuense* e vegetazioni igronitrofile dominate da *Deschampsia caespitosa* o *Rumex alpinus*. In ogni rilievo è stato descritto il profilo del suolo ed eseguita l'analisi del pH e dei contenuti di sostanza organica ed azoto totale. Sono stati inoltre prelevati campioni per l'estrazione dei microartropodi edafici, identificati a livello di ordine, per chelicerati ed insetti, e classe, per i miriapodi. I collemboli sono stati invece determinati a livello di specie. La qualità biologica dei suoli è stata stimata mediante l'indice QBS. I dati evidenziano come diverse tipologie vegetali sottendano differenti popolamenti edafici, sia per i gruppi di microartropodi presenti sia per la composizione in specie di collemboli. La comparazione tra gli indici di biodiversità vegetale e della fauna edafica mostra correlazioni positive, evidenziando una diminuzione nella ricchezza specifica legata sia al gradiente altitudinale sia alle caratteristiche del suolo, meno favorevoli in alcuni rilievi. Un analogo andamento si osserva per i valori di QBS.

## Ringraziamenti

I miei più sentiti ringraziamenti vanno al Professor Marcello Tomaselli ed alla Dott.ssa Cristina Menta che, con consigli e commenti, sono stati guide insostituibili durante tutto il percorso che mi ha portato alla realizzazione del presente lavoro di ricerca.

Ringrazio il Dott. Ciro Gardi per il lavoro svolto sui profili pedologici e per l'aiuto con le analisi del suolo.

Desidero inoltre ringraziare il Dott. Saverio Bonani e tutto il personale della riserva naturale Guadine Pradaccio per le informazioni sulla gestione forestale e per l'aiuto nelle attività di campo.

Per gli importanti contributi all'identificazione delle specie di collemboli, ringrazio il Professor Vittorio Parisi.

Ringrazio inoltre Pamela Dallatana per l'aiuto con i rilievi delle cubature e per il contributo fotografico.

Ringrazio Beatrice, Giorgia, Fabio, Francesco, Alessio e tutto il personale del Museo di Storia Naturale di Parma.

Un ringraziamento speciale va alla mia famiglia per il sostegno durante gli anni di studio.

Infine, ma non ultima, ringrazio l'Elena per...tutto, dagli arcobaleni alle nubi tempestose.

## Bibliografia

- AFES-INRA. 1998. A sound reference base for soils. The “Référentiel Pédologique”.  
Association Française pour l'étude du Sol, Institut National de la Recherche  
Agronomique. Paris.
- Bachelier G. 1973. Technique d'extraction et d'inclusion globale des Microarthropodes  
en vue d'en évaluer la diversité. ORSTOM, série Pèdol., vol XI, 1. 85-89.
- Barbier S., Gosselin F., Balandier P. 2008. Influence of tree species on understory  
vegetation diversity and mechanisms involved - A critical review for temperate and  
boreal forests. *Forest Ecology and Management* 254. 1-15.
- Bedano J.C., Cantù M.P., Doucet M.E. 2006. Soil springtail (Hexapoda: Collembola),  
symphylans and pauropods (Arthropoda: Myriapoda) under different management  
systems in agroecosystems of the subhumid Pampa (Argentina). *European Journal of  
Soil Biology* 42. 107–119
- Bengtsson G., Gunnarsson T., Rundgren S. 1983. Growth changes caused by metal  
uptake in a population of *Onychiurus armatus* (Collembola) feeding on metal  
polluted fungi. *Oikos* 40. 216-225.
- Bernetti G. 1995. *Selvicoltura speciale. Scienze Forestali ed Ambientali*. UTET
- Bertoldi R. 1997. Storia del popolamento vegetale della Padania. In: Guida alla  
Vegetazione dell'Emilia-Romagna. Collana Annali Facoltà di Scienze Matematiche  
Fisiche e Naturali. Università di Parma.
- Bird S., Coulson R. N., Crossley D.A. Jr. 2000. Impacts of silvicultural practices on soil  
and litter arthropod diversity in a Texas pine plantation. *Forest Ecology and  
Management* 131. 65-80.
- Bird. S.B., Coulson R.N., Fischer R.N. 2004. Changes in soil and litter arthropods  
abundance following tree harvesting and site preparation in a loblolly pine (*Pinus  
taeda* L.) plantation. *Forest Ecology and Management*. 202, 195-208.

- Bonani S., Bruni A., Cappelli F., Dondini G., Olivari S., Perilli E., Vergari S. 2002. Habitat e vertebrati: Faggete dell'Appennino Settentrionale. Quaderni conservazione e Habita 2, Corpo Forestale dello Stato, Centro Nazionale per lo studio e la Conservazione della Biodiveesità Forestale di Verona - Bosco Fontana. Gianluigi Arcari Editore pp. 128
- Bretfeld G. 1999. Synopses on Palaearctic Collembola. Symphypleona. Staatliches museum fur naturkunde Görlitz.
- Brolemann H. W. 1930. Faune des Myriapodes de France. Chilopodes. Imprimerie Toulousaine.
- Bullini L., Pignatti S., Virzo De Santo A. 1998. Ecologia generale. UTET.
- Cassagne N., Bal-Serin M., Gers C., Gauquelin T. 2004. Changes in humus properties and collembolan communities following the replanting of beech forests with spruce. *Pedobiologia* 48. 267-276
- Cassagne N., Gauquelin T., Bal-Serin M., Gers C. 2006. Endemic Collembola, privileged bioindicators of forest management. *Pedobiologia* 50. 127-134.
- Cassagne N., Gers C., Gauquelin T. 2003. Relationships between Collembola, soil chemistery and humus types in forest stands (France). *Biol. Fertil. Soils*. 37. 355-361.
- Cassaugnau P. 1959. Contribution a la cannaissance du genre *Tetracanthella* Schött 1891, (Collemboles Isotomidae) *Mem. Mus. Natn. Hist. Nat. Paris*, sér 3, 14 : 199-258.
- Chagnon M., Herbert C., Paré D. 2000. Community structure of Collembola in sugar maple forests: relation to humus type and seasonal trends. *Pedobiologia* 44. 148-174
- Cortet J., Gomot-De Vaufley A., Poinot-Balaguer N., Gomot L., Texier C., Cluzeu D. 2000. The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects. *European Journal of Soil Biology*. 35, 115-134

- Cristofolini F. 1970. Piano di Assestamento della Foresta Demaniale Alta Val Parma per il decennino 1971-1980. Corpo Forestale dello Stato Parma pp. 105.
- Dalla Montà L., Dall'Ara P. 2000. Contributo alla conoscenza della collembolofauna del Parco Regionale dei Colli Euganei (Padova), Boll. Museo Civ. St. Nat. di Verona, Botanica Zoologia. 24. 107-122.
- Dallai R., Malatesta E., Ramellini P. 1995. Checklist delle Specie della Fauna Italiana 33. "Apterigota" Collembola, Protura, Microcoryphia e Zygentoma (=Thysanura s.l.), Diplura. Calderini.
- Deharveng L. 1987. Revision systématique du genre *Tetracanthella* Schött 1891, (Collemboles : Isotomidae). Travaux Lab. Ecobiologie Arthropodes Edaphiques Toulouse. 9 : 1-151.
- Deharveng L. 1996. Soil Collembola diversity, endemism, and reforestation: a case study in the Pyrenees (France). Conservation Biology. 10, 74-84.
- Detsis V., Diamantopoulos J., Kosmas C. 2000. Collembola assemblages in Lesvos, Greece. Effects of differences in vegetation and precipitation. Acta Oecologica 21. 149-159
- Dindal D.L. 1990. Soil Biology Guide. Wiley 1990.
- Dunger W. 1994. Synopses on Palaearctic Collembola. Tullbergiinae. Staatliches museum für naturkunde Görlitz.
- Eaton R. J., Barbercheck M., Buford M., Smith W. 2004. Effects of organic matter removal, soil compaction, and vegetation control on Collembolan populations. Pedobiologia 48. 121-128.
- FAO-ISRIC-ISSS. 1998. World reference Base for Soil Resources. World Soil Resource Report 84, FAO, Rome.
- Federici P. & Tellini C. 1983. La geomorfologia dell'Alta Val Parma. Rivista Geografica Italiana (90) 4. 393-438.

- Ferrari C. 1995. La vegetazione dell'Appennino tosco-emiliano oltre il limite degli alberi. Atti Convegni Lincei 115: 229-253. Acc. Naz. Lincei, Roma.
- Ferrari C. 1997. Le fasce di vegetazione dell'Emilia Romagna. In: Guida alla Vegetazione dell'Emilia-Romagna. Collana Annali Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali. Università di Parma.
- Field A. 2006. Discovering Statistics Using SPSS. SAGE Publications
- Filser J., Mebes K.-H., Winter K., Lang A., Kampichler C. 2002. Long-term dynamics and interrelationships of soil Collembola and microorganisms in an arable landscape following land use change. *Geoderma* 105. 201–221
- Fjellberg A. 1998. The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part I: Poduromorpha. Brill.
- Frampton G.K. 1997. The potential of Collembola as indicator of pesticide usage: evidence and methods from the UK arable system. *Pedobiologia* 41. 179-184.
- Gardi C, Tomaselli M, Parisi V, Petraglia A, Santini C. 2002. Soil quality indicators and biodiversity in northern Italian permanent grasslands. *European Journal of Soil Biology* 38. 103–110
- Gardi C., Menta C., Leoni A. Evaluation of environmental impact of agricultural management practices using soil microarthropods. *Fresenius Environmental Bulletin*. *In press*
- Giordano A. 1999. *Pedologia*. UTET
- Gisin H. 1960. *Collembolenfauna Europas*. Museum d'Histoire Naturelle, Geneve.
- Grandi G. 1984. *Introduzione allo studio della entomologia*. Edagricole
- Hagvar S. 1982. Collembola in Norwegian coniferous forest soils. 1. Relations to plant communities and soil fertility. *Pedobiologia*, 24, 255-296.

- Hagvar S. 1997. Protura, Pauropoda and Synphyla in Norwegian coniferous forest soils: abundance and vertical distribution. *Pedobiologia* 41, 56-61
- Hagvar S. 1998. The relevance of Rio Convention on biodiversity to conserving the biodiversity of soil. *Applied Soil Ecology*. 9 1-7
- Hagvar S., Abrahamsen G. 1984. Collembola in Norwegian coniferous forest soils. III. Relation to soil chemistry. *Pedobiologia*, 27. 331-339.
- Harde K.W. 1984. *A Field Guide in Color to Beetles*. Octopus Books.
- Hasegawa M. 2002. The response of collembolan community to the amount and composition of organic matter of a forest floor. *Pedobiologia* 46. 353-364.
- Hopkin S.P. 1997. *Biology of the springtails. Insecta: Collembola*. Oxford University Press.
- IFER Regione Emilia-Romagna. 2000. *Tavole Dendrometriche Regionali*. Servizio Parchi e Patrimonio Naturale. Bologna.
- Irmeler U. 2006. Climatic and litter fall effects on collembolan and oribatid mite species and communities in a beech wood based on a 7 years investigation. *European Journal of Soil Biology* 42. 51–62.
- Kallimanis A.S., Argyropoulou M.D., Sgardelis P.S. 2002. Two scale patterns of spatial distribution of oribatid mites. (Acari, Cryptostigmata) in a Greek mountain. *Pedobiologia* 46. 513-525.
- Killham K. *Soil Ecology*. Cambridge University Press. 1994
- Kopeszki H. & Jandl R. 1994. Die Mesofauna, insbesondere Collembolenfauna, im Buchen-Wienerwald in Abhängigkeit von Streu-Akkumulation und Depletion. *Zool. Anz.* 233, 123-134.
- Kuznestova N.A. 2002. Classification of collembola communities in the east-european taiga. *Pedobiologia* 46, 373-384

- Lagerlof J. & Scheller U. 1989. Abundance and activity of Pauropoda and Symphyla (Myriapoda) in four cropping systems. *Pedobiologia* 33, 315-321.
- Landolt Von E. 1977. *Okologische zeigerwerte zur Schweizer Flora*. Veroff. Geobot. Inst. Rubel, Zurich.
- Loranger G., Bandyopadhyaya I., Razaka B., Ponge J-F. 2001. Does soil acidità explain altitudinal sequences in collembolan communities? *Soil Biology & Biochemistry* 33. 381-393.
- Marcuzzi G., 1964. Osservazioni sulla fauna del suolo della regione di Sesto (Pusteria), *Mem. Museo St. Nat. della Venezia Tridentina*, Museo di Storia Naturale, Trento, anno XXVII-XXVIII, 15(1): 5-87.
- Materna J. 2004. Does forest type and vegetation patchiness influence horizontal distribution of soil Collembola in two neighbouring forest sites? *Pedobiologia* 48. 339–347
- Milcu A., Partsch S., Langel R., Scheu S. 2006. The response of decomposer (earthworms, springtails and microorganisms) to variations in species and functional group diversity of plants. *Oikos* 112. 513-524.
- Minerbi B. 1982. R.N.O. Guadine Pradaccio – Provincia di Parma – Piano di gestione naturalistica per il decennio 1983-1992. Ministero dell’Agricoltura e delle Foreste – Parchi Nazionali e Riserve Naturali pp.34
- Panzer R. & Schwartz M. W. 1998. Effectiveness of a Vegetation-Base Approach to Insect Conservation. *Conservation Biology*. 12. 693-702
- Parisi V. 1974. *Biologia e ecologia del suolo: tecniche di ricerca*. Boringhieri.
- Parisi, V. 2001. The biological soil quality, a method based on microarthropods (in Italian). *Acta Naturalia de L’Ateneo Parmense* 37, 97–106.
- Parisi V. Studio dell’adattamento alla vita ipogea e della evoluzione regressiva nei Collemboli. Applicazione del metodo EMI (indice ecomorfologico) e descrizione di

una nuova specie di *Tetracanthella* (Collembola, Isotomidae). Acta Naturalia de l'Ateneo Parmense. *In press*.

Parisi V., Menta C., Gardi C., Jacomini C., Mozzanica E. 2005. Microarthropod Communities as a Tool to Assess Soil Quality and Biodiversity: a new Approach in Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 105. 323-333.

Petersen H. 2002. General aspects of collembolan ecology at the turn of the millennium. *Pedobiologia* 46. 246-260.

Pignatti S. 1984. Flora d'Italia. Edagricole, Bologna.

Pignatti S. 1998. I boschi d'Italia. Sinecologia e biodiversità. Scienze Forestali ed Ambientali. UTET

Pignatti S., Mengarda F., 1962. Un nuovo procedimento per l'elaborazione delle tabelle fitosociologiche. *Acc. Naz. Lincei, Rend. cl. Sc. Mat. Fis. Nat. s. VIII*, 32: 215-222.

Pinto C. Sousa J.P., Graça M.A.S., da Gama M. 1997. Forest Soil Collembola. Do tree introduction make a difference? *Pedobiologia* 41, 131-138

Piussi P. 1997. Selvicoltura generale. Scienze Forestali ed Ambientali. UTET

Podani J. 2001 - SYN.tax 2000 computer program for multivariate analysis in ecology and taxonomy

Ponge J. 1993. Biocenoses of Collembola in atlantic temperate grass-woodland ecosystem. *Pedobiologia* . 37. 223-244

Ponge J. 2000. Vertical distribution of Collembola (Hexapoda) and their food resources in organic horizons of beech forests *Biol Fertil Soils* (2000) 32:508–522

Ponge J., Dubs F., Gillet S., Paulo Sousa J., Lavelle P. 2006. Decreased biodiversity in soil springtail communities: the importance of dispersal and landuse history in heterogeneous landscapes. *Soil Biology & Biochemistry* 38. 1158–1161.

- Ponge J.F., Gillet S., Dubs F., Fedoroff E., Haese L., Sousa J.P., Lavelle P. 2003. Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. *Soil Biology & Biochemistry* 35. 813–826
- Potapov M. & Deharveng L. 2005. Three new species of *Tetracanthella* (Collembola, Isotomidae) from western Europa, *Zoosystema* 27(1): 85-93.
- Rossi G. 1994. Carta della vegetazione del Monte Prado (Parco Regionale dell'Alto Appennino Reggiano, Regione Emilia-Romagna). Note illustrative. *Atti Ist. Bot. e Lab. Critt. Univ. Pavia*, s. 7, 10 (1991): 3-24
- S.I.S.S. (Società Italiana della Scienza del Suolo) 1985. *Metodi Normalizzati di Analisi del Suolo*. Edagricole.
- Sacchi C. F. & Testard P. 1971. *Ecologie animale*. Doin. Parigi.
- Sadaka N. & Ponge J.F. 2003. Soil animal communities in holm oak forest: influence of horizon altitude and year. *European Journal of Soil Biology* 39. 197–207
- Salamon J. A. , Alpei J., Ruf A., Schaefer M., Scheu S, Schneider K., Suhrig A., Maraun M. 2006. Transitory dynamic effects in the soil invertebrate community in a temperate deciduous forest: Effects of resource quality. *Soil Biology & Biochemistry* 38. 209–221
- Salomon J. A., Schaefer M., Alpei J., Schmid B., Sheu S. 2004. Effects of plant diversity on Collembola in an experimental grassland ecosystem. *Oikos* 106. 51-60.
- Scheller U. 1974. Paupoda from arable soil in Great Britain. *Symp. Zool. Soc. Lond.* 32, 405-410.
- Schmid I. 2002. The influence of soil type and interspecific competition on the fine root system of Norway spruce and European beech. *Basic Appl. Ecol.* 3, 339-346
- Shannon, C.E. 1948. A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal* 27: 379-423, 623-656

- Simon Benito J.C. & Lucianez-Sanchez M.J. 1998. Dos novas especies del genero *Tetracanthella* Schött de la Peninsula Iberica (Collembola, Isotomidae). Nouvelle revue d'Entomologie 15: 231-235
- SOIL SURVEY STAFF. 1996. Key to soil taxonomy. USDA. Washington.
- Stebaeva S. 2003. Collembolan communities of the Ubsu-Nur Basin and adjacent mountains (Russia, Tuva). Pedobiologia 47, 341-356.
- Tomaselli M. 1997. Guida alla Vegetazione dell'Emilia-Romagna. Collana Annali Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali. Università di Parma.
- Ubaldi D. 1988. Le associazioni di faggeta nell'Appennino settentrionale. In: Monti e Boschi, Anno XXXIX, n. 3. 7-10.
- Ubaldi D. 1993. Tipificazione dei sintaxa forestali appenninici e siciliani. Ann. Bot. (Roma) 51, suppl. 10: 113-127.
- Ubaldi D. 2003. Flora, fitocenosi e ambiente. CLUEB, Bologna.
- van der Maarel E. 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. Vegetatio 39-2: 97-114
- van Straalen, N.M., 1998. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. Appl. Soil Ecol. 9, 429-437.
- van Straalen, N.M. 2004. The Use of Soil Invertebrates in Ecological Survey of Contaminated Soils. In: Vital Soil, P.Doelman & H. Eijsackers. Elsevier. pp. 159-195
- Wallwork J.A. 1970. Ecology of soil animals. McGraw-Hill. London.
- Wolters V. 1998. Long-term dynamics of a collembolan community. Appl. Soil Ecol. 9, 221-227.
- Zanella A., Tommasi M., De Siena C., Frizzera L., Jaboil B., Nicolini G. 2001. Humus forestali. Centro di Ecologia Alpina.

## Allegato 1: Descrizione dei profili del suolo

Rilievo: F1

Data rilievo: 15/06/05

Coordinate: 32T5809884917051

Inclinazione: 23°

Esposizione: NE

Uso del suolo: Bosco di latifoglie

Descrizione vegetazione: Faggeta (*Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*). Fustaia

Petrosità + rocciosità: 40%

Orizzonte	Profondità	Descrizione
OF	2.5-0.5 cm	Lettiera scarsamente decomposta
OL	0.5-0 cm	Lettiera parzialmente decomposta
A1	0-5/7 cm	Molto umido, colore 10YR 3/2; struttura granulare debole tendente al massivo; radici fini abbondanti; franco-sabbioso; limite inferiore chiaro-ondulato.
A2	5/7-15/20 cm	Molto umido, colore 7,5 YR 4/6; struttura poliedrica subangolare debole 2-3 cm; tessitura franco-sabbioso + 5% di argilla.
Bw	> 15/20 cm	Molto umido, colore 7,5 YR 4/6; struttura poliedrica sub-angolare 2-3 cm mediamente sviluppata.

Rilievo: F2

Data rilievo: 15/06/05

Coordinate: 32T5809664917001

Inclinazione: 38°

Esposizione: NE

Uso del suolo: Bosco di latifoglie

Descrizione vegetazione: Faggeta (*Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*). Fustaia.

Petrosità + rocciosità 30%

Orizzonte	Profondità	Descrizione
OF	1.5-0.5 cm	Lettiera scarsamente decomposta
OL	0.5-0 cm	Lettiera parzialmente decomposta
A1	0-5/7 cm	Molto umido, colore 10YR 3/2
A2	>5/7 cm	Molto umido, colore 10 YR 4/4

Rilievo: F3

Data rilievo: 15/06/05

Coordinate: 32T5810514916394

Inclinazione: 18°

Esposizione: NNE

Uso del suolo: Bosco di latifoglie

Descrizione Vegetazione: Faggeta (*Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*). Fustaia.

Petrosità + rocciosità 30%

Orizzonte	Profondità	Descrizione
OF	4-3 cm	Lettiera scarsamente decomposta
OL	3-0.5 cm	Lettiera parzialmente decomposta
OH	0.5-0 cm	Lettiera decomposta
A1	0-10/12 cm	Umido, colore 10YR 2/1; struttura granulare generalmente debole; radici fini e medie abbondanti.
A2	> 10/12 cm	Umido, colore 10 YR 4/6; struttura poliedrica sub-angolare debole, debolmente sviluppata.

Rilievo: F4

Data rilievo: 15/06/05

Coordinate: 32T5811104916355

Inclinazione: 40°

Esposizione: NNE

Uso del suolo: Bosco di latifoglie

Descrizione: Faggeta (*Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*). Ceduo

Petrosità + rocciosità 25%

Orizzonte	Profondità	Descrizione
OL	5-2 cm	Lettiera scarsamente decomposta
OF	2-0 cm	Lettiera parzialmente decomposta
A1	0-4/6 cm	Molto umido, colore 10YR 3/3.
Bw	4/6-20/25	

Rilievo: F5

Data rilievo: 15/06/05

Coordinate: 32T581144 4916353

Inclinazione: 35°

Esposizione: NNE

Uso del suolo: Bosco di latifoglie

Descrizione vegetazione: (*Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*). Fustaia.

Petrosità + rocciosità 40%

Orizzonte	Profondità	Descrizione
OL	3-0.5 cm	Lettiera scarsamente decomposta
OF	0.5-0 cm	Lettiera parzialmente decomposta
A1	0-4/5 cm	Umido, colore 10YR 2/2; radici fini abbondanti; franco-sabbioso; limite inferiore chiaro lineare.
A2	4/5-15/20 cm	Molto umido, colore 7,5 YR 4/6; limite chiaro lineare.
Bw	8/10-30/40	Radici grosse comuni, andamento sub-orizzontale (radici solo nello strato 10-20) scheletro 20%

Rilievo: F6

Data rilievo: 20/06/06

Coordinate: 32T5811714916640

Inclinazione: 13°

Esposizione: SSE

Uso del suolo: Bosco di latifoglie

Descrizione vegetazione: Faggeta (*Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*). Fustaia

Petrosità + rocciosità 60-70%

Orizzonte	Profondità	Descrizione
OL	1.5-0.5 cm	Lettiera scarsamente decomposta
OF	0.5-0 cm	Lettiera parzialmente decomposta
A1	0-8/10 cm	Umido; radici grosse, medie e fini abbondanti con andamento sub-orizzontale; scheletro 60-70%.
A2	8/10-25/30 cm	Umido; scheletro 60-70%.

Rilievo: F7

Data rilievo: 20/06/06

Coordinate: 32T5811654916714

Inclinazione: 40°

Esposizione: SE

Uso del suolo: Bosco di latifoglie

Descrizione vegetazione: Faggeta (*Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*). Fustaia

Petrosità + rocciosità 25%

Orizzonte	Profondità	Descrizione
OL	4-1 cm	Lettiera scarsamente decomposta
OF	1-0 cm	Lettiera parzialmente decomposta
A1	0-8/10 cm	Umido, limite inferiore chiaro lineare; radici fini e medie comuni; scheletro 10%.
A2	8/10-30/50 cm	Umido; radici grosse; scheletro 30%.

Rilievo: F8

Data rilievo: 14/07/05

Coordinate: 32T5811784916899

Inclinazione: 33°

Esposizione: ESE

Uso del suolo: Bosco di latifoglie

Descrizione vegetazione: Faggeta (*Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*). Fustaia

Orizzonte	Profondità	Descrizione
OL	7-3	Lettiera scarsamente decomposta
OF	3-0	Lettiera parzialmente decomposta
A1	0-6 cm	Radici fini comuni. Colore 10YR3/2. Umido. Tessitura franco-sabbiosa. Struttura granulare fine e molto debole.
A2	6-18 cm	Radici medie abbondanti. Colore 10YR4/3. Umido. Tessitura franco-sabbiosa. Struttura poliedrica subangolare debolmente sviluppata tendente al massivo
Bt	>18	Radici fini e medie poco comuni. Colore 7,5YR5/8. Umido. Tessitura franco-limosa. Struttura poliedrica subangolare mediamente sviluppata, moderatamente forte.

Rilievo: F9

Data rilievo: 14/07/05

Coordinate: 32T5811944917113

Inclinazione: 3°

Esposizione: SE

Uso del suolo:

Bosco di latifoglie

Descrizione vegetazione: Faggeta (*Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*). Fustaia

Orizzonte	Profondità	Descrizione
OL	9-5 cm	Lettiera scarsamente decomposta
OF	5-2 cm	Lettiera parzialmente decomposta
OH	2-0 cm	Lettiera decomposta. Radici fini estremamente abbondanti. Colore 10YR2/1. Umido.
A1	0-2 cm	Radici fini estremamente abbondanti. Colore 10YR2/1. Umido. Tessitura franco-sabbiosa. Struttura granulare fine debolmente sviluppata.
A2	2-10 cm	Radici fini e medie abbondanti. Colore 10YR4/2. Umido. Tessitura franco-sabbiosa. Struttura poliedrica subangolare media, debolmente sviluppata, moderatamente forte.
Bt	10-40 cm	Radici fini poco comuni. Colore 7.5YR4/6. Umido. Tessitura franco-limosa. Struttura poliedrica subangolare media, moderatamente sviluppata, moderatamente forte.

Rilievo: F10

Data rilievo: 14/07/05

Coordinate: 32T5812164917172

Inclinazione: 33°

Esposizione: NE

Uso del suolo: Bosco di latifoglie

Descrizione vegetazione: Faggeta (*Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*). Ceduo

Orizzonte	Profondità	Descrizione
OL	7-4 cm	Lettiera scarsamente decomposta
OF	4-2 cm	Lettiera parzialmente decomposta
OH	2-0 cm	Lettiera decomposta. Radici fini poco comuni. Colore 10YR2/1. Umido.
A1	0-8 cm	Radici fini comuni, medie rare. 10YR2/1. Umido. Tessitura franco-sabbiosa. Struttura da granulare fine debolmente sviluppata (debole al limite con O3) a poliedrica subangolare media debolmente sviluppata, moderatamente forte (al limite con A2)
A2	8-20 cm	Struttura poliedrica subangolare media, debolmente sviluppata, moderatamente forte

Rilievo: F11

Data rilievo: 14/07/05

Coordinate: 32T5812804917279

Inclinazione: 2°

Esposizione: E

Uso del suolo: Bosco di latifoglie

Descrizione vegetazione: Faggeta (*Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*). Fustaia.

Orizzonte	Profondità	Descrizione
OL	4-3 cm	Lettiera scarsamente decomposta
OF	3-0 cm	Lettiera parzialmente decomposta
A1	0-8 cm	Radici abbondanti. Colore 10YR3/2. Umido. Tessitura franco-sabbiosa. Struttura granulare fine estremamente debole, poco sviluppata. Poco più sviluppata al limite A2.
A2	8-30 cm	Radici fini e medie poco comuni. Colore 2.5YR4/4. Tessitura franco-sabbiosa. Struttura Poliedrica subangolare media, debolmente sviluppata, debole.
C	>30 cm	

Rilievo: F12

Data rilievo: 14/07/05

Coordinate: 32T5814194917468

Inclinazione: 38°

Esposizione: ENE

Uso del suolo: Bosco di latifoglie

Descrizione vegetazione: Faggeta (*Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*). Bosco di protezione

Orizzonte	Profondità	Descrizione
OL	8-6 cm	Lettiera scarsamente decomposta
OF	6-2 cm	Lettiera parzialmente decomposta
OH	2-0 cm	Lettiera decomposta. Radici fini e ife fungine abbondanti. Colore 10YR2/1.Umido
A1	0-3 cm	Radici fini e medie abbondanti. Colore 10YR2/1. Umido. Tessitura franco-sabbiosa. Struttura granulare fine debolmente sviluppata, debole.
A2	3/6-10 cm	Radici fini e medie abbondanti. Colore 10YR5/6.Umido.Tessitura franco-sabbiosa. Scheletro 20%. Struttura appena accennata granulare o poliedrica subangolare estremamente debole.

Rilievo: F13

Data rilievo: 07/09/05

Coordinate: 32T581406 4916545

Inclinazione: 5°

Esposizione: NE

Uso del suolo: Bosco di latifoglie

Descrizione vegetazione: Faggeta (*Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*). Ceduo

Orizzonte	Profondità	Descrizione
OL	5-1 cm	Lettiera scarsamente decomposta
OF	1-0 cm	Lettiera parzialmente decomposta
A1	0-4 cm	Umido; colore 10YR2/1; tessitura franco-sabbiosa; struttura granulare poco sviluppata tendente al massivo; radici fini e medie poco comuni; limite inferiore chiaro lineare.
A2	4-10 cm	Umido; colore 10YR3/3; tessitura franco-sabbiosa; struttura granulare poco sviluppata tendente al massivo; radici fini e medie comuni scheletro 30% 5-20 cm spigoli vivi.
Bw	>10 cm	Umido; colore 10YR4/4; tessitura più argillosa della precedente; radici medie e grosse comuni con andamento orizzontale; struttura poliedrica sub-angolare.

Rilievo: F14

Data rilievo: 07/09/05

Coordinate: 32T5809174916222

Inclinazione: 28°

Esposizione: ONO

Uso del suolo: Bosco di latifoglie

Descrizione vegetazione: Faggeta (*Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*). Ceduo

Petrosità + rocciosità 20%

Orizzonte	Profondità	Descrizione
OL	1-0.5 cm	Lettiera scarsamente decomposta
OF	0.5-0 cm	Lettiera parzialmente decomposta
A1	0-3 cm	Umido; colore 10YR2/1; struttura granulare debolmente sviluppata; tessitura franco-sabbiosa, radici fini comuni.
E	3-6 cm	Umido; colore 10YR2/2; struttura granulare debolmente sviluppata; tessitura franco-sabbiosa, radici fini comuni.
Bh	6-8 cm	Umido; colore 10YR2/1; struttura granulare debolmente sviluppata; tessitura franco-sabbiosa, radici molto comuni.
Bt	>8 cm	Umido; colore 10YR4/4; struttura poliedrico sub-angolare debolmente sviluppata; radici fini e medie poco comuni.

Rilievo: F15

Data rilievo: 07/09/05

Coordinate: 32T5810394915931

Inclinazione: 30°

Esposizione: NO

Uso del suolo: Bosco di latifoglie

Descrizione vegetazione: Faggeta (*Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*). Ceduo

Petrosità + rocciosità 20%

Orizzonte	Profondità	Descrizione
OL	4-2 cm	Lettiera scarsamente decomposta
OF	2-0 cm	Lettiera parzialmente decomposta
A1	0-4 cm	Umido; colore 10YR3/1; struttura granulare tendente al massivo; tessitura franco-sabbiosa; scheletro 50% radici grosse rare, radici fini comuni.
A2	4-8/20 cm	Umido; colore 10YR4/2; limite inferiore irregolare abrupto; struttura granulare debolmente sviluppata; tessitura franco-sabbiosa, radici fini comuni.
A/C	> 20 cm	

Rilievo: F16

Data rilievo: 07/09/05

Coordinate: 32T5806444916273

Inclinazione: 30°

Esposizione: E

Uso del suolo: Bosco di latifoglie

Descrizione vegetazione: Faggeta (*Gymnocarpio-Fagetum sylvaticae*). Ceduo

Petrosità + rocciosità 35%

Orizzonte	Profondità	Descrizione
OL	4-2 cm	Lettiera scarsamente decomposta
OF	2-0 cm	Lettiera parzialmente decomposta, radici fini abbondanti
A1	0-1 cm	Umido; colore 10YR2/4; struttura granulare (grumosa) debolmente sviluppata; piccola tendenza al massivo; limite inferiore differenziato lineare; radici medie e fini comuni.
A2	1-6/15 cm	Umido; colore 10YR4/3; limite inferiore abrupto.
A/C	> 6/15 cm	

Rilievo: V2

Data rilievo: 29/11/05

Coordinate: 32T581094 4915803

Inclinazione: 10°

Esposizione: NNO

Uso del suolo: Arbusteto

Descrizione vegetazione: Arbusteti a mirtilli (*Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis*)

Orizzonte	Profondità	Descrizione
OL	4-3 cm	Lettiera scarsamente decomposta. Fusti di mirtillo sub-orizzontali abbondanti.
OF	3-0 cm	Lettiera moderatamente decomposta radici fini abbondanti, medie e grosse comuni.
A1	0-10 cm	Limite inferiore chiaro ondulato. Colore 10YR2/2. Radici fini e medie comuni. Molto umido
E	10-25 cm	Limite inferiore chiaro. Colore 10YR3/3. Radici fini e medie comuni. Molto umido.
Bw	>25	Scheletro 20-30%. Colore 10YR4/6. Radici fini e medie rare. Molto umido.

Rilievo: V4

Data rilievo: 29/11/05

Coordinate: 32T5812784915684

Inclinazione: 20°

Esposizione: NE

Uso del suolo: Arbusteto

Descrizione vegetazione: Arbusteto a mirtilli (*Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*)

Orizzonte	Profondità	Descrizione
OL	2-1 cm	Lettiera indecomposta
OF	1-0 cm	Lettiera moderatamente decomposta
A1	0-5 cm	Limite inferiore diffuso. Radici fini poco comuni. Colore 10YR2/2
A2	5-10/20 cm	Limite inferiore contatto litico. Radici fini rare 10YR3/2

Rilievo: V5

Data rilievo: 29/11/05

Coordinate: 32T5812074915539

Inclinazione: 30°

Esposizione: N

Uso del suolo: Arbusteto

Descrizione vegetazione: Arbusteto a mirtili (*Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis*)

Orizzonte	Profondità	Descrizione
O		Lettera
A1	varie da 2 a	Limite inferiore diffuso. Colore 10YR2/2
A2	20 cm	Limite inferiore contatto litico. Colore 10YR3/2

Rilievo: V6

Data rilievo: 29/11/05

Coordinate: 32T5813384915368

Inclinazione: 35° Esposizione: NE

Uso del suolo: Arbusteto

Descrizione vegetazione: Arbusteto a mirtili (*Empetro-Vaccinietum gaultherioidis*)

Orizzonte	Profondità	Descrizione
O		Lettera
A1	0 - 2/8 cm	Limite inferiore diffuso. Colore 10YR2/2
A2	2/8 - 5/45 cm	Limite inferiore contatto litico. 10YR3/2

Rilievo: V7

Data rilievo: 29/11/05

Coordinate: 32T5812494915465

Inclinazione: 25° Esposizione: N

Uso del suolo: Arbusteto

Descrizione vegetazione: Arbusteto a mirtilli (*Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis*)

Orizzonte	Profondità	Descrizione
O		Lettiera
A1	0-5/8 cm	Limite inferiore diffuso. Colore 10YR2/2
A2	>8 cm	Limite inferiore contatto litico. Colore 10YR3/2

Rilievo: V9

Data rilievo: 29/11/05

Coordinate: 32T5807364915740

Inclinazione: 30°

Esposizione: N

Uso del suolo: Arbusteto

Descrizione vegetazione: Arbusteto a mirtilli (*Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis*)

Orizzonte	Profondità	Descrizione
O		Lettiera
A1	0-5/8 cm	Limite inferiore diffuso. Colore 10YR2/2
A2	> 8 cm	Limite inferiore contatto litico. 10YR3/2

Rilievo: V10

Data rilievo: 29/11/05

Coordinate: 32T5808444915826

Inclinazione: 20°

Esposizione: OSO

Uso del suolo: Arbusteto

Descrizione vegetazione: Arbusteto a mirtili (*Hyperico-Vaccinietum gaultherioidis*)

Orizzonte	Profondità	Descrizione
O		Lettiera
A1	0-5/8 cm	Limite inferiore diffuso. Colore 10YR2/2
A2	> 8 cm	Limite inferiore contatto litico. 10YR3/2

Rilievo: B1

Data rilievo: 16/10/2007

Coordinate: 32T5815794916274

Inclinazione: 40°

Esposizione: OSO

Uso del suolo: Prato

Descrizione vegetazione: Prato (*Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*)

Orizzonte	Profondità	Descrizione
O	2-0 cm	Materia organica non decomposta.
A1	0-5 cm	Radici fini ed estremamente fini estremamente abbondanti. Colore 10 YR 3/2 poco umido. Struttura granulare aggregata dal feltro di radici. Scheletro 50 %.
A2	5-20/30 cm	Radici fini e medie abbondanti. Colore 10 YR 3/1 umido. Struttura poliedrica subangolare debolmente sviluppata, tendente al granulare.

Rilievo: B2

Data rilievo: 16/10/2007

Coordinate: 32T5816484916202

Inclinazione: 45°

Esposizione: O

Uso del suolo: Prato

Descrizione vegetazione: Prato (*Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*)

Orizzonte	Profondità	Descrizione
O	2-0 cm	Materia organica non decomposta.
A1	0-10 cm	Radici fini ed estremamente fini estremamente abbondanti. Colore 10 YR 3/1 umido. Struttura granulare aggregata dal feltro di radici. Scheletro 50 %.

Rilievo: B3

Data rilievo: 16/10/2007

Coordinate: 32T5816264916018

Inclinazione: 45°

Esposizione: ONO

Uso del suolo: Prato

Descrizione vegetazione: Prato (*Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*)

Orizzonte	Profondità	Descrizione
O	2-0 cm	Lettiera.
A1	0-8 cm	Radici estremamente fini abbondanti. Poco umido colore 10 Y/R 3/2. Struttura granulare debole.
A2	8 20-25 cm	Poco umido colore 10 YR 4/2. Struttura granulare tendente al massivo.

Rilievo: B4

Data rilievo: 16/10/2007

Coordinate: 32T5807254915904

Inclinazione: 35°

Esposizione: SE

Uso del suolo: Prato

Descrizione vegetazione: Prato (*Anthoxantho-Brachypodietum genuensis*)

Orizzonte	Profondità	Descrizione
OL	4-0 cm	Residui scarsamente decomposti
OF	2-0 cm	Residui decomposti
A1	0-8 cm	Radici fini e medie abbondanti. Umido 10 Y/R 3,5/2. Struttura granulare debole.
A2	4-10/15 cm	Radici fini, medie e grosse comuni. Struttura poliedrica granulare debole. Scheletro 50 %.

Rilievo: D1

Data rilievo: 22/11/05

Coordinate: 32T5809874916033

Inclinazione: 0°

Uso del suolo: Prato

Descrizione vegetazione: Prato (Aggruppamento a *Deschampsia caespitosa*)

Orizzonte	Profondità	Descrizione
O1	5-0 cm	Materiale residuo vegetale non decomposto (feltro di radici e fusti)
A1	0-10 cm	Radici fini estremamente abbondanti, radici medie abbondanti (1-2 mm), grandi comuni (5-10 mm). Struttura poliedrica sub-angolare, medie estremamente deboli.
A2	10-25 cm	Radici fini comuni, struttura poliedrica sub-angolare, media moderatamente espressa, screziature rossastre rare
Bc	> 25 cm	Falda

Rilievo: D3

Data rilievo: 29/11/05

Coordinate: 32T5812074915697

Inclinazione: 35°

Esposizione: E

Uso del suolo: Prato

Descrizione vegetazione: Prato (Aggruppamento a *Deschampsia caespitosa*)

Orizzonte	Profondità	Descrizione
A1	0-6 cm	Radici fini comuni. Colore 10YR3/3. Bagnato radici fini comuni.
Ac	6>45 cm	Colore 10YR4/3

Rilievo: N8

Data rilievo: 29/11/05

Coordinate: 32T5807674915681

Inclinazione: 0°

Uso del suolo: Prato

Descrizione vegetazione: Prato (*Geo-Nardetum strictae*)

Orizzonte	Profondità	Descrizione
O	2-0 cm	Lettiera scarsamente decomposta
A1	0-3/5 cm	Radici fini abbondanti. Limite inferiore chiaro lineare.
A2/E	3/5-13/15 cm	Radici fini poco comuni.
B	>13/15 cm	

Rilievo: R11

Data rilievo: 29/11/05

Coordinate: 32T5810114915955

Inclinazione: 0°

Uso del suolo: Prato

Descrizione vegetazione: Prato (Aggruppamento *Rumex alpinus*)

Orizzonte	Profondità	Descrizione
O	4-0 cm	Lettiera
A1	0-8 cm	Radici fini abbondanti, medie e grosse comuni. Limite inferiore chiaro ondulato. Bagnato.
Ac	>8 cm	Scheletro 80%. Saturo d'acqua.

**Allegato 2: Densità (ind/m<sup>2</sup>) dei taxa di microartropodi negli strati di suolo e lettiera delle aree di faggeta.**

Sito	F1		F2		F3		F4		F5		F6		F7		F8	
	Suolo	Lettiera	Suolo	Lettiera	Suolo	Lettiera	Suolo	Lettiera	Suolo	Lettiera	Suolo	Lettiera	Suolo	Lettiera	Suolo	Lettiera
Acari	3248	25894	9490	24588	3163	41405	26283	56629	8280	21244	12335	20352	20190	33474	5308	10733
Araneidi	.	32	21	96	21	.	64	32	64	32	.	32	64	32	21	.
Opilioni	.	.	.	.	.	32	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pseudoscorpioni	.	.	.	64	.	.	21	32	.	.	.	.	.	32	.	96
Diplopodi	.	21	64	191	.	32	.	96	.	.	.	.	21	64	.	.
Chilopodi	106	32	64	159	21	65	64	.	64	96	64	32	64	.	21	32
Sinfili	3588	382	807	127	1677	32	1826	.	1422	64	382	96	2654	.	191	.
Paupodi	127	287	1062	1147	.	.	106	.	1040	.	42	32	722	96	85	32
Collemboli	5138	34175	6135	22359	3291	7867	7218	20639	4819	11816	1996	11179	3779	7580	679	16849
Proturi	403	255	318	.	21	.	21	.	340	96	.	64	170	.	.	.
Dipluri	255	.	.	.	85	.	170	.	.	.	212	.	21	.	.	.
Tisanotteri	.	.	.	.	21	.	.	.	21	.	64	.	.	.	21	32
Emitteri	.	32	21	64	21	.	.	.	.	.	106	.	.	32	42	64
Psocotteri	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Imenotteri	.	.	.	.	21	.	21	.	.	32	.	.	.	.	21	.
Coleotteri	170	64	212	127	127	96	64	32	106	96	212	32	234	223	85	127
Larve di coleottero	297	65	255	32	106	287	297	127	191	64	403	96	276	96	467	96
Larve di dittero	212	191	85	96	106	.	234	32	106	64	.	350	85	32	106	.
Sito	F9		F10		F11		F12		F13		F14		F15		F16	
	Suolo	Lettiera	Suolo	Lettiera	Suolo	Lettiera	Suolo	Lettiera	Suolo	Lettiera	Suolo	Lettiera	Suolo	Lettiera	Suolo	Lettiera
Acari	8216	28915	9745	12899	4564	24461	5392	13950	6857	5733	5668	4300	5966	9428	2781	4555
Araneidi	21	127	.	.	21	96	.	64	21	64	.	.	21	127	.	.
Opilioni	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	33	.	.
Pseudoscorpioni	.	.	21	32	.	95	.	.	21	.	.	32	.	.	.	.
Diplopodi	.	.	42	64	21	64	.	32	.	.	.	.	.	.	.	.
Chilopodi	21	.	64	64	.	96	64	32	42	96	65	.	64	96	.	.
Sinfili	297	.	318	96	403	.	701	32	552	.	2484	.	212	.	743	.
Paupodi	127	.	1444	510	212	96	913	159	21	.	276	.	21	.	85	.
Collemboli	5923	9808	1571	4204	361	6880	2229	5542	4862	10256	3503	4363	3567	10925	3248	5606
Proturi	297	.	1444	446	.	.	127	.	276	.	382	.	191	.	85	.
Dipluri	21	.	21	.	21	.	234	64	106	.	318	.	170	.	.	.
Tisanotteri	.	64	.	32	21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Emitteri	21	.	.	32	42	.	42	64	.	.	.	.	.	.	.	.
Psocotteri	42	.	.	.	.	32	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Imenotteri	.	.	21	.	.	.	.	.	.	32	.	.	.	.	.	.
Coleotteri	42	255	106	127	170	64	21	32	106	32	106	32	21	32	127	32
Larve di coleottero	191	127	573	.	42	.	573	.	234	64	870	32	149	32	318	32
Larve di dittero	255	.	85	64	127	223	64	63	42	.	170	.	106	127	191	.

### Allegato 3: Densità (ind/m<sup>2</sup>) delle specie di collemboli negli strati di suolo e lettiera delle aree di faggeta.

Sito	F1		F2		F3		F4		F5		F6		F7		F8		F9		F10		F11		F12		F13		F14		F15		F16			
	Lettera	Suolo	Lettera	Suolo	Lettera	Suolo	Lettera	Suolo	Lettera	Suolo	Lettera	Suolo	Lettera	Suolo	Lettera	Suolo	Lettera	Suolo	Lettera	Suolo	Lettera	Suolo	Lettera	Suolo	Lettera	Suolo	Lettera	Suolo	Lettera	Suolo	Lettera	Suolo		
<i>Arrhopaltes sp.</i>			32																21	21												21		
<i>Ceratophysella armata</i>										32																								
<i>Ceratophysella denticulata</i>	191		478	64										96				287			64		32		478	340			382	149				
<i>Cryptopygus agreni</i>																							21											
<i>Entomobrya lanuginosa</i>	255	64	64	21	32		159		30	21	64	64	32	42	127	21	64			96					64				42					
<i>Folsomia sensibilib</i>	149				64			85		85		106		42		64		42					32	21		403		64		42		467		
<i>Folsomia multiset</i>	2007	191	1529	1019	637	170	860	42	701		860	85	223	658		149			987	340		21	287	1146		127				66				
<i>Folsomia nana</i>	350	510	1019	340	1147	85	1242	212	2739	637	733	42	159	255	2644		2803	425	764	170	1720		1847		4523	297			2739	255	701	382		
<i>Friesea cf. inermis</i>	127		828	42	255		637		319		255		382	340	319		350	42	159			287		64		159			414	1422				
<i>Hypogastrura crassaegranulata</i>		764		340		85		127		42		106		149		64		2845	32	127		21		127		637		85						
<i>Hypogastrura socialis</i>	669	42			32	403									21						42								414	1422				
<i>Isotoma notabilis</i>	64		64		127			21	127		828		159		191	21						64		127		32		127		64	223			
<i>Isotoma viridis</i>																								42										
<i>Isotoma violacea</i>	637				32										382		32	21			127		64		32									
<i>Isotomiella minor</i>	159	64	191	446	96		191	255	127	128	159		255	318	96	255	159	170	32	106	127		127	255	127	318	96	127	64	212	32	106		
<i>Isotomurus palustris</i>					32	21																												
<i>Lepidocyrtus curvicolis</i>	32		95				159		191		96	21		42	382	21	127	21				127	21		32	85			32		64			
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i>	319		96						64		255		96				96																	
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i>	956	85	255	21	159			85	287		255		191	21	223	42	127	21	191	66	414	64	32	106	159	21	159	106	287	64	223	85		
<i>Megalothorax minimus</i>									32		32														64	85		170		255		21		
<i>Mesaphorura krausbaueri</i>		149		42		531		5690		870	191	510		85		127	32	85							21	319	1592		149		21			
<i>Micranurida pygmaea</i>							21		21																									
<i>Neanura muscorum</i>	32	64	32	21					21	96	85				32															21				
<i>Odontella empodialis</i>			32																															
<i>Onychiurus pseudogramulosus</i>	319	106	1815	149	32	42		85	64		1115		96	21	5255	21	66			127	21			287	21	637	85	64	255	701	106	32	106	
<i>Orchesella sp.</i>																																		32
<i>Protaphorura armata</i>	796	42	1019	106			32	21		106				64	191		64	21		85	414		127	21		21	32	43	64	149		106		
<i>Protaphorura sp.</i>													287																					
<i>Prothaphorura tuberculata</i>			64	42					64		32		32		255	42	32	64		64	32			21		42			64					
<i>Pseudachorudina falleronenensis</i>	32		287		159		382		255		382		319	42				42		21			223	42	191	42	159		319					
<i>Pseudanurophorus binoculatus</i>					32							21																						
<i>Pseudisotoma sensibilib</i>						64							64																					
<i>Pseudosinella petterseii</i>						21	32					21																					21	
<i>Pseudosinella fallax</i>			32										64	42	96																			
<i>Sphaeridia pumilis</i>									32						64											32		478	42	32				
<i>Tetracanthella apenninica</i>			1019	297			32		287		32		573	149		42	32	85					32		32		64	21	159	106		21		
<i>Tomoceris minor</i>	32												32						159					21							32			
<i>Tomoceris minutus</i>			64						64				32																64					
<i>Triacanthella perfecta</i>							1401	21	64															32		32		127	21	382				
<i>Vertagopus arborea</i>																	64																	
<i>Willowsia platani</i>											21						32																	

