

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA DI VITERBO
DIPARTIMENTO DI TECNOLOGIE, INGEGNERIA E SCIENZE DELL'AMBIENTE E
DELLE FORESTE

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA
DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA EVOLUTIVA E FUNZIONALE

CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA
SCIENZE E TECNOLOGIE PER LA GESTIONE FORESTALE E AMBIENTALE
XXIII Ciclo

***APPLICAZIONE DI INDICI BIOLOGICI NELLA VALUTAZIONE DELL' IMPATTO
DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUGLI ECOSISTEMI FORESTALI***

BIO/07

Coordinatore: Prof. Gianluca Piovesan

Tutor: Dott.sa Cristina Menta

Co- Tutor: Prof. Marzio Zapparoli, Prof. Gianluca Piovesan

Dottorando: Federica Delia Conti

AA 2009/2010

A Leonardo, che mi ha diviso con il laboratorio,
e a Francesco, che mi ha sempre incoraggiato.

Indice

Prefazione	3
Riassunto	4
Abstract	6
1. Introduzione	8
1.1 Foreste, fauna del suolo e cambiamenti climatici	9
1.2 Bioindicatori e indici ambientali	10
1.3 Indicatori vegetali	11
1.4 Invertebrati come indicatori	12
1.4.1 La fauna edafica	12
1.4.2 I chilopodi	13
2. Aree di studio	16
2.1 Valle del torrente Chalamy, Champdepraz (AO)	17
2.2 Alta val Taro, Borgo val di Taro (PR)	18
2.3 Lago di Vico, Ronciglione - Vetralla (VT)	19
3. Materiali e metodi	
3.1 Determinazione parametri chimici dei suoli	20
3.2 Prelievi dendrologici	21
3.3 Campionamento ed identificazione degli artropodi edafici	22
3.4 Indice di qualità biologica del suolo, QBS-ar	23
3.5 Analisi statistiche	24
4. Risultati e discussioni	
4.1 Caratteristiche dei suoli	25
4.2 Analisi dendroecologiche	26
4.3 Comunità di microartropodi edafici	29
4.4 Caratterizzazione delle taxocenosi a chilopodi	36
4.5 Valori dell'indice QBS-ar	44
5. Conclusioni	47
Ringraziamenti	48
Bibliografia	49
Allegato A: Valori annuali dell'indice QBS-ar	54
Allegato B: Archivio fotografico	57

Prefazione

I cambiamenti climatici comporteranno sugli ecosistemi conseguenze solo in parte note. Differenti discipline hanno finora svolto le proprie ricerche per poter valutare effetti ed entità di tali fenomeni, ma è ora necessario far convergere gli sforzi ed utilizzare un approccio multidisciplinare per affrontare in maniera più articolata le problematiche complesse a cui bisogna far fronte. In particolare è indispensabile trattare contemporaneamente diversi ecosistemi che sono in relazione tra loro e che si influenzano a vicenda (ad esempio non è possibile studiare il comparto suolo slegato dagli aspetti relativi alla vegetazione soprastante).

Questo lavoro di ricerca ha voluto unire metodi e discipline differenti in modo da caratterizzare in maniera più ampia la situazione attuale di alcune formazioni boschive italiane a dominanza di faggio (*Fagus sylvatica*). L'utilizzo di indicatori ed indici ambientali (appartenenti alla zoologia, biologia ed ecologia del suolo, dendrologia) ha permesso di ottenere informazioni sintetiche sullo stato attuale, e per alcuni aspetti pregresso, dei sistemi considerati, permettendo così di stabilire un punto di partenza per futuri monitoraggi volti ad individuare conseguenze imputabili ai cambiamenti climatici in atto.

Riassunto

I cambiamenti ambientali ed in particolare quelli climatici comporteranno sugli ecosistemi terrestri effetti che sono noti solo in parte. Alcune aree europee sembrano essere maggiormente vulnerabili, tra cui il bacino del Mediterraneo e l'area Alpina. Nel bacino del Mediterraneo si prevede un aumento della pressione atmosferica e della temperatura dell'aria, mentre le precipitazioni tenderanno a diminuire, causando un aumento dei periodi siccitosi. Nella Regione Alpina, l'aumento delle temperature e la contrazione dei ghiacciai registrati negli ultimi anni testimoniano la rapidità con cui nuove condizioni si instaurano, alle quali gli ecosistemi alpini potrebbero non adattarsi. Le ripercussioni a livello degli ecosistemi possono manifestarsi con differenti modalità ed è necessario possedere gli strumenti idonei per valutarne gli effetti. Alcune essenze forestali, come ad esempio il faggio (*Fagus spp.*), da studi dendrologici sono risultate estremamente sensibili alle condizioni ambientali e vengono quindi considerate buoni macroindicatori. Allo stesso modo, le comunità animali edafiche possono risentire dei cambiamenti in atto. Infatti, la fauna del suolo risponde a diverse variabili ambientali ed una variazione del clima che comporti regimi di umidità e temperatura alterati può mutare le interazioni tra le specie, oltre che influire direttamente sulla presenza/assenza di alcuni gruppi maggiormente sensibili agli stress, tra cui i chilopodi, artropodi predatori frequenti negli ecosistemi forestali.

Gli studi sono stati condotti in aree italiane appartenenti a zone protette e comunque caratterizzate da un basso disturbo antropico, lungo un transetto Nord/Sud che comprende la Regione alpina occidentale (Valle del torrente Chalamy -AO-), la Regione Appenninica settentrionale (Alta val Taro -PR-) e la Regione Antiappenninica laziale (Lago di Vico -VT-). Sono stati considerati i boschi a dominanza di faggio (*Fagus sylvatica*) e cerro (*Quercus cerris*). Non è stato possibile individuare quest'ultima tipologia nel sito alpino, per cui è stato deciso di caratterizzare le cerrete dal punto di vista chimico e attraverso il popolamento a microartropodi edafici. Nelle faggete sono state eseguite la determinazione dei parametri chimici del suolo (umidità, pH, S.O. e C org), le valutazioni dendrologiche, la caratterizzazione del popolamento edafico e delle taxocenosi a chilopodi. Il campionamento della fauna edafica è consistito nel prelievo di 3 zolle di terreno (100 cm² per 10 cm di profondità), da cui è avvenuta l'estrazione dei microartropodi mediante selettore Berlese-Tüllgren. Gli organismi sono stati osservati, contanti ed identificati a livello di ordine (classe per miriapodi) e quindi si è proceduto con il calcolo dell'Indice di Qualità Biologica del Suolo (QBS-ar). I chilopodi sono stati raccolti combinando tre tecniche di campionamento: raccolta a vista, trappole a caduta e vaglio entomologico. I prelievi dendrologici hanno interessato i siti alpino e appenninico settentrionale nelle estati del 2009 e del 2010. In ciascun sito, sono stati scelti 20-22 individui tra le piante maggiormente rappresentative, da cui si sono prelevate, a 1,30 m di altezza dal terreno, le carote utilizzando una trivella di Pressler.

I risultati ottenuti hanno permesso di descrivere la situazione attuale delle stazioni ed è possibile valutare quali possono essere gli aspetti di vulnerabilità in ognuna. Le cronologie dendrologiche ottenute hanno permesso di valutare aspetti legati alla storia della gestione forestale dei boschi nonché alcune caratteristiche rispetto ai fattori ecologici presenti. Lo studio del popolamento a microartropodi ha evidenziato la presenza di numerosi taxa, compresi quelli tradizionalmente associati a condizioni di maturità e stabilità dei suoli quali proturi, pauropodi, sinfili. I valori di QBS-ar osservati hanno evidenziato punteggi elevati (maggiori di 150 e frequentemente oltre 200) confermando lo “stato di salute” di suoli per i quali gli stress di origine antropica sono estremamente contenuti. Attraverso la determinazione delle specie di chilopodi (73 individui in totale nelle 3 stazioni), è stato possibile evidenziare la composizione qualitativa e quantitativa di ogni cenosi ed individuare quelle caratterizzanti e potenzialmente più vulnerabili al cambiamento climatico. Le informazioni ottenute durante questo studio sono inoltre servite per caratterizzare ogni area ed individuare una situazione di “riferimento” (T_0) con cui poter confrontare i risultati dei monitoraggi futuri e quindi valutare eventuali effetti dei cambiamenti climatici in corso.

Parole chiave: microartropodi edafici, chilopodi, dendroecologia, cambiamenti climatici, QBS-ar

Abstract

Global change and in particular climate change affect terrestrial ecosystems in several ways, with effects only partially known. Several European areas will be more sensitive, like Mediterranean basin and Alps. In the Mediterranean Region air pressure and air surface temperature are going to increase, while precipitation patterns will show a decreasing trend with more drought periods. In the Alpine Region, air temperature rise and glaciers contraction registered in the latest years evidence the rapidity in the establishment of new conditions, to which alpine ecosystems couldn't adapt. Feedbacks on ecosystems could show with diverse effects and it is necessary having specific instruments that allow to revealed them. Some trees, such as beech (*Fagus* spp.), in dendrological issue demonstrated a sensitiveness to environment conditions and are considered as good macroindicators. Also soil fauna communities could suffer changes. Soil fauna, in fact, answers to several environmental climate variables and a variation in moisture contents and temperature could alter species interactions, as well as influence directly on presence/absence of stress sensitive taxa, for example centipedes (Chilopoda), predatory arthropods frequent in forest ecosystems.

The studies were carry out in semi-natural Italian areas characterized by a low anthropogenic disturbance, on a North/South transect that includes North- West Alpine Region (Chalamy river valley, Aosta Valley), North Apennines Region (Upper Taro valley, Parma) and Latium Antiapennines Region (Vico Lake, Viterbo). Dominated European Beech and Turkey Oak forests were involved. The Turkey Oak forests were not found in the Alpine Region, thus they were characterized from soil chemical parameters and soil fauna composition point of view. In beech forests, chemical parameters (moisture, pH, O.M., organic C), dendrological analysis, soil fauna and centipedes community were determined. The soil fauna sampling consisted in three soil cores (100 cm² per 10 cm in depth); microarthropods were extracted by using Berlese- Tüllgren funnels, observed, counted and identified to order level (class for myriapods), then QBS-ar index was calculated. Centipedes were collected combining three techniques: hand capture, pit fall traps and entomologic sieve. Dendrological sampling was carry out in Alpine and North Apennines Region during summer 2009 and 2010. For each site, 20-22 trees representative of the population were taken into account: stem core samples were obtained using Pressler's increment borer at height of 1.30 m from the ground.

The results allowed to describe current situation and vulnerability aspects could be identified. Tree-ring site chronologies allowed the evaluation of forest management and ecological limiting factors. Numerous taxa of soil microarthropods were found, even adapted groups associated to stability of soils such as proturans, pauropods and symphylans. QBS-ar values were characterized by high scores (more than 150 and frequently above 200) confirming soil "health" due to low rates of disturbances. By centipedes (73 individuals in the three sites) species, qualitative and quantitative composition of each community were underlined and climate change sensitive and keys species were identified. The

results were also used to define a “starting point” situation (T_0) to compare future monitoring data in order to evaluate climate change in act.

Keywords: edaphic microarthropods, centipedes, dendroecology, climate change, QBS –ar index

1. Introduzione

Le attività antropiche comportano una forte pressione sugli ecosistemi naturali: le immissioni dei cosiddetti gas serra e di altri inquinanti compromettono direttamente alcuni comparti ambientali ed alterano gli equilibri della composizione dell'atmosfera. I cambiamenti climatici sono una delle conseguenze e comprendono, come sottolineato dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (2002 e 2007), l'incremento delle temperature ($0,6 \pm 0,2^\circ \text{C}$ nel corso del XX secolo), le variazioni nei regimi di precipitazione (aumento del 5-10% nell'emisfero boreale nelle medio-alte latitudini e una riduzione nelle aree meridionali), l'innalzamento dei livelli dei mari (1-2 mm annui durante il 1900), l'aumento sia dell'intensità che delle frequenze degli eventi estremi.

Il clima è il maggior fattore di controllo della distribuzione della vegetazione, della produttività, della composizione in specie di piante ed animali. Diverse piante necessitano di intervalli specifici di temperature e di precipitazioni per riprodursi e crescere. Allo stesso modo, anche le specie animali necessitano di condizioni idonee di temperatura e/o di precipitazioni ed inoltre essi dipendono dalla presenza delle specie di cui si cibano (IPCC, 2002). Le variazioni a carico del clima comportano quindi cambiamenti nelle comunità biotiche naturali, mutandone il rapporto tra le specie che le compongono e la distribuzione sul territorio (Bosello et al., 2007). La linea boschiva potrebbe spostarsi, ad esempio, di alcune centinaia di metri verso altitudini maggiori nel corso del prossimo secolo (Badeck et al. in Bosello et al., 2007). Inoltre in alcuni contesti, le specie attuano risposte individuali ai cambiamenti climatici più o meno rapide, mentre gli ecosistemi possono richiedere decenni o anche di più per adattarsi alle nuove condizioni (Gates, 1993), incontrando serie difficoltà di adattamento a causa della rapidità con cui queste si instaurano (Beniston in Mercalli, 2006).

Non tutte le regioni del mondo sembrano essere interessate alla stessa maniera dai cambiamenti climatici: gli scenari ipotizzati dagli studiosi evidenziano una maggiore vulnerabilità per alcune aree come zone costiere, alte latitudini ed elevate altitudini (IPCC, 2002) e negli ecosistemi la cui struttura e composizione è fortemente influenzata da fattori limitanti quali temperatura e precipitazioni (Walker in Gates, 1993). Tra le regioni biogeografiche europee più sensibili e che maggiormente risentiranno degli effetti che i cambiamenti climatici comporteranno, vi sono il bacino del Mediterraneo (Schröter et al. in Piovesan et al., 2008) e le aree montuose (Mosello, 1998), tra cui quella alpina.

Nella Regione Mediterranea sia la pressione che la temperatura dell'aria tenderanno ad aumentare, mentre si registrerà una variazione delle precipitazioni (Piervitali et al, 1997; Gualdi & Navarra, 2005): esse tenderanno a diminuire, soprattutto in inverno, con un aumento delle conseguenze correlate (disponibilità ridotta di acqua, prolungati periodi siccitosi, incremento degli incendi boschivi) (EEA in IPCC, 2007).

Nella Regione Alpina le temperature negli ultimi anni sono aumentate in maniera maggiore rispetto alla situazione globale (circa 1°C dal 1900), soprattutto in inverno, il periodo di copertura nevosa si è ridotto, i ghiacciai hanno subito contrazioni importanti (circa il 50 % nel periodo 1820-2005), le

precipitazioni sono diminuite dopo il 1940 (Mercalli, 2006). Secondo i modelli climatici, le Alpi subiranno quindi un inaridimento, soprattutto nei versanti meridionali (Mosello, 1998).

La biodiversità, già in declino a livello mondiale a causa in particolare della degradazione e della distruzione degli habitat naturali e semi-naturali, potrà risentire anche degli effetti del cambiamento climatico, i quali potranno accelerarne il decadimento.

1.1 Foreste, fauna del suolo e cambiamenti climatici

Gli effetti dei cambiamenti climatici in atto influiscono sugli ecosistemi forestali attraverso le modifiche dei ritmi fenologici, le risalite altitudinali e la modificazione delle proprietà nutrizionali. Mediamente il periodo vegetativo si è allungato di 10 giorni tra il 1962 e il 1995 (Mercalli, 2006), anticipando in molte aree temperate e boreali il risveglio primaverile e in alcuni casi anche il periodo di fruttificazione (Blasi & Piovesan, 2008). Non si è però verificato un aumento della produttività degli ecosistemi forestali, in quanto temperature più elevate comportano una maggiore attività di evapotraspirazione (Gates, 1993) che, se non mitigata dagli apporti pluviali, provoca un severo stress idrico che potrebbe condurre a processi di decadimento più o meno diffusi (Blasi & Piovesan, 2008). Risulterebbero quindi frequenti le risalite altitudinali di comunità più adattate a temperature caldo-aride (Peñuelas & Boada in Menta, 2008), spostando la linea boschiva di qualche centinaia di metri. Queste comunità risultano maggiormente competitive alle nuove condizioni climatiche e potrebbero portare sul lungo periodo ad una sostituzione delle comunità forestali esistenti con ripercussioni sul comparto animale che nel bosco trova riparo e fonti di cibo. Una elevata concentrazione di CO₂ presente in atmosfera, essendo la fonte di carbonio nel processo della fotosintesi, può alterare il rapporto tra carbonio e altri nutrienti nelle piante, aumentando il rapporto C/N (Battisti, 2004). Le foglie possono essere più grandi, ma la concentrazione di azoto è minore per cui gli insetti devono nutrirsi di un volume maggiore per ottenere il nutrimento necessario (Gates, 1993). Alcune specie forestali rispondono a concentrazioni maggiori di CO₂ con un incremento dei tannini nelle foglie, rendendole meno appetibili per molti insetti (Massa, 2008).

La fauna del suolo risente anch'essa dei cambiamenti climatici, sia in maniera diretta che indiretta. Molti tra gli organismi edafici sono caratterizzati da un intervallo di temperatura ottimale (IPCC, 2002) e ogni stadio dello sviluppo è strettamente dipendente da essa (Gates, 1993). Una variazione delle temperature influenza la fertilità, la riproduzione e le abilità competitive degli organismi edafici (Hopkin, 1997; Walter & Proctor in Lindberg, 2003). Condizioni più calde, soprattutto se queste si verificano anticipatamente in primavera, accorciano i cicli vitali e quindi aumenta il numero di generazioni durante la stagione estiva (Gates, 1993). Inoltre, i cambiamenti climatici possono alterare la disponibilità delle risorse di cibo (Wallwork, 1970) e le relazioni trofiche preda-predatore e ospite-parassita (Gates, 1993).

La siccità derivante da una variazione dei regimi di precipitazioni ha una conseguenza diretta su alcuni organismi, come diplopodi e chilopodi: i primi sono vulnerabili al disseccamento, perdendo una

consistente quantità d'acqua attraverso l'apparato boccale, nel processo di deiezione e durante la riproduzione; i secondi tendono a perdere acqua attraverso la cuticola in condizioni di bassa umidità ambientale (Coleman et al., 2004). Inoltre, periodi ripetuti di siccità estiva alterano notevolmente la comunità in termini di composizione (Lindberg & Bengtsson, 2006), modificando le interazioni tra le diverse specie e riducendo l'abbondanza e la diversità delle cenosi edafiche (Lindberg, 2003). Il processo di ricolonizzazione è piuttosto lento, in funzione della nicchia ecologica che i microartropodi occupano (Lindberg, 2003; Lindberg & Bengtsson, 2006).

La pedofauna subisce le variazioni messe in atto dalla pianta nel processo mitigativo sia in quantità e qualità dei nutrienti, sia nei cambiamenti della qualità della lettiera rendendola meno appetibile per gli organismi deputati alla degradazione della sostanza organica, modificando il processo e forzando le dinamiche di comunità. L'attività degli insetti fitofagi defogliatori si prevede possa incrementare il consumo delle foglie del 30 % a causa della diluizione dei contenuti di azoto nei tessuti della pianta (Massa, 2008), comportando un minore apporto di sostanza organica al suolo nel periodo autunnale.

1.2 Bioindicatori e Indici ambientali

Nella valutazione delle condizioni dell'ambiente è utile considerare oltre ai parametri chimico-fisici, i quali permettono di valutare puntualmente la presenza di sostanze inquinanti, le informazioni biologiche che possono essere desunte mediante l'utilizzo di bioindicatori. Un bioindicatore è un organismo che, mediante reazioni identificabili (biochimiche, fisiologiche, morfologiche, corologiche) permette di ottenere informazioni sulla qualità dell'ambiente (van Straalen, 1998; Menta, 2008).

L'utilizzo di bioindicatori permette di ottenere quindi indicazioni sintetiche di cambiamenti che avvengono in un dato ambiente e spesso è utilizzato per diagnosticare le cause di un problema ambientale (Dale & Beyeler, 2001) in uno stadio precoce. Inoltre, rappresenta un metodo semplice ed efficace per esaminare la composizione, la struttura e le funzionalità di complessi sistemi ecologici (Karr in Dale & Beyeler, 2001).

Le informazioni sulle variazioni avvenute in un ambiente possono essere ottenute da differenti livelli di organizzazione biologica. I *biomarker* consentono di misurare variabili biochimiche e fisiologiche negli individui o nei prodotti di escrezione; i *bioindicatori* hanno specifiche richieste ecologiche per cui forniscono informazioni relative ai cambiamenti ambientali; i *bioaccumulatori* sono organismi in grado di accumulare nel tempo sostanze inquinanti in quantità proporzionale alle concentrazioni presenti e ai tempi di esposizione; le *comunità* permettono di ottenere indicazioni su tutta la zoocenosi e le relazioni che la caratterizzano. Infine, attraverso l'utilizzo di più bioindicatori, è possibile costruire *indici* numerici che sintetizzano l'informazione in un unico valore in modo da poter stabilire se una comunità corrisponde a quella che ci si aspetterebbe di trovare in un ambiente con una determinata qualità (Rossaro, 1998). L'informazione che viene resa corrisponde ad una semplificazione a cui è attribuito un grado di specificità e di risoluzione minore: si tratta di una indicazione qualitativa, che permette di determinare in tempi brevi l'esistenza un disturbo avvenuto in

precedenza, senza però determinarne le cause, ma che conserva l'informazione essenziale dei dati di partenza.

L'individuazione di un organismo come bioindicatore rappresenta la scelta chiave per la riuscita di un piano di monitoraggio ambientale. Sarebbe quindi opportuno utilizzare un insieme di indicatori appartenenti a differenti livelli di complessità in modo da ottenere informazioni rappresentative della struttura, funzionalità e composizione del sistema ecologico (Dale & Beyeler, 2001).

1.3 Indicatori vegetali

La crescita delle piante dipende da una complessa serie di interazione tra la componente genetica e i fattori ambientali: il patrimonio genetico determina quali ambienti l'individuo possa tollerare e controlla la risposta che esso manifesta alle condizioni ambientali (Stokes & Smiley, 1996). Le principali variabili che controllano la distribuzione delle specie arboree sono la temperatura, le precipitazioni e il disturbo (Speer, 2010), sia naturale che antropico. La relazione che unisce vegetazione e clima è stretta, per cui utilizzandone una è possibile dedurre l'altro; inoltre, questa relazione può essere utilizzata per prevedere le condizioni future della vegetazione nel contesto dei cambiamenti climatici (Gates, 1993).

L'uso di singole specie o di intere comunità vegetali assume un ruolo di primaria importanza nel monitoraggio ambientale per valutare diversi aspetti (inquinamento ambientale, cambiamenti climatici, grado di naturalità e antropizzazione, biodiversità, gestione e pianificazione territoriale, prevenzione degli incendi, conservazione, ripristino ambientale, gestione dei pascoli e delle foreste, reti ecologiche ecc.) (Pignatti et al., 2001). Diversi livelli di organizzazione vengono utilizzati come bioindicatori: i licheni sono usati comunemente nella valutazione degli effetti dovuti all'inquinamento antropico (Indice di Biodiversità Lichenica - IBL), le briofite sono utilizzate negli ecosistemi terrestri e acquatici nelle analisi della contaminazione dell'aria; le piante vascolari possono essere utilizzate direttamente per segnalare la presenza degli inquinanti, per indicare un inquinante specifico e per la valutazione dell'intensità degli inquinamenti, ma possono essere impiegate anche solo parti di esse (radici, gli anelli di accrescimento delle piante legnose, le foglie) con differenti applicazioni (Sartori, 1998).

Le piante legnose possono essere utilizzate come testimonianza naturale dei processi ecologici (Speer, 2010): attraverso lo studio degli anelli di accrescimento annuali è possibile ricostruire gli andamenti delle variabili climatiche nel passato dato che le piante rappresentano sensori attivi, capaci di integrare le differenti variazioni ambientali e di annotare nella propria memoria biologica anche eventi che non possono essere registrati dagli strumenti fisici (Schirone et al., 2002).

Attraverso l'approccio dendroclimatologico, è possibile quindi ricostruire il clima a partire dagli anelli anulari e utilizzando la dendroecologia si possono comprendere le dinamiche dei processi naturali, come il disturbo e le interazioni tra diversi fenomeni naturali (Speer, 2010). Negli ultimi vent'anni, i dendroecologi hanno ampiamente utilizzato il faggio (*Fagus sylvatica*), in quanto esso

risulta essere strettamente legato a particolari condizioni ecologiche e climatiche per cui viene considerato un indicatore ambientale della massima importanza (Pignatti, 1998).

1.4 Invertebrati come indicatori

Le comunità di microartropodi edafici, soprattutto quelle dei suoli forestali caratterizzati dalla presenza di una lettiera e uno strato di humus ben sviluppati, sono contraddistinte da una grande varietà di specie (van Straalen, 1998). La maggior parte degli organismi che vivono nel suolo hanno cicli vitali che sono strettamente connessi alle nicchie ecologiche che occupano (organismi euedafici come proturi, dipluri, pauropodi, sinfili). Inoltre, essi sono caratterizzati da una vita piuttosto sedentaria che non permette di fuggire le condizioni di stress e i cambiamenti che comportano. Per queste ragioni, gli invertebrati sembrano essere maggiormente sensibili a cambiamenti nelle condizioni degli habitat (Hafernik in Grgič & Kos, 2005).

Nonostante l'approccio più semplice nel monitoraggio del suolo sembri essere quello di scegliere una singola specie come indicatore, sono pochi gli esempi in letteratura che utilizzano questo approccio; la tendenza è quella di considerare più gruppi funzionali e le relazioni che tra essi intercorrono (van Straalen, 1998). La bioindicazione è una relazione quantitativa tra la struttura di comunità e i fattori ambientali (van Straalen, 2004): quando un fattore del suolo influenza la struttura di comunità, la struttura di comunità può contenere informazioni relative al fattore che è occorso. Inoltre, le variazioni nelle comunità ecologiche possono rivelare informazioni sull'ambiente che non sono facilmente ricavabili dalle analisi abiotiche (van Straalen & Verhoef, 1997).

Per lo studio delle comunità edafiche, sono disponibili un numero limitato di indicatori ed indici i cui protocolli e procedure siano standardizzate e riconosciuti a livello internazionale e, anche quando lo fossero, mancano i valori riferiti a suoli definiti di buona qualità, i quali possono variare in relazione all'uso, alla tipologia, al disturbo.

1.4.1 La fauna edafica

La pedofauna svolge un ruolo importante nel ciclo degli elementi (attraverso la degradazione e successivamente la parziale mineralizzazione della sostanza organica), ma assolve anche importanti ruoli nella diversità e successione della vegetazione (van Straalen, 2004). Inoltre la diversità del suolo è essenziale per far sì che le funzioni ecosistemiche terrestri possano avere luogo (van Straalen, 2004).

Gli organismi edafici che trascorrono nel suolo l'intero ciclo vitale o parte di esso risultano estremamente adattati alle particolari condizioni che caratterizza questo habitat e quindi manifestano una marcata sensibilità a varie fonti di disturbo che intervengono sul suolo. Pochi sono gli approcci ben conosciuti che hanno utilizzato gli invertebrati edafici: tra questi vi è l'indice di maturità dei nematodi (Maturity Index -MI-, Bongers, 1990), il quale si basa sullo studio delle famiglie di nematodi presenti, la classificazione ecologica dei lombrichi (Bouché, 1977) e lo studio di comunità dei

microartropodi del suolo, con diversi approcci tra cui l'indice di qualità biologica del suolo (QBS; Parisi, 2001; 2005).

Il Maturity Index richiede il riconoscimento delle famiglie dei nematodi presenti nel suolo (o nel sedimento) e vi attribuisce un valore ecologico da 1 a 5, dove 1 corrisponde a famiglie tolleranti e tipiche di matrici contaminate e 5 alle famiglie sensibili caratteristiche di ambienti intatti. I nematodi a cui vengono attribuiti bassi valori ecologici appartengono agli opportunisti e sono in genere colonizzatori (*c*), capaci di invadere velocemente habitat instabili; al contrario i nematodi persistenti (*p*) sono caratterizzati da cicli riproduttivi lenti e che quindi necessitano di condizioni stabili per svilupparsi, risultando quindi molto sensibili agli stress. L'indice viene calcolato come la media pesata dei valori *c-p* individuali, desunti da specifiche tabelle.

I lombrichi svolgono nel suolo importanti funzioni, legate soprattutto alla loro attività di scavo: infatti la loro azione influisce sia sulla struttura del suolo, creando una serie di cunicoli che migliorano l'aerazione e creano spazio per altri organismi, sia sulla composizione chimica consentendo una traslocazione della sostanza organica dagli strati superficiali a quelli più profondi in forme maggiormente utilizzabili dalle piante (casts, ossia sostanza organica digerita, sostanze minerali e muco proteico). La classificazione ecologica individua 3 categorie nell'ambito della comunità di lombrichi: le specie epigee, le quali sono superficiali, pigmentate e non scavatrici, le specie endogee, le quali scavano gallerie orizzontali e vivono nei primi strati di suolo (tra la superficie minerale e l'orizzonte organico), e le specie aneciche, le quali scavano gallerie profonde e di notte riemergono in superficie attratte dalla lettiera. La proporzione tra le specie fornisce un sistema semplice ed efficace di bioindicazione.

L'indice di qualità biologica del suolo si basa sulle comunità di microartropodi edafici (QBS-ar) o di collemboli (QBS-c). I microartropodi sono contraddistinti da particolari caratteristiche morfologiche in relazione al grado di adattamento alla vita ipogea (Parisi, 1974). Questo permette di utilizzare l'approccio delle Forme Biologiche, che consente di valutare i microartropodi sulla base della loro specificità al comparto suolo e di superare le difficoltà dell'analisi tassonomica. L'obiettivo di questi indici è quello di misurare l'entità della convergenza morfologica alla vita ipogea dei microartropodi in diversi ambienti e di fornire un valore numerico, risultante da un indice sintetico, della qualità biologica del suolo, valutato in relazione allo stato della mesofauna a microartropodi, i cui ruoli sono bene documentati (Menta, 2008). [Per la trattazione nello specifico dell'Indice QBS-ar si rimanda al paragrafo 3.4].

1.4.2 I chilopodi

I chilopodi sono artropodi, predatori a largo spettro, frequenti soprattutto negli ecosistemi forestali, in cui rappresentano un gruppo chiave. Tutti i chilopodi sono predatori, nessuno di loro ha perso le forcipule durante il processo evolutivo e non si conoscono specie erbivore (Blackburn et al., 2002), nonostante le conoscenze sul loro regime alimentare siano ancora incomplete. Sono presenti

soprattutto in ambienti umidi (in particolare nella lettiera dei boschi di latifoglie) oppure appartengono alla fauna criptozoica, la quale trova rifugio durante il giorno sotto pietre, cortecce, tronchi abbattuti; sono lucifughi e facilmente rinvenibili nelle grotte (Zapparoli & Minelli, 2005).

La loro distribuzione sembra fortemente influenzata da fattori climatici, quali temperatura e umidità (Blackburn et al., 2002): infatti essi tendono ad essere maggiormente abbondanti e attivi in aree caratterizzate da alta piovosità (Zapparoli, 1997); la temperatura ha un effetto meno pronunciato, in parte perché la maggior parte delle specie ha intervalli di tolleranza ampi (Albert in Blackburn, 2002) che scendono anche sotto lo zero.

Sono conosciute in Italia 162 specie suddivise nei 4 ordini della fauna europea e paleartica: Scutigermorfi (1), Litobiomorfi (83, di cui 71 del genere *Lithobius*), Scolopendromorfi (16, di cui 12 del genere *Cryptops*) e Geofilomorfi (62). Le specie endemiche sono circa il 30%, anche se questo dato è ritenuto eccessivo a causa dell'incerta validità di alcuni taxa nominali (Zapparoli & Minelli, 2005). Le aree alpina e appenninica sono piuttosto ricche di specie (rispettivamente 102 e 110 specie). Inoltre diversi elementi caratterizzati da una ampia distribuzione in Europa (appartenenti ai corotipi europeo, S-europeo, W-europeo) sono presenti sulle Alpi e alcuni di questi si spingono lungo l'Appennino Ligure fino a quello Tosco-Emiliano.

I chilopodi posseggono diversi caratteri che autorizzano un loro impiego come bioindicatori (Grgič & Kos, 2005): sono disponibili informazioni riguardanti l'ecologia, la tassonomia, la filogenesi; sono molto importanti negli ecosistemi edafici in quanto predatori; sono facilmente catturabili e i metodi utilizzati sono facilmente ripetibili; i dati provenienti dalle catture forniscono informazioni sufficienti per determinare la composizione e la struttura delle comunità di chilopodi e anche alcune interazioni con altri gruppi; infine sono caratterizzati da una buona ricchezza in specie e da buone abbondanze. I chilopodi risultano sensibili ai cambiamenti ambientali a causa della loro struttura del corpo. Inoltre, hanno cicli vitali lunghi e si trovano ai vertici delle catene trofiche del suolo, in quanto predatori: essi, infatti, nelle foreste temperate, svolgono un importante ruolo di regolazione e hanno una grande influenza sulle popolazioni delle specie che predano (Grgič & Kos, 2005).

Diversi disturbi, come ad esempio il disboscamento, l'eliminazione della lettiera e del legno morto, il calpestio, il pascolo, la frammentazione degli habitat e l'antropizzazione del territorio, possono minacciare l'integrità delle comunità di chilopodi: almeno localmente, si può notare una sostituzione degli elementi maggiormente specializzati (*Lithobius castaneus*, *Lithobius validus*, *Lithobius mutabilis*, *Schendyla* spp., *Strigamia* spp.) con quelli meno specializzati ed invasivi (*Lithobius forficatus*, *Scolopendra cingulata*, *Himantarium gabrielis*).

In questo studio è stata valutata la possibilità di utilizzare i chilopodi nella valutazione degli impatti imputabili ai cambiamenti climatici. Numerosi studi hanno evidenziato come essi perdano rapidamente acqua in condizioni di bassa umidità relativa sia attraverso gli spiracoli che la cuticola (Curry in Blackburn et al., 2002). Inoltre viene evidenziata una maggiore resistenza a condizioni

secche dei geofilomorfi rispetto ai litobiomorfi e agli scolopendromorfi (Lewis, 1981). Queste differenze nel tempo di resistenza a condizioni sfavorevoli riflettono la diversità degli ambienti che le diverse specie occupano (Lewis, 1981). Le condizioni climatiche, soprattutto nella regione mediterranea, tenderanno a subire prolungati periodi siccitosi e quindi potrebbero condizionare le cenosi a chilopodi presenti.

2. Aree di studio

Le aree di studio sono state individuate su un transetto Nord-Sud d'Italia al fine di valutare eventuali effetti del cambiamento climatico che non fossero in relazione solamente con le caratteristiche microclimatiche di una stazione. Le stazioni sono state individuate nella regione alpina (Valle del torrente Chalamy -AO-), nell'Appennino settentrionale (Alta val di Taro -PR-) e nell'Antiappennino laziale (Lago di Vico -VT-) (Fig. 1).

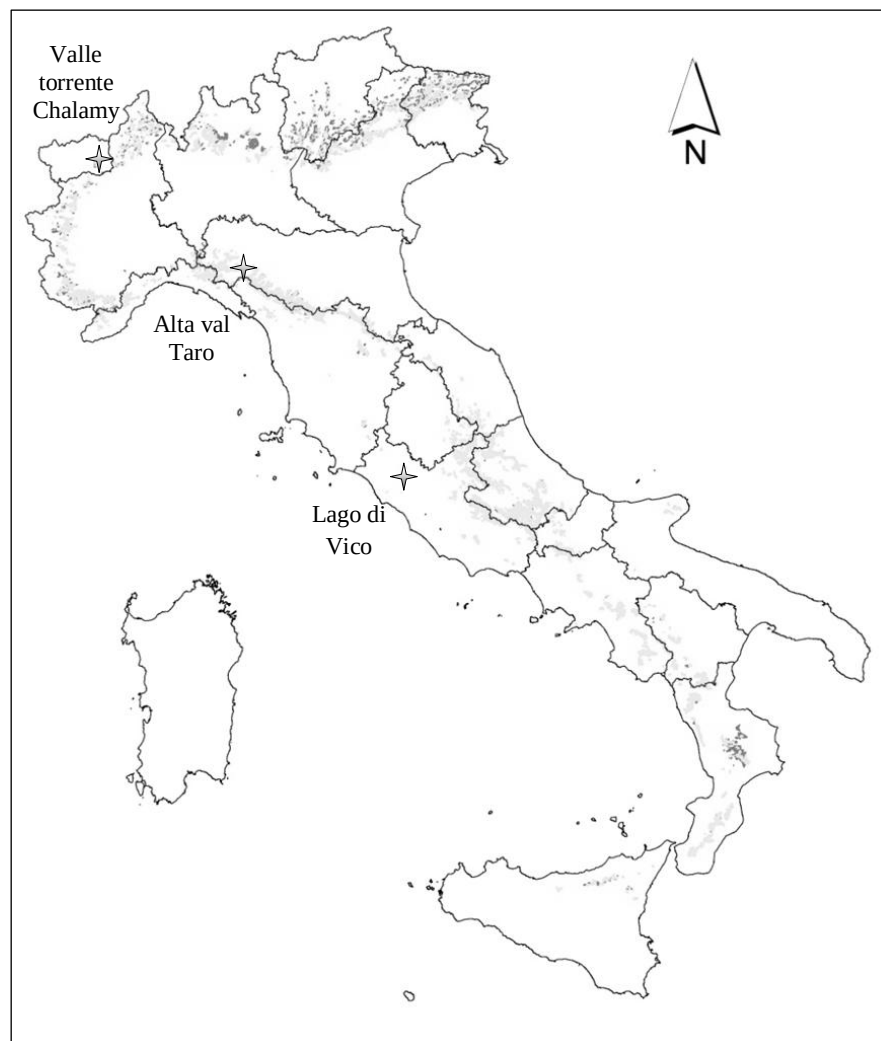


Fig. 1 – Aree di studio evidenziate sulla cartina dell'areale di distribuzione del faggio in Italia

Per rendere minima la variabile del disturbo antropico, sono state scelte aree ad alta naturalità, localizzate all'interno di aree protette o in zone adiacenti poco frequentate.

Le essenze forestali considerate sono state il faggio (*Fagus sylvatica*) e il cerro (*Quercus cerris*), in quanto sono considerati macroindicatori: sono note, infatti, per registrare gli effetti delle variazioni climatiche a livello regionale (Schirone et al., 2002). In particolare, il faggio è stato utilizzato dai dendroecologi negli ultimi vent'anni per la sensibilità che dimostra ai parametri climatici (Di Filippo et al., 2007) e per le risposte che ha fornito in alcuni studi (Piovesan et al., 2005; Jump et al. in Piovesan et al., 2008) nei quali l'aumento delle temperature risulta limitarne la crescita.

Nelle aree dell'Appennino settentrionale e dell'Antiappennino laziale sono stati individuati un bosco a dominanza di faggio e uno a dominanza di cerro. In ogni bosco sono poi stati individuati 2 siti (uno per la cerreta del sito appenninico settentrionale) in cui condurre le analisi. Nell'area alpina è stato possibile individuare solamente una formazione boschiva dominata da faggio in cui sono stati individuati 3 siti.

Non potendo annoverare entrambe le tipologie forestali in ognuna delle aree, le analisi dendrologiche e quelle inerenti la caratterizzazione delle taxocenosi a chilopodi sono state condotte nelle faggete. In tutti i siti sono state invece condotte le analisi della pedofauna.

2.1 Valle del torrente Chalamy, Champdepraz (AO)

L'area individuata nella regione alpina delle Alpi Graie ricade all'interno del Parco Regionale Mont Avic, istituito nel 1989 e che tra il 2002 e 2004 è stato dichiarato zona SIC/ZPS.

Dal punto di vista morfologico, il territorio del Parco evidenzia una fase giovanile ed è caratterizzato da rilievi elevati, profonde incisioni vallive e pendii acclivi. La zona appartiene al complesso geologico dei calcescisti con pietre verdi, le quali affiorano nell'alta valle prevalentemente come serpentiniti e gabbri metamorfosati alternati a peridotiti. Dagli 800 ai 1300 m sono estesi i depositi morenici appartenenti alle ultime fasi del ritiro postwurmiano o a fasi più recenti (piccola età glaciale). L'area è caratterizzata dal punto di vista climatico dall'essere in una zona di contatto tra l'isola di aridità intralpina del tratto Est-Ovest della vallata della Dora Baltea e il settore più umido a influenza prealpina (Parco Naturale del Mont Avic, 2002).

I boschi di faggio, assenti in tutta la medio-alta Valle d'Aosta e annoverati tra le unità ad elevato interesse conservazionistico all'interno dell'area protetta, si trovano sul versante esposto a Nord della val Chalamy dove beneficiano di livelli di umidità ambientale più alti e vengono progressivamente sostituiti dal pino silvestre (*Pinus sylvestris*) passando al versante solatio (Bocca et al., 2006). In passato, le foreste della vallata, sono state utilizzate come fonte di carbone (diverse le aie carbonili presenti nel bosco) soprattutto in relazione alle attività estrattive (miniere di ferro e rame) presenti nella valle, le quali sono state sfruttate in alcuni casi fino alla metà del '900. Oggi le foreste di

latifoglie ricoprono una superficie di 49 ha, all'interno dei quali sono stati individuati 3 siti di monitoraggio:

- * Sito 1 (AO1): Loc. Chantery, Limite del bosco, 32T 0395014 5059048, 939 m s.l.m.
Il sito è localizzato poco fuori dai confini del parco ed è stato effettuato un taglio selettivo da circa 5 anni. Nel corso del 2010 esso è stato adibito a pascolo di bovini nel periodo estivo;
- * Sito 2 (AO2): Loc. Boden, area di risorgiva, 32 T 0393988 5059065, 1256 m s.l.m.
Area centrale della faggeta dove negli ultimi 50 anni non sono stati effettuati interventi selvicolturali, è caratterizzata da un alto grado di naturalità in cui è segnalata la presenza di un sito di nidificazione dell'astore (*Accipiter gentilis*). Frequente il passaggio di ungulati (cinghiali) soprattutto nel periodo primaverile-autunnale;
- * Sito 3 (AO3): Loc. Boden, bosco indisturbato, 32 T 0394157 5058825, 1235 m s.l.m.
Area di bosco non frequentata, raggiungibile dal sentiero che porta al lago de Pana, in cui non si effettuano pratiche selvicolturali da circa 50 anni.

2.2 Alta val Taro, Borgo val di Taro (PR)

L'area è localizzata nella parte orientale dell'Appennino parmense, appartenente all'Appennino Ligure. Il clima di questa area risente quindi dell'influsso del Mar Ligure ed è definito "montano appenninico", con temperature medie annue inferiori ai 10° C. Anche le precipitazioni vengono influenzate dalla vicinanza del mare sia per abbondanza che per intensità. Il regime è definito "sublitoraneo-appenninico" ed è caratterizzato da un minimo estivo e due picchi in primavera ed autunno, durante quest'ultimo più intenso (Leoni, 2008).

La geologia dell'area è caratterizzata da rocce arenacee appartenenti alla formazione del Macigno che affiora sull'Appennino (Leoni, 2008).

I boschi di questa area, come generalmente gli altri presenti sull'Appennino Parmense, hanno visto un forte utilizzo come risorsa di legno e possibilità di produrre carbone fin dopo la seconda guerra mondiale. La gestione forestale è ora coordinata dal Corpo Forestale dello Stato.

I siti individuati sono 2 per i boschi a dominanza di faggio e uno a dominanza di cerro.

- * Sito 1 (PR1): Loc. Molinatico, 32T 05688458 4925295, 1263 m s.l.m.
Il bosco è localizzato sul crinale tra le province di Parma e La Spezia. Esso è poco frequentato e si trova a ridosso di una zona recintata a gestione controllata a cura del Corpo Forestale dello Stato.
- * Sito 2 (PR2): Loc. Molinatico, 32T 0568480 4925585, 1264 m s.l.m.

Situato poco distante da un locale a carattere turistico e dal sentiero che conduce alla vetta del Monte Molinatico, può risentire di apporti di lettiera che vi viene spostata oltre che una certa quota di residui delle attività ricreative soprattutto durante la stagione estiva.

- * Sito 3 (PR3): Loc. Breia, 32T 0555741 4927123, 459 m s.l.m.

La cerreta è caratterizzata da un minimo disturbo antropico anche se non è di difficile accesso.

2.3 Lago di Vico, Ronciglione – Vetralla (VT)

L'area individuata nell'Italia centrale è il complesso vulcanico di Vico con caldera di sprofondamento centrale (in cui si trova il lago), immediatamente a sud del vulcano Cimino. Le fasi di attività del vulcano vicano, sia di tipo piroclastico sia effusiva, si sono susseguite a partire dal Pleistocene generando diversi prodotti (tufi stratificati di vari colori, lave trachitiche a leucite, ignimbriti, pomici e lave latitiche, tufo rosso a scorie nere) (Olmi & Zapparoli, 1992). Ancora oggi le manifestazioni secondarie sono visibili con numerose sorgenti termominerali della zona.

La morfologia, le caratteristiche del suolo e climatiche del sito hanno permesso di avere la presenza di faggio a basse altitudini. Questi boschi sono gestiti a fustaia e sono riconducibili alle faggete termofile dell'*Aquifolium-Fagetum* dell'Appennino centro-meridionale (Olmi & Zapparoli, 1992).

I siti di monitoraggio per il faggio sono stati individuati all'interno della caldera, mentre i boschi di cerro sono situati al di fuori di essa, in un comune limitrofo.

1. Cerreta: l'area boscata si trova nel comune di Vetralla (VT). È un bosco poco accessibile, ad alto fusto, con alberi di dimensioni apprezzabili in cui non vengono condotti interventi selvoculturali da oltre un ventennio. Si tratta di un ambiente mesofilo, in cui si ritrovano anche il Carpino bianco (*Carpinus betulus*) e l'Acer opalo (*Acer opalus*).

- * Sito 1 (VT1): Loc. Pietrara, 33T 0259258 4685783, 426 m s.l.m.

Il sito è caratterizzato da un fitto sottobosco, in particolare ampia presenza di ciclamino (*Cyclamen* L.)

- * Sito 2 (VT2): Loc. Pietrara, 33T 0259257 4685803, 425 m s.l.m.

2. Faggeta: il bosco di faggio considerato si trova a sud del Monte Fogliano, all'interno della caldera del Lago di Vico (Comune di Ronciglione -VT-). Si tratta di fustaie non utilizzate in passato a causa del substrato caratterizzato da alta pietrosità. Sono stati determinati due siti, i quali si differenziano per facilità di accesso.

- * Sito 3 (VT3): Loc. Casaletto, 33T 0265226 4687271, 631 m s.l.m.

Il sito risulta essere poco accessibile dalla strada in quanto si deve risalire una modesta pendenza.

- * Sito 4 (VT4): Loc. Casaletto, 33T 0265284 4687269, 561 m s.l.m.

Sito più facilmente accessibile dalla strada.

3. Materiali e metodi

3.1 Determinazione parametri chimici dei suoli

La caratterizzazione chimica dei suoli delle aree oggetto di studio è stata effettuata attraverso le analisi di alcuni parametri quali l'umidità, il pH, il contenuto in sostanza organica e in carbonio. Alcune analisi sono state condotte presso i laboratori del Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università degli Studi di Parma.

I campioni per il calcolo dell'umidità sono stati prelevati in campo e riposti in vasi di vetro a chiusura ermetica, precedentemente tarati. In laboratorio, si è proceduto con la pesatura dei contenitori, i quali sono stati posti in stufa ed essiccati a 105° C per 24 ore; i vasi sono stati quindi pesati nuovamente. Il valore percentuale di umidità dei suoli è stato calcolato mediante la differenza in peso con la seguente formula:

$$\text{Umidità} = \frac{P_u - P_s}{P_s} * 100$$

La determinazione del pH è stata effettuata per via potenziometrica, dopo taratura del sistema di misura, su sospensioni di suolo-acqua e suolo-soluzione di sale neutro (KCl): i due procedimenti permettono di ottenere sia indicazioni sul grado di reazione del sistema sia valori correlati alla saturazione e alla natura del complesso di scambio (Violante & Adamo, 2000). Per ogni sito, sono stati quindi allestite due soluzioni, ciascuna utilizzando 10 g di suolo secco all'aria setacciato a 2 mm miscelato con 25 ml di acqua deionizzata (soluzione 1:2,5 in peso) e con 25 ml di soluzione 1N di KCl. Le miscele così ottenute sono state agitate meccanicamente per 15-20 minuti, lasciate a riposo per circa 30 minuti e quindi sono state effettuate le misure.

Il contenuto in sostanza organica è stato valutato attraverso il metodo della combustione a secco: 1 g di suolo (con la precisione alla terza cifra decimale), secco all'aria e setacciato a 2 mm, viene posto in un crogiuolo di ceramica di tara nota e fatto essiccare in stufa a 105° C per un'ora. Il campione viene pesato (P_{105}), trasferito in muffola per tre ore ad una temperatura di 360° C e quindi nuovamente pesato (P_{360}). Il contenuto percentuale di sostanza organica viene determinato tramite differenza tra i pesi secchi (ΔP_s) e il peso secco a 105° C (P_{105}).

$$\text{S.O. \%} = \frac{(P_{105} - T) - (P_{360} - T)}{(P_{105} - T)} * 100 = \frac{\Delta P_s}{P_{105}} * 100$$

Il contenuto di carbonio è stato dedotto dal contenuto in sostanza organica diviso per il fattore di Van Bemmelen 1,724, il quale si basa sull'assunzione che la sostanza organica del suolo contiene circa il 58% di carbonio organico.

3.2 Prelievi dendrologici

I prelievi dendrologici sono stati effettuati nelle formazioni boschive a dominanza di faggio per cui non erano disponibili dati precedenti (area alpina e appenninica), mentre per l'area dell'Italia centrale sono stati utilizzati dati disponibili presso il Dendrology Lab dell'Università degli Studi della Tuscia, presso cui sono state effettuate le letture delle carote prelevate e le analisi delle cronologie.

I campionamenti sono stati effettuati nel 2009 nell'alta val Taro (PR) e nel 2010 nella valle del torrente Chalamy (AO).

Nei siti investigati, sono stati individuati in ciascuna area 20-22 esemplari sani, possibilmente appartenenti al piano dominante, nell'arco di circa 100 m dal punto di campionamento per la fauna edafica. Per il prelievo è stata utilizzata una trivella di Pressler e si è campionato a 1,30 m da terra in punti dove non fossero presenti lesioni evidenti. In laboratorio le carote sono state montate su listelli di legno in modo che la fibratura risultasse perpendicolare al piano di supporto. Con la lama di un bisturi, dell'acqua e del gesso sono stati evidenziati gli anelli di accrescimento per facilitarne l'individuazione. La misura degli anelli annuali è stata effettuata con precisione del centesimo di millimetro mediante il sistema CCTRMD (*Computer Controlled Tree Ring Measure Device*) (Aniol, 1987) e il programma CATRAS (Aniol, 1983).

Le serie cronologiche individuali ottenute sono state datate mediante sincronizzazione visuale e statistica (Stokes & Smiley, 1996) consentendo di ottenere una cronologia di riferimento per ciascuna area. Nel calcolo dell'ampiezza degli anelli della cronologia di riferimento è stata utilizzata la mediana degli accrescimenti individuali, in modo da rimuovere con maggior efficienza gli effetti dei dati estremi.

Le serie di ampiezze anulari sono state quindi convertite in serie di Incremento di Area Basimetrica (BAI) utilizzando il pacchetto dplR del software statistico R (Bunn, 2008). Gli incrementi di crescita annuali sono stati stimati sottraendo due volte il valore dell'ampiezza dell'anello (w_t) dal diametro esterno della pianta (DBH_t), secondo la formula (Piovesan et al., 2008):

$$BAI_t = \frac{\pi}{4} [DBH_t^2 - (DBH_t - 2 w_t)^2]$$

L'utilizzo della serie BAI permette di eliminare gli effetti della crescita collegati all'età degli esemplari considerati (Speer, 2010). Anche in questo caso, attraverso l'utilizzo della mediana dei singoli parametri, è stata costruita la cronologia di riferimento.

La procedura di standardizzazione ha infine previsto la rimozione della varianza dovuta a fattori non-climatici dalle ampiezze degli accrescimenti anulari. Per ogni stazione è stata individuata una curva *smoothing spline* delle serie BAI su un periodo di 50 anni, utilizzando il moltiplicatore di Lagrange p (Cook & Peters, 1981).

3.3 Campionamento ed identificazione degli artropodi edafici

La caratterizzazione della fauna edafica è stata effettuata attraverso lo studio dei microartropodi del suolo (200 μm – 2 mm) e la definizione delle taxocenosi a chilopodi (Myriapoda: Chilopoda).

La metodologia di campionamento utilizzata per il prelievo dei microartropodi è quella prevista dal protocollo per l'applicazione dell'indice QBS-ar ed è stata ritenuta adeguata anche ad uno studio quantitativo-qualitativo delle comunità edafiche. Le analisi sono state condotte nel 2008, 2009 e 2010 in ciascun sito, prelevando tre zolle di terreno (10 cm di lato, arrivando a 10 cm di profondità) e un campione di lettiera in primavera o autunno. I microartropodi sono stati estratti mediante selettore Berlese-Tüllgren (Wallwork, 1970), metodo dinamico che sfrutta la tendenza degli organismi edafici a migrare per evitare condizioni ambientali sfavorevoli (disseccamento in questo caso). Completata l'estrazione, per cui sono necessari 10 giorni, gli organismi raccolti e conservati in una soluzione composta da $\frac{2}{3}$ di alcool etilico e $\frac{1}{3}$ di glicerina, vengono osservati con l'aiuto di uno stereomicroscopio (20-40 X), identificati, contati e classificati a livello di ordine (chelicerati e insetti) o classe (miriapodi). I dati ottenuti sono stati convertiti in densità (ind/m^2) per poter essere confrontati con altri studi.

I chilopodi sono stati raccolti nei boschi a dominanza di faggio tra aprile e luglio 2010 (maggio-agosto 2010 per il sito alpino). Le analisi sono state condotte complessivamente in 6 siti, 2 in ogni area di studio. Sono state combinate tre tecniche di campionamento: raccolta a vista (1 sessione), vaglio della lettiera (2 sessioni) e trappole a caduta (2 sessioni). Questo procedimento consente di campionare sia la componente epigea che quella edafica della comunità presente. La raccolta a vista è stata effettuata durante la prima uscita in aprile-maggio ed ha avuto una durata di circa 40 minuti. Il vaglio della lettiera è stato svolto in ciascuna delle uscite successive (maggio-luglio/giugno-agosto): è stato delimitato 1 m^2 di suolo, evitando zone di scorrimento dell'acqua o di accumulo di lettiera, e si è setacciata la lettiera, dallo strato più recente e superficiale fino a quello relativo ai residui degli anni precedenti, utilizzando un vaglio entomologico a maglia pari a 6 mm. La selettura è stata raccolta e trasportata in laboratorio dove è stata vagliata in fasi successive utilizzando un vaglio a maglie di 2 mm e raccogliendo gli esemplari presenti. Le trappole a caduta sono state posizionate ad aprile e il contenuto è stato rimosso a distanza di un mese, ripristinate e lasciate in sito per un ulteriore mese e mezzo circa. Esse sono state realizzate utilizzando in ogni sito 5 barattoli di plastica (diametro di 9 cm e altezza di 11 cm) riempiti per $\frac{3}{4}$ con una soluzione satura di aceto di vino bianco e sale da cucina. Per evitare l'accidentale caduta nelle trappole di piccoli roditori, minimizzare l'ingresso di foglie e ridurre l'impatto dell'acqua piovana, ciascuna trappola è stata protetta utilizzando un pannello di 10 x 10 cm di faesite, assicurato al suolo mediante 4 chiodi che sollevavano la copertura di 3 cm circa da terra. Gli esemplari raccolti sono stati osservati al microscopio e identificati a livello di specie (Brolemann, 1930; Lewis, 1981; Stoev et al, 2010).

3.4 Indice di qualità biologica del suolo QBS-ar

Il suolo è un ecosistema a suo modo estremo a causa delle proprietà che lo caratterizzano: assenza di luce, ridotti spazi tra le particelle che lo compongono, escursioni termiche diurne e annue contenute hanno influenzato il manifestarsi negli organismi che trascorrono l'intero ciclo vitale, o parte di esso, nel suolo di caratteri peculiari per convergenza evolutiva (Parisi et al., 2008). Nei microartropodi edafici questo si manifesta attraverso la presenza di caratteri morfologici tipici, quali la riduzione delle dimensioni e delle appendici, l'anoftalmia o la microftalmia, l'atterismo o il microatterismo, la perdita di tegumenti ispessiti e la depigmentazione. La presenza di tutti questi caratteri è associata all'*euèdaphon* a cui appartengono gli organismi ipogei altamente adattati al suolo e che quindi risultano maggiormente vulnerabili agli stress ambientali, non essendo in grado di fuggire alle condizioni sfavorevoli.

L'indice di qualità biologica del suolo (QBS Parisi, 2001; Parisi et al., 2005) si basa su questo principio: la presenza/assenza di questi gruppi euedafici può essere utilizzata per valutare la stabilità e la qualità del suolo, quest'ultima definita come la capacità del suolo di mantenere la propria funzionalità per sostenere la produttività biologica, di mantenere la qualità dell'ecosistema e di promuovere la salute di piante ed animali (Knoepf et al., 2000). L'indice sintetico QBS-ar valuta l'intera comunità di microartropodi edafici permettendo di superare le difficoltà della classificazione a livello di specie utilizzando l'approccio della forma biologica (FB). L'attribuzione degli organismi alla corretta FB tiene conto sia della tassonomia sia dell'adattamento alla vita nel suolo. Ad ognuna di esse è associato un valore di Indice Ecomorfologico (EMI), compreso tra 1 e 20, che aumenta progressivamente con la presenza delle caratteristiche morfologiche di adattamento all'ambiente ipogeo. Gli organismi che vengono estratti da tre zolle di terreno (10 x 10 x 10 cm) del sito oggetto di studio, vengono osservati allo stereomicroscopio e attribuiti alla corretta FB. Ad ognuna di queste viene associato il rispettivo valore EMI. Il valore di QBS-ar si ottiene tenendo conto di tutti i gruppi tassonomici rilevati almeno in una delle repliche; nel caso in cui siano presenti organismi appartenenti alla stessa FB, ma caratterizzati da valori di EMI differenti, viene considerato quello più elevato corrispondente al maggiore adattamento al suolo. In questo modo si esprime la potenzialità dell'area in grado di accogliere anche gli organismi più vulnerabili.

Gli studi finora svolti in diversi ambiti (boschi e prati stabili in aree protette e non, aree coltivate, greti fluviali, aree antropizzate e discariche) hanno evidenziato la sensibilità di tale indice a differenti fattori ambientali quali le tipologie di utilizzo del suolo, di copertura vegetale, di gestione delle aree coltivate (Gardi & Menta, 2004; Gardi et al., 2008; Menta et al., 2008; Tabaglio et al., 2008; Tabaglio et al., 2009; Menta et al., in press).

Nella presente ricerca, l'applicazione dell'indice QBS-ar ha permesso di ottenere una visione complessiva della comunità edafica dei suoli forestali considerati ed una valutazione sintetica sul loro "stato di salute".

3.5 Analisi statistiche

Per stabilire se i valori di QBS-ar ottenuti per i diversi anni siano tra loro significativamente differenti, è stato utilizzato il test di statistica non parametrica T di Wilcoxon o test dei segni per rango. Esso viene impiegato normalmente nelle ricerche ambientali, in cui la distribuzione dei dati è generalmente non normale, assicurando condizioni di validità più generali senza perdere in potenza. Per i confronti è stato utilizzato il software R (R Development Core Team, 2010).

4. Risultati e discussioni

4.1 Caratteristiche dei suoli

Le analisi chimiche effettuate sui terreni campionati, i cui risultati sono riportati in tabella (Tab. 1), hanno evidenziato una reazione acida in KCl più marcata rispetto alla stessa rilevazione in acqua. La presenza di soluzioni di elettroliti permette che il pH non sia influenzato, entro certi limiti, dal rapporto suolo soluzione, che esso coincida per i campioni umidi e secchi all'aria e non vari anche dopo prolungata conservazione del campione secco (Violante & Adamo, 2000).

Le faggete hanno valori di pH del suolo compresi tra 3,4 a 4,9: i valori più bassi sono stati riscontrati per il sito appenninico (rispettivamente 3,4 e 3,6), mentre gli altri siti sono caratterizzati da valori compresi tra 4,1 e 4,9. Le cerrete hanno invece valori che variano in maniera più contenuta tra 4,0 e 4,2.

Il contenuto di sostanza organica varia notevolmente dai campioni dell'area alpina rispetto agli altri suoli (tra il 13,9 - 21,1 % rispetto a 5,7 - 10,9 %). Questa differenza probabilmente è dovuta alla struttura del suolo dato che nei suoli alpini al di sotto dei primi 10 cm è presente materiale roccioso incoerente (orizzonte C): la sostanza organica rimane quindi confinata e accumulata nella porzione in cui è maggiormente attiva la pedofauna. Nelle cerrete, la percentuale di sostanza organica ha valori tra i più bassi osservati (5,7 - 7,0 %). La percentuale di carbonio organico è compresa tra il 3,3 e il 12,3 %. I valori di umidità relativa oscillano tra 8,9 e 13,9 %.

Tab. 1 – Parametri chimici dei suoli considerati

Stazioni		pH (in H ₂ O)	pH (in KCl)	SO %	C %	Umidità %
Valle Torrente Chalamy	AO1	5,5	4,8	21,1	12,3	12,8
	AO2	5,6	4,8	15,6	9,0	13,8
	AO3	5,1	4,1	13,9	8,1	9,4
Alta val Taro	PR1	4,2	3,4	6,0	3,5	9,3
	PR2	4,7	3,6	8,3	4,8	13,9
	PR3	5,6	4,0	7,0	4,1	8,9
	VT1	5,4	4,2	5,7	3,3	11,8
Lago di Vico	VT2	5,3	4,1	6,0	3,5	12,0
	VT3	6,1	4,9	9,1	5,3	12,7
	VT4	5,6	4,7	10,9	6,3	10,6

4.2 Analisi dendroecologiche

I due siti considerati sono caratterizzati da serie di ampiezze anulari e di BAI di lunghezza differente (127 anni per la serie rappresentativa della Valle del torrente Chalamy e 102 anni per quella dell'Alta val Taro), rispecchiando una diversa età del popolamento. In entrambi i casi, le cronologie degli accrescimenti anulari confermano la presenza di impatti antropici legati all'utilizzo del bosco, evidenziati dalla presenza di brusche variazioni di crescita in seguito ai tagli: questo dimostra come gli alberi registrino le variazioni delle condizioni ambientali esterne, sia a causa di eventi naturali che interventi antropici.

Nell'area alpina, l'andamento della cronologia (Fig. 2) evidenzia alcuni aspetti della gestione forestale, confermando gli usi storici del bosco come fonte di legname, in particolare di carbone: a seguito dei tagli effettuati (anni 1912, 1928 e 1941) si nota un aumento dell'ampiezza degli anelli negli anni successivi, in conseguenza dei maggiori livelli di crescita legati ad una maggiore disponibilità di luce e nutrienti. Negli ultimi decenni, la tendenza dell'accrescimento sembra essere leggermente decrescente e sono stati registrati alcuni picchi negativi, il più marcato dei quali è quello relativo al 2004. L'estate del 2003 è stata la più calda sulle Alpi rispetto ai precedenti 500 anni (Mercalli, 2006) e, come conseguenza, vi è stata una diminuzione della crescita, legata soprattutto alla ridotta disponibilità idrica, che si è acuita nell'anno successivo. Questo fenomeno è stato confermato anche per le Alpi Marittime (Dendrology Lab- Università della Tuscia, *dati inediti*).

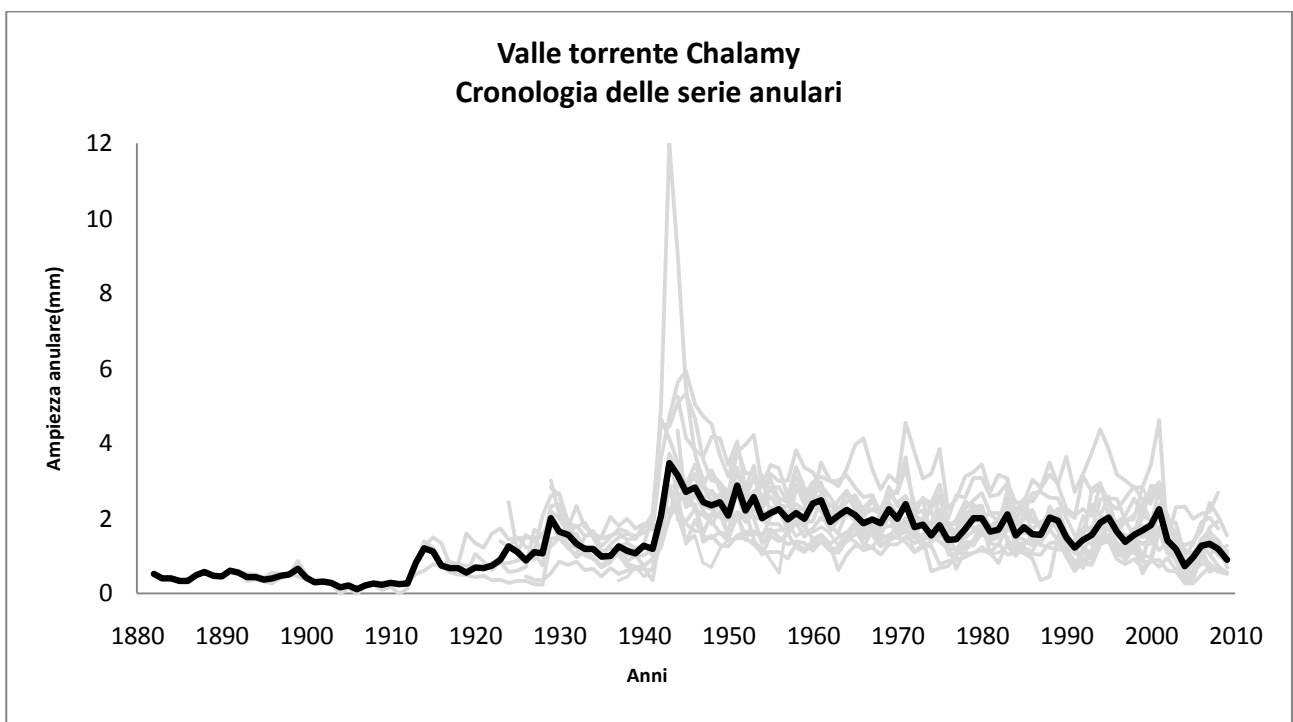


Fig. 2 – La cronologia di riferimento (linea nera) ottenuta attraverso le mediane delle serie individuali (linee grigie)

L'analisi delle serie BAI (Fig. 3), le quali tendono a diminuire in seguito all'aumento di temperatura (Jump et al., 2006) e al fattore climatico limitante della siccità (Piovesan et al., 2008), permette di studiare la produttività stazionale, in particolare dopo la fine delle utilizzazioni forestali. Da questo punto di vista si rileva un incremento delle dimensioni che sembra sostanzialmente stabile nell'ultimo ventennio, con incrementi di modesta entità.

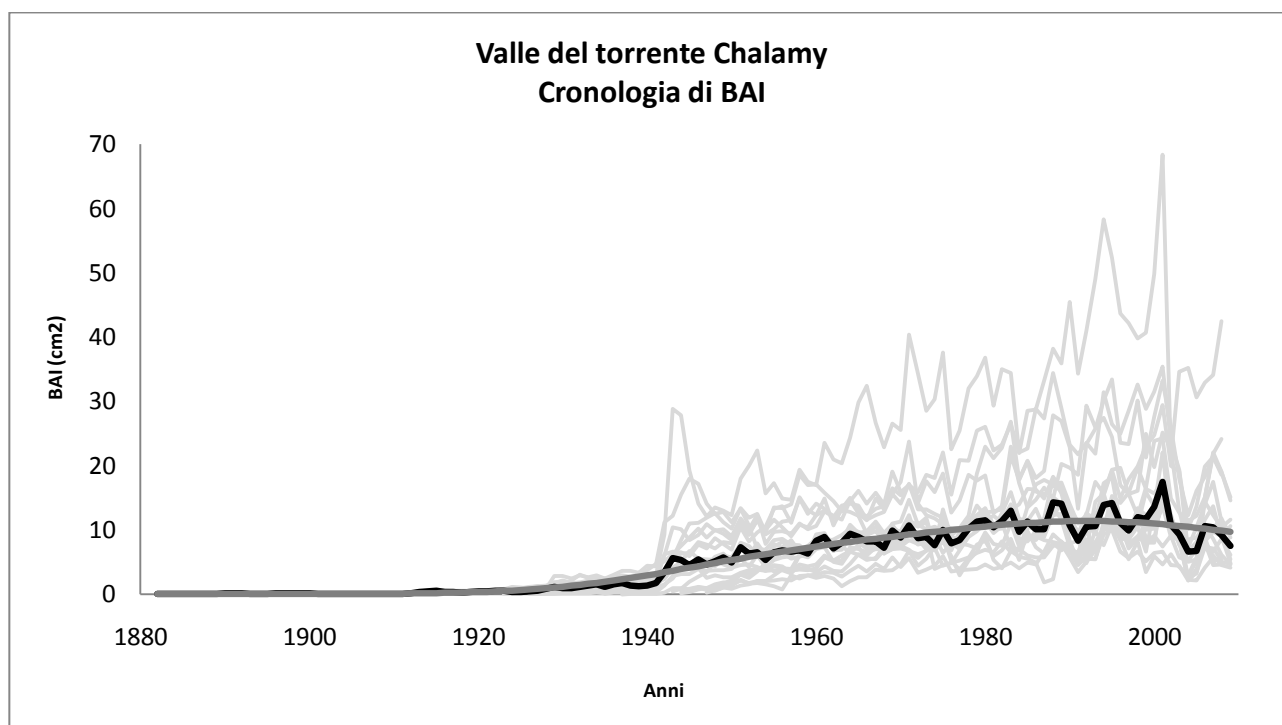


Fig. 3 - La cronologia di BAI di riferimento (linea nera) ottenuta attraverso le mediane delle serie individuali (linee grigie). La curva grigio scuro è la spline

Nell'area appenninica settentrionale, a sua volta la cronologia (Fig. 4) evidenzia, seppur in modo minore l'attività di ceduzione svolta nel bosco a scopi energetici fino alla metà del XX secolo. Successivamente si nota un incremento piuttosto altalenante dell'accrescimento annuale delle piante che, in generale, sembra essere caratterizzato da un trend negativo nell'ultimo decennio.

I contenuti tassi di accrescimento della dimensione delle piante vengono confermati dalla serie di BAI (Fig. 5) fino al periodo successivo al secondo conflitto mondiale. L'accrescimento mantiene un trend crescente fino alla metà degli anni '80 a cui segue una fase discendente, ben evidenziata dalla curva spline.

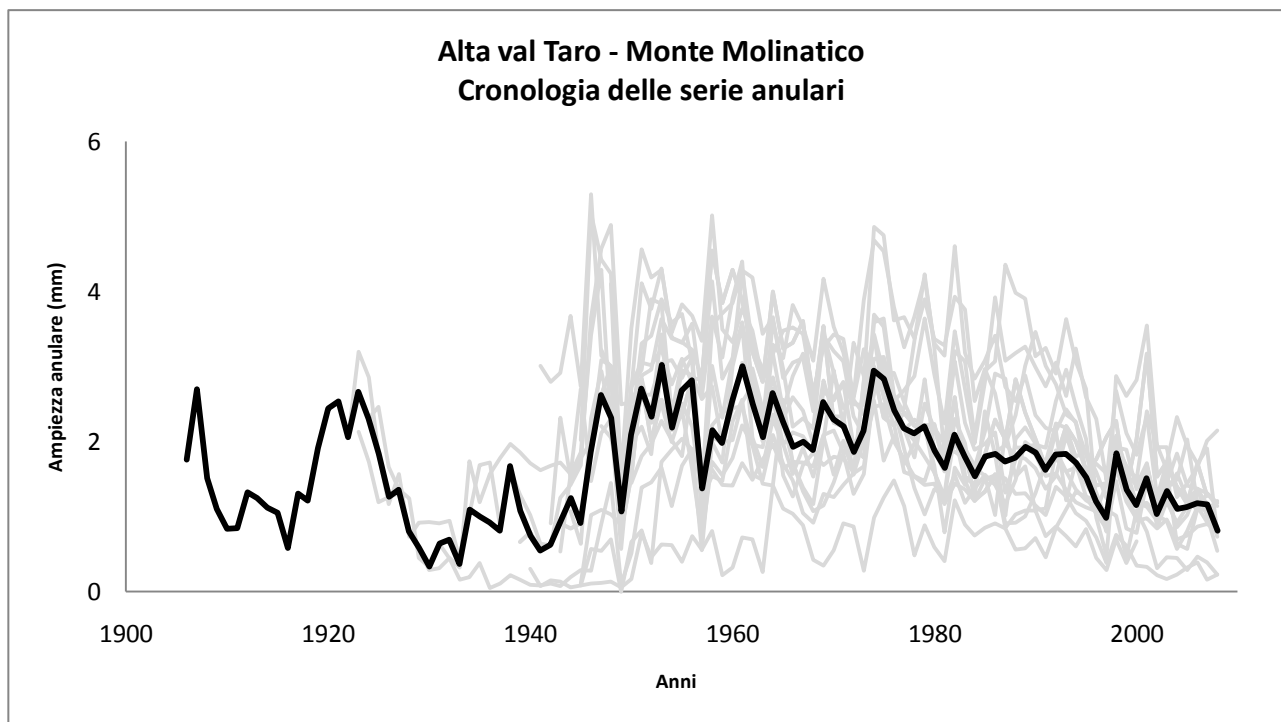


Fig. 4 – La cronologia di riferimento per la stazione appenninica (linea nera) ottenuta attraverso le mediane delle serie individuali (linee grigie)

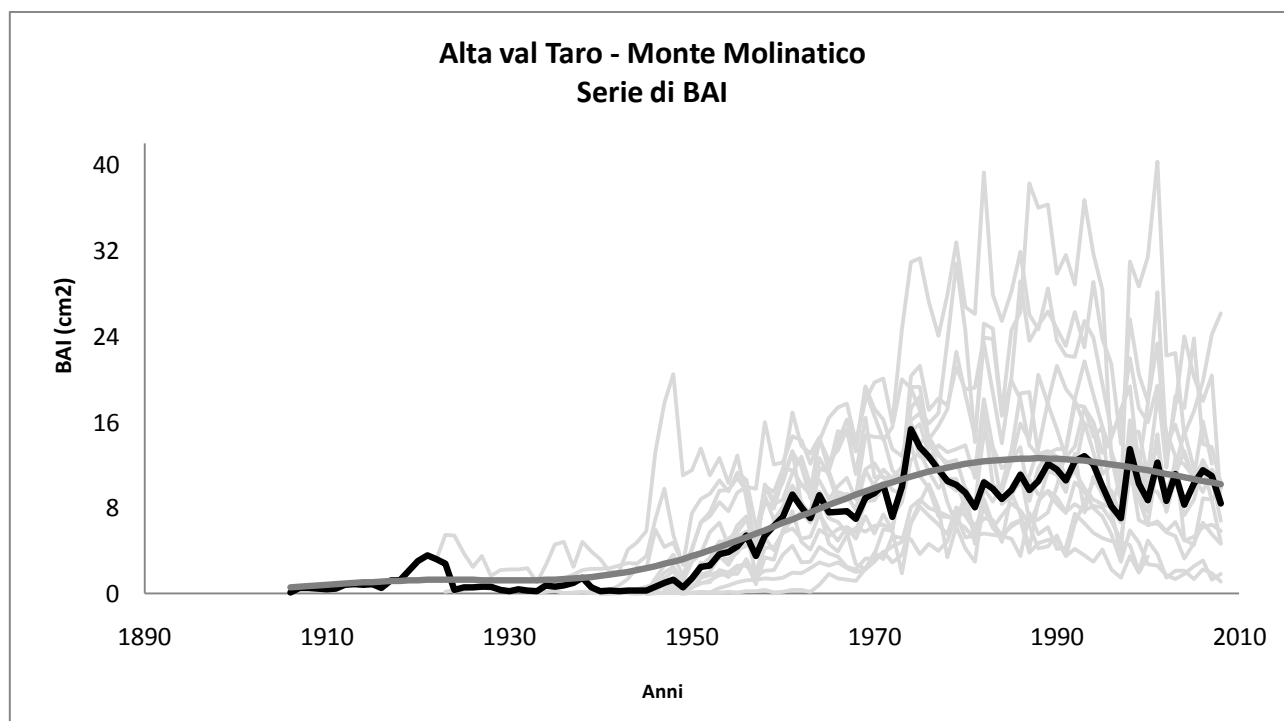


Fig. 5 – La cronologia di BAI di riferimento (linea nera) ottenuta attraverso le mediane delle serie individuali (linee grigie). La curva grigio scuro è la spline

Per valutare gli andamenti relativi ai fattori climatici nelle aree italiane indagate, sono state confrontate le spline delle serie di BAI a 50 anni, nel periodo 1906-2008, comune a tutte le cronologie (Fig. 6). Per il sito del Lago di Vico, è stata utilizzata la serie relativa al Monte Fogliano (Dendrology Lab- Università della Tuscia, *dati inediti*). Il trend decrescente della curva relativa al Lago di Vico (curva grigia tratteggiata) può essere relazionato con i cambiamenti climatici in atto come è stato evidenziato in altre zone dell'Italia centrale (Piovesan et al., 2008), soprattutto con l'aumento dell'incidenza di eventi siccitosi, i cui effetti sono particolarmente intensi nelle faggete di bassa quota. In maniera molto meno marcata, si nota un leggero trend decrescente anche per la stazione appenninica (curva nera tratteggiata). La stazione alpina sembra, invece, aver risentito in maniera minore negli ultimi 20 anni (curva grigia continua), dove le particolari condizioni microclimatiche che caratterizzano il sito contribuiscono a mitigare gli eventi di siccità.

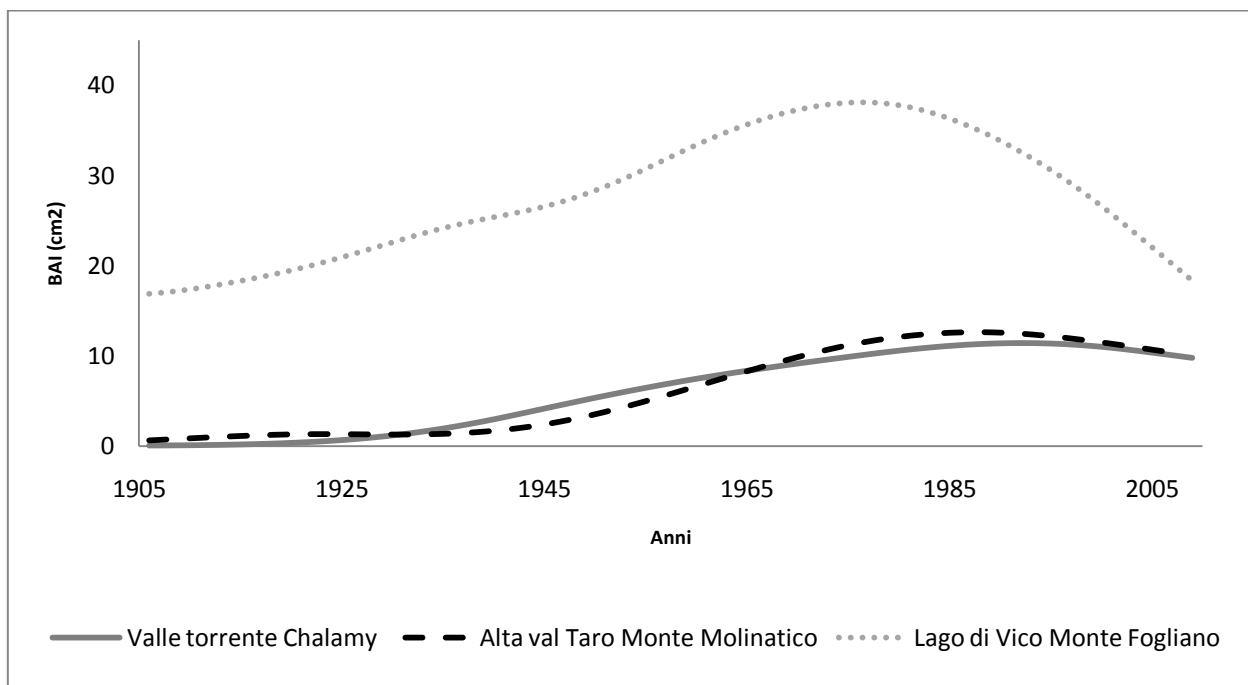


Fig. 6 – Confronto delle curve spline a 50 anni delle serie BAI delle stazioni considerate nel periodo 1906-2008

4.3 Comunità di microartropodi edafici *

Lo studio del popolamento edafico si è basato sull'analisi di oltre 90000 esemplari di microartropodi, appartenenti complessivamente a 22 taxa. Gli organismi sono stati estratti dal suolo e dalla lettiera separatamente.

Acari e collemboli rappresentano i taxa numericamente dominanti in tutti i rilievi effettuati (Tab. 2). Nella maggior parte dei siti sono stati, inoltre, rinvenuti organismi, quali sinfili, pauropodi e

* Per non appesantire il testo, alcune immagini realizzate durante le osservazioni dei microartropodi sono state riportate in allegato (Allegato B)

proturi, tipicamente presenti in ambienti indisturbati (Bedano et al., 2006; Menta et al., in press), pseudoscorpioni e dipluri, caratteristici degli strati profondi della lettiera ed associati ad ambienti edafici maturi, diplopodi e chilopodi comunemente frequenti negli ambienti forestali (Menta et al., in press). Le comunità in quasi tutti i siti considerati sono articolate e ricche in gruppi di microartropodi, comprendendo anche le fasi larvali di alcuni taxa (in particolare di coleotteri e ditteri, presenti in ogni campione, ed in alcuni casi di lepidotteri).

* *Valle del torrente Chalamy, Champdepraz, Aosta*

Nel sito alpino, le stazioni AO1 e AO3 sono quelle caratterizzate dalla presenza degli organismi maggiormente adattati alla vita edafica e la cui presenza è attesa nei sistemi forestali caratterizzati da un alto grado di naturalità (Tab. 3): presenti in ogni campione nei differenti anni, vi sono diplopodi e chilopodi, isopodi, proturi, sinfili e pauropodi, i quali generalmente sono estremamente sensibili al disseccamento e sono presenti in suoli ricchi di sostanza organica e con una buona porosità (Bedano et al., 2006). In particolare, si segnala la presenza nel sito AO3 di alte densità di sinfili e proturi (Tab. 2), che prediligono suoli umidi, ricchi di sostanza organica e non troppo acidi, ritrovando nella stazione alpina l'ambiente ottimale in cui svilupparsi.

Il sito AO2 presenta, invece, una comunità più semplificata, in cui sono spesso assenti i gruppi di microartropodi caratterizzati da una maggiore affinità con il comparto suolo. L'andamento risulta piuttosto altalenante nel corso degli anni e queste differenze possono dipendere, da un lato, dall'essere stata un'aia carbonile e risentire ancora dell'uso effettuato, dall'altro di essere una zona soggetta a effetti di risorgiva e quindi avere un suolo in certi periodi dell'anno che è imbibito di acqua e che attira diversi animali (in particolare ungulati quali i cinghiali) i quali provocano fenomeni di calpestio e disturbo per la fauna ipogea.

* *Alta val Taro, Borgo Val di Taro, Parma*

Le comunità di microartropodi presenti nell'area appenninica settentrionale presentano una differenza tra la faggeta e la cerreta, sia nel numero di taxa presenti (rispettivamente 10-11 e 14-16 taxa) che nelle densità: alcuni gruppi, come pseudoscorpioni, isopodi, pauropodi e, in alcuni casi, i diplopodi e i dipluri, risultano maggiormente presenti nella cerreta; proturi, sinfili e chilopodi, al contrario, si ritrovano nel corso degli anni in tutti i siti (Tab. 4). Queste differenze possono essere imputate alle caratteristiche della cerreta, la quale rappresenta un ambiente meno sfavorevole rispetto alla faggeta anche per la presenza di una lettiera più appetibile per diversi organismi detritivori (Menta et al., in press). Le densità nella faggete sono estremamente ridotte, anche per quanto riguarda i gruppi come acari e collemboli che in genere sono i più abbondanti (Tab. 2), denotando come le caratteristiche dell'ambiente, soprattutto le basse temperature e la presenza di suoli acidi, influenzano negativamente la comunità edafica.

Tab. 2 – Densità medie (ind/m²) dei vari taxa di microartropodi presenti nelle stazioni considerate

	Valle torrente Chalamy			Alta val Taro			Lago di Vico			
	AO1	AO2	AO3	PR1	PR2	PR3	VT1	VT2	VT3	VT4
Pseudoscorpionida	42 ± 37			7 ± 12		552 ± 150	223 ± 286		11 ± 15	32 ± 15
Palpigradi							28 ± 49			
Opiliones							7 ± 12			
Araneae	96 ± 45		234 ± 60			74 ± 45	234 ± 180		35 ± 12	106 ± 120
Acari	17133 ± 9030	20381 ± 12766	60116 ± 41536	4746 ± 15	3408 ± 135	18082 ± 8335	42049 ± 20372	26455 ± 35220	18209 ± 7659	13535 ± 10584
Isopoda	651 ± 461		96 ± 105			78 ± 81	35 ± 61		42 ± 22	21 ± 30
Diplopoda	198 ± 117	32 ± 15	106 ± 97		43 ± 30	7 ± 12	117 ± 75	266 ± 285	347 ± 435	403 ± 390
Pauropoda	14 ± 24	74 ± 45	431 ± 404	28 ± 43		1415 ± 1115	1465 ± 331	1486 ± 2042	205 ± 86	127 ± 120
Symphyla	524 ± 655	499 ± 646	545 ± 533	743 ± 660	489 ± 60	439 ± 461	276 ± 91	446 ± 600	602 ± 96	765 ± 811
Chilopoda	191 ± 73	32 ± 15	134 ± 96	7 ± 12	32 ± 15	33 ± 32	96 ± 105	35 ± 61	120 ± 33	159 ± 75
Protura	856 ± 415	439 ± 354	2151 ± 1408	372 ± 375	425 ± 421	184 ± 120	521 ± 405	156 ± 270	712 ± 525	425 ± 390
Diplura	53 ± 45		75 ± 105	7 ± 12	35 ± 71	1961 ± 3121	53 ± 45	106 ± 184	53 ± 75	276 ± 300
Collembola	8067 ± 7070		36055 ± 22377	4438 ± 630	2410 ± 1696	5457 ± 5014	19639 ± 14653	14246 ± 9338	7063 ± 1550	7750 ± 6516
Psocoptera		14 ± 24	43 ± 30	75 ± 105	32 ± 15		28 ± 49	92 ± 159	7 ± 12	
Hemiptera	28 ± 33	14 ± 24	828 ± 120	43 ± 30		266 ± 346	32 ± 15	71 ± 122	53 ± 16	32 ± 45
Thysanoptera	7 ± 12	181 ± 15	32 ± 45			96 ± 105	71 ± 122	28 ± 49	106 ± 120	149 ± 180
Coleoptera	71 ± 53	117 ± 45	181 ± 76	181 ± 226	64 ± 60	120 ± 137	329 ± 105	191 ± 91	240 ± 290	287 ± 315
Hymenoptera	92 ± 75	53 ± 45	75 ± 105	14 ± 24	7 ± 12	113 ± 88	393 ± 45	287 ± 45	446 ± 627	149 ± 151
Diptera	28 ± 33	85 ± 56	64 ± 60	160 ± 135	160 ± 15	74 ± 45	74 ± 45	14 ± 24	49 ± 13	128 ± 90
Coleoptera larvae	163 ± 135	495 ± 486	552 ± 605	330 ± 135	75 ± 15	382 ± 120	531 ± 660	786 ± 661	340 ± 410	765 ± 421
Diptera larvae	276 ± 174		304 ± 162	159 ± 45	244 ± 105	205 ± 198	212 ± 120	234 ± 240	538 ± 356	181 ± 255
Lepidoptera Larvae							14 ± 24	14 ± 24		11 ± 15

Tab. 3 – Taxa di microartropodi presenti nelle stazioni considerate appartenenti all'area alpina nei campioni di suolo e lettiera dal 2008 al 2010 (S = suolo; L = lettiera; + = presenza rilevata; - = assenza)

	AO1						AO2						AO3					
	2008		2009		2010		2008		2009		2010		2008		2009		2010	
	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L
Pseudoscorpionida	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+
Palpigradi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Opiliones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Araneae	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Acari	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Isopoda	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Diplopoda	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Paupoda	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+
Symphyla	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	+
Chilopoda	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Protura	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+
Diplura	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+
Collembola	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Embioptera	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Orthoptera	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Psocoptera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+
Hemiptera	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Thysanoptera	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-
Coleoptera	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hymenoptera	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-
Diptera	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-
Coleoptera larvae	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Diptera larvae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Lepidoptera larvae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

Tab. 4 – Taxa di microartropodi presenti nelle stazioni considerate appartenenti all'area appenninica nei campioni di suolo e lettiera dal 2008 al 2010 (S = suolo; L = lettiera; + = presenza rilevata; - = assenza)

	PR1						PR2						PR3					
	2008		2009		2010		2008		2009		2010		2008		2009		2010	
	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L
Pseudoscorpionida	+	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	+	+	-	+	+
Palpigradi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Opiliones	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Araneae	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-
Acari	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Isopoda	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-	+	+
Diplopoda	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+
Pauropoda	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+
Symphyla	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-
Chilopoda	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	-
Protura	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-
Diplura	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+
Collembola	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Embioptera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Orthoptera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Psocoptera	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-
Hemiptera	+	-	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-
Thysanoptera	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	+	+	-	-
Coleoptera	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
Hymenoptera	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+
Diptera	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-
Coleoptera larvae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Diptera larvae	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Lepidoptera larvae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-

* *Lago di Vico, Ronciglione/Vetralla, Viterbo*

I siti di faggeta e cerreta dell'Italia centrale sono caratterizzati da una fauna edafica differenziata, con qualche eccezione per il sito VT2, di cui fanno parte tutti i taxa associati a condizioni di suoli stabili e dotati di una buona struttura: i miriapodi (sinfili, pauropodi, diplopodi e chilopodi) sono presenti in tutti i siti; proturi, dipluri e pseudoscorpioni, pressoché assenti nel sito VT2, sono stati rinvenuti negli altri siti; gli isopodi sono stati ritrovati soprattutto nel sito VT3 (Tab. 5).

Nel 2009 e 2010, sono state rinvenute larve di lepidottero nei campioni di suolo e di lettiera sia dei suoli della cerreta che della faggeta, mentre le larve di coleottero e di dittero sono comunemente reperite nelle matrici analizzate: la presenza di diversi stadi larvali di vari gruppi olometaboli, conferma la buona struttura della comunità e dell'ambiente, il quale consente e supporta lo sviluppo di nuovi organismi.

Le comunità delle cerrete e delle faggete sembrano in questa area non differire molto per numero di taxa presenti (12-19 nelle cerrete rispetto a 12-16 nelle faggete), probabilmente perché i boschi si ritrovano alle stesse altitudini. Unico taxon discriminante tra le cenosi forestali risulta essere quello dei palpigradi, osservato nei rilievi relativi al 2009 in VT1. Sono ridotte le informazioni a riguardo della distribuzione e dell'ecologia di questo gruppo, il quale è molto raro e in genere presente in densità estremamente contenute. Tuttavia, l'origine inter-tropicale del gruppo, la diffusione nella regione peri-mediterranea europea (Condé, 1996), fanno ipotizzare che essi necessitino di condizioni di temperatura peculiari che vengono in questo caso ritrovate in cerreta.

Tab. 5 – Microartropodi presenti nelle stazioni considerate appartenenti all'area antiappenninica laziale nei campioni di suolo e lettiera dal 2008 al 2010 (S = suolo; L = lettiera; + = presenza rilevata; - = assenza)

	VT1						VT2						VT3						VT4						
	2008		2009		2010		2008		2009		2010		2008		2009		2010		2008		2009		2010		
	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	
Pseudoscorpionida	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+
Palpigradi	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Opiliones	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
Araneae	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
Acari	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Isopoda	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-
Diplopoda	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pauropoda	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-
Symphyla	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-
Chilopoda	+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
Protura	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+
Diplura	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
Collembola	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Embioptera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Orthoptera	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Psocoptera	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-
Hemiptera	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-
Thysanoptera	+	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
Coleoptera	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hymenoptera	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Diptera	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
Coleoptera larvae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Diptera larvae	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Lepidoptera larvae	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-

4.4 Caratterizzazione delle taxocenosi a chilopodi

Nel corso dell'indagine svolta nelle aree di studio, sono stati complessivamente raccolti 73 esemplari (44 esemplari nel sito alpino, 10 nel sito appenninico settentrionale e 19 in quello antiappenninico centrale) suddivisi in tre ordini (Lithobiomorpha, Geophilomorpha e Scolopendromorpha) (Tab. 6). Sono state determinate 19 specie in totale, appartenenti ai quattro corotipi fondamentali della fauna italiana (Fig. 7): 10 specie sono state descritte nella Valle del torrente Chalamy (7 Lithobiomorpha e 3 Geophilomorpha), 6 in Alta val Taro (3 Lithobiomorpha, 1 Scolopendromorpha e 2 Geophilomorpha) e 8 nel Lago di Vico (3 Lithobiomorpha, 1 Scolopendromorpha e 4 Geophilomorpha) (Tab. 7).

Tab. 6 - Ripartizione degli esemplari raccolti tra le stazioni di rilevamento e gli ordini presenti

	Lithobiomorpha	Geophilomorpha	Scolopendromorpha
Valle torrente Chalamy (44)	39	5	/
Alta val Taro (10)	6	3	1
Lago di Vico (19)	9	8	2

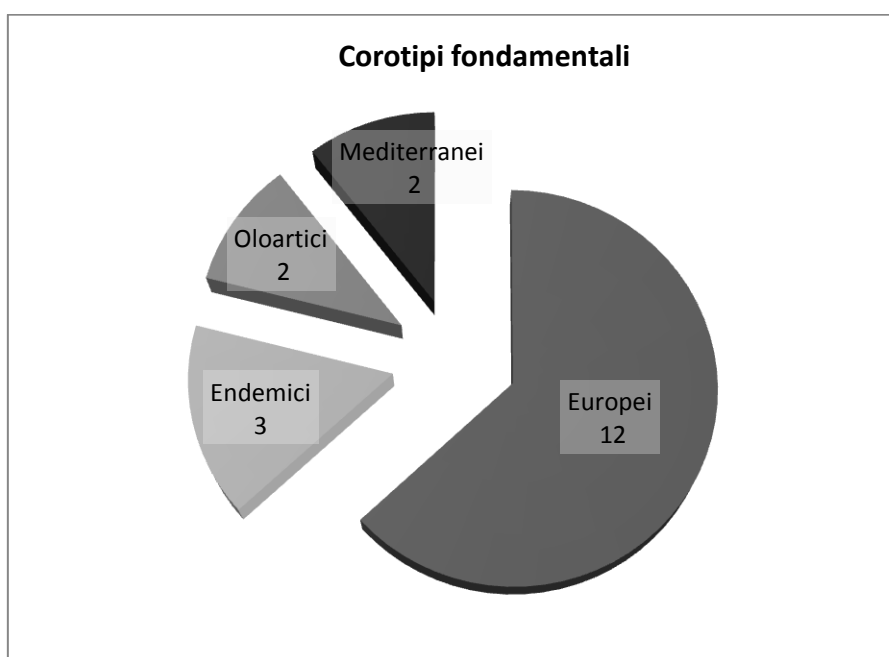


Fig. 7 - Ripartizione delle specie rinvenute secondo i corotipi fondamentali a cui appartengono

Tab. 7 – Specie di chilopodi nelle stazioni considerate in ognuna delle aree di studio (+ = presenza rilevata; - = assenza)

Specie	Stazioni					
	Valle torrente Chalamy		Alta val di Taro		Lago di Vico	
	AO1	AO3	PR1	PR2	VT3	VT4
Lithobiomorpha						
1. <i>Eupolybothrus tridentinus</i>	+	-	-	-	-	-
2. <i>Eupolybothrus fasciatus</i>	-	-	-	-	+	-
3. <i>Lithobius aeruginosus</i>	+	+	-	-	-	-
4. <i>Lithobius castaneus</i>	-	+	-	+	-	+
5. <i>Lithobius erythrocephalus</i>	+	+	-	-	-	-
6. <i>Lithobius lapidicola</i>	+	+	-	+	+	-
7. <i>Lithobius lucifugus</i>	-	+	-	-	-	-
8. <i>Lithobius tricuspis</i>	-	+	-	+	-	-
Scolopendromorpha						
9. <i>Cryptops parisi</i>	-	-	+	-	-	-
10. <i>Cryptops hortensis</i>	-	-	-	-	-	+
Geophilomorpha						
11. <i>Henia brevis</i>	-	-	-	-	+	-
12. <i>Henia vesuviana</i>	-	-	-	-	+	+
13. <i>Schendyla apenninorum</i>	-	-	+	-	-	-
14. <i>Clinopodes flavidus</i>	-	-	-	-	+	-
15. <i>Geophilus alpinus</i>	-	+	-	-	-	-
16. <i>Stenotaenia linearis</i>	+	-	-	-	-	-
17. <i>Stenotaenia romana</i>	-	-	-	+	-	-
18. <i>Strigamia acuminata</i>	-	+	-	-	-	-
19. <i>Strigamia crassipes</i>	-	-	-	-	+	-
Totale	5	8	2	4	6	3

Di seguito vengono elencate le specie rinvenute secondo Zapparoli & Minelli (2005), Zapparoli (in Cerretti et al., 2003; 2006; 2009). Le informazioni relative alla distribuzione e alla presenza di segnalazioni precedenti sono state desunte da CKmap 2004 (Ruffo & Stoch, 2005).

La determinazione delle specie è stata effettuata in collaborazione con il Prof. Marzio Zapparoli (Università degli Studi della Tuscia - Viterbo).

LITHOBIOMORPHA[†]

LITHOBIIDAE

1. *Eupolybothrus tridentinus* (Fanzago, 1874)

AO1: PFT 26/6, 1 ♀; PFT 16/8, 1 ♀

Specie a corologia centroeuropea, diffusa in Italia nelle regioni settentrionali, è segnalata per la prima volta in Valle d'Aosta, ma presente in Piemonte in val Chiusella (Vistrorio) e nel vallone dell'Orco. È considerato un bioindicatore.

2. *Eupolybothrus fasciatus* (Newport, 1845)

VT3: PFT 6/7, 1 ♂

Specie a corologia appenninica, legata ad ambienti forestali di latifoglie, in genere nelle *facies* più termofile. Presente nell'Italia centro-meridionale, probabilmente introdotta in Sicilia, essa è una specie endemica italiana ed è un bioindicatore. Precedentemente segnalata nell'area di studio.

3. *Lithobius aeruginosus* L. Koch, 1862

AO1: V 16/8, 1 ♀. **AO3:** V 26/6, 1 ♂; V 16/8, 1 ♂

Presente nell'Italia settentrionale, questa specie, a corologia centroeuropea, viene segnalata ora anche in Valle d'Aosta. Si ritrova principalmente in boschi di latifoglie.

4. *Lithobius castaneus* Newport, 1844

AO3: PFT 16/8, 1 ♂ juv.

PR2: CV 19/4, 1 ♂; PFT 14/7, 2 ♀

VT4: PFT 18/5, 1 ♀; V 18/5, 1 ♂ juv.; PFT 6/7, 3 ♂ e 2 ♀

[†] Abbreviazioni

Aree di studio: AO1, 3= Valle torrente Chalamy; PR1, 2 = Alta val Taro; VT3, 4 = Lago di Vico.

Metodi di raccolta: CV = cattura a vista; PFT = trappole a caduta; V = vaglio entomologico

Altre abbreviazioni juv.= giovane esemplare; ex.= esemplare indeterminato

Specie a corologia S-europea è diffusa in Italia ad esclusione della Pianura Padana e della Puglia dove non è mai stata segnalata. Generalmente silvicola, comune in diversi ambienti forestali, meno frequente nei boschi mesofili settentrionali. Specie bioindicatrice. Presente in Piemonte (Provincia di Torino) è segnalata ora anche in Valle d'Aosta. Presente lungo la porzione orientale dell'Appennino Ligure, è stata segnalata in altre due occasioni in provincia di Parma.

5. *Lithobius erythrocephalus* C. L. Koch, 1847

AO1: PFT 26/6, 1 ♀ juv.; V 16/8, 1 ♀. **AO3:** V 26/6, 3 ♂ juv. e 3 ♀ juv.; V 16/8, 2 ♂ juv. e 3 ♀ juv.

Specie a corologia europea che è presente in tutta Italia in diversi ambienti forestali tra cui peccete e querceti.

6. *Lithobius lapidicola* Meinert, 1872

AO1: CV 25/5, 1 ♂; V 16/8, 1 ♂, 2 ♀, 1 ♀ juv.; **AO3:** V 26/6, 1 ♀; V 16/8, 1 ♂, 2 ♂ juv., 2 ♀ juv.

PR2: CV 19/4, 1 ♂ juv.

VT3: V 18/5, 1 ♂

Presente in tutto il territorio italiano. Si tratta di una specie a corologia europea, presente in ambienti mediterranei termofili, in ambienti aperti e in boschi di latifoglie dal livello del mare a 2500 m s.l.m.. Viene segnalata per la prima volta in Valle d'Aosta, ma precedentemente rinvenuta lungo i confini in territorio piemontese. Specie diffusa su tutto l'Appennino, già precedentemente segnalata nella porzione orientale dell'Appennino Ligure. Numerose le segnalazioni per la provincia di Viterbo e per il Lago di Vico.

7. *Lithobius lucifugus* L. Koch, 1862

AO3: V 26/6, 1 ♂ juv.

Specie ampiamente diffusa nelle regioni settentrionali, con reperti isolati in località appenniniche dell'Emilia Romagna e della Toscana. In genere ne è segnalata la presenza tra i 1000 e i 2300 m s.l.m., legata soprattutto ad ambienti aperti d'altitudine, ma presente anche nelle formazioni forestali di conifere e latifoglie. Corotipo centroeuropeo. Bioindicatore.

8. *Lithobius tricuspis* Meinert, 1872

AO3: V 26/6, 1 ♂; V 16/8, 1 ♂

PR2: CV 19/4, 1 ♀; V 24/5, 1 ♂

È una specie forestale, a corologia europea, segnalata in Italia (dove è presente in tutte le regioni ad esclusione di Campania, Basilicata e Puglia) tra 200 e 2250 m s.l.m.. Si trova in boschi di latifoglie perlopiù mesofili e conifere sia montane che submontane; è un bioindicatore. Segnalato sull'Appennino Tosco-Emiliano, per la prima volta sull'Appennino Ligure parmense.

SCOLOPENDROMORPHA

CRYPTOPIDAE

9. *Cryptops parisi* Brölemann, 1920

PR1: V 24/5, 1 ex.

Specie a corologia centroeuropea, segnalata in tutte le regioni italiane ad eccezione delle isole. È un elemento forestale molto comune, rinvenuto in un ampio spettro di formazioni vegetali da 20 a 2500 m s.l.m..

10. *Cryptops hortensis* (Donovan, 1810)

VT4: V 18/5, 2 ex.

Tipica specie dei sistemi forestali di latifoglie, a corologia turanico- europeo- mediterranea. Diffusa nell'intera penisola italiana. È considerata specie bioindicatrice.

GEOPHILOMORPHA

DIGNATHODONTIDAE

11. *Henia (Pseudochaetechelyne) brevis* (Silvestri, 1896)

VT3: V 18/5, 1 ♂, 1 ♀

Questa specie è presente nei boschi di latifoglie, soprattutto nella lettiera. Il corotipo è W-mediterraneo ed è stata segnalata principalmente in Liguria e Piemonte, ma anche in Trentino, Lombardia, Veneto, Emilia Romagna, Umbria e Lazio.

12. *Henia (Chaetechelyne) vesuviana* (Newport, 1845)

VT3: V 18/5, 1 ♂; **VT4:** V 18/5, 1 ♀ juv.; V 6/7, 1 ♀ juv.

Specie diffusa in tutta Italia, isole comprese, a corologia S-europea. Tipica delle foreste di latifoglie. Ampiamente diffusa nel Lazio e all'interno della caldera del Lago di Vico.

SCHENDYLIDAE

13. *Schendyla apenninorum* Brölemann & Ribaut, 1911

PR1: CV 19/4, 1 ex.

Specie a corologia appenninica, è strettamente legata a foreste di latifoglie. È una specie endemica italiana ed è quindi un bioindicatore. Nelle checklist viene segnalata come specie

diffusa nel Sud Italia, ma esse è stata segnalata nel comune di Borgo Val di Taro ad inizio del 1900. Ne viene quindi riconfermata la presenza nel comune emiliano.

GEOPHILIDAE

14. *Clinopodes flavidus* C. L. Koch, 1847

VT3: CV 15/4, 1 juv.; V 18/5, 1 juv.

Questa specie a corologia turanico- europeo- mediterranea è diffusa in tutto il territorio nazionale tranne in Sardegna. Predilige ambienti forestali di latifoglie, di sclerofille, ambienti costieri marini, coltivati e grotte.

15. *Geophilus alpinus* Meinert, 1870

AO3: V 26/6, 2 ex.

Specie a corologia europea, anche classificata come *G. insculptus* Attems, 1895. È presente sia nei boschi di latifoglie e conifere montani e submontani sia nella macchia mediterranea.

16. *Stenotaenia linearis* (C. L. Koch, 1835)

AO1: CV 25/5, 1 ♂, 1 ♀

È una specie che viene indicata con diversi sinonimi (tra cui *Geophilus linearis*, *G. brevicornis*, *G. simplex*, *Clinopodes linearis*). A corologia mediterranea, è presente in boschi di latifoglie e di conifere montani e submontani, nella macchia mediterranea e in grotte. Segnalata per la prima volta in Valle d'Aosta.

17. *Stenotaenia romana* (Silvestri, 1895)

PR2: V 24/5, 2 ex.

Questa specie è conosciuta con diversi sinonimi (*Geophilus palpiger*, *G. silvestrii*) e nelle checklist viene riportata come *Geophilus romanus* Silvestri, 1896. Specie a corologia tirrenica, è presente in foreste di sclerofille, querceti, castagneti e ostrieti dell'Italia settentrionale e meridionale e probabilmente della Sardegna. È una specie endemica e viene considerata bioindicatrice. È segnalata per la prima volta in Emilia Romagna.

LINOTAENIIDAE

18. *Strigamia acuminata* (Leach, 1815)

AO3: V 16/8, 1 ♀

Specie forestale presente in tutte le regioni eccetto che in Puglia, Calabria e Sardegna. Essa è legata principalmente a boschi dominati da *Fagus sylvatica* da 250 a 2000 m s.l.m.. Il corotipo è centroeuropeo ed è un bioindicatore.

19. *Strigamia crassipes* (C.L. Koch, 1835)

VT3: CV 15/4, 1 ♀

Presente in tutta Italia, ad esclusione di Puglia, Sicilia e Sardegna. È una specie a corologia europea, tipicamente silvicola segnalata tra i 40 e i 2450 m s.l.m. in molte formazioni forestali. Raramente presenti in spazi aperti. Bioindicatore.

Inoltre, nel sito AO3, sono stati raccolti attraverso il vaglio entomologico 6 esemplari in forma larvale o giovanile appartenenti all'ordine dei Lithobiomorpha che non è stato possibile determinare (V 26/6, 2 ♂ juv. e 1 ♀ juv.; V 16/8, 1 ♂ juv. e 2 larve).

* *Valle del torrente Chalamy, Champdepraz, Aosta*

Nelle stazioni individuate sono state determinate complessivamente 10 specie, di cui 5 presenti nel sito AO1 e 8 in AO3 (Tab. 6). Dall'analisi del popolamento emerge la prevalenza di elementi forestali mesofili a corotipo europeo e centroeuropeo (Fig. 8).

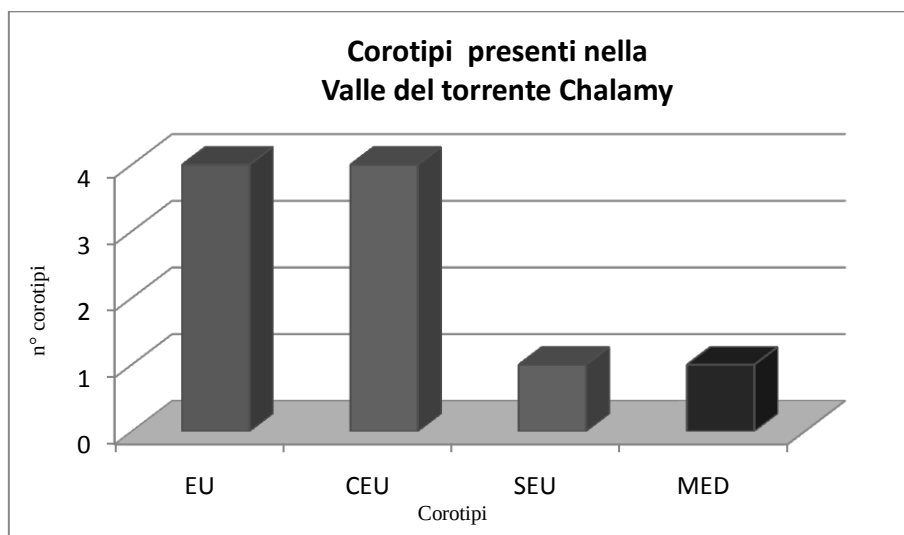


Fig. 8 - Ripartizione delle specie rinvenute nella Valle del torrente Chalamy secondo i corotipi fondamentali a cui appartengono (Europei: EU = europeo; CEU = centroeuropeo; SEU = sud europeo. Mediterranei: MED = mediterraneo)

La stazione AO3 è caratterizzata da specie che prediligono gli ambienti forestali tra cui si segnalano quelle che hanno valore di bioindicatore: *L. castaneus*, *L. lucifugus*, *L. tricuspis* tra i litobiomorfi e *S. acuminata* nei geolomorfi. Nella stazione AO1 è evidenziata la presenza di *E. tridentinus*, bioindicatore come gli altri esemplari appartenenti al genere *Eupolybothrus* Verhoeff, 1907. Tra gli scolopendromorfi, non è stata rilevata in nessuna delle due stazioni alcuna specie, in particolare del genere *Cryptops* Leach, i quali sono piuttosto comuni nelle formazioni forestali di latifoglie.

A causa probabilmente dell'esiguo numero di indagini pregresse effettuate in Valle d'Aosta, in questo studio vengono segnalate per la prima volta diverse specie appartenenti ai litobiomorfi: *E. tridentinus*, *L. aeruginosus*, *L. castaneus* e *L. lapidicola*. Si tratta di specie che prediligono i boschi di latifoglie, i quali rappresentano popolamenti forestali marginali nel contesto valdostano. Inoltre si segnala per la prima volta la presenza nella stazione AO1 di *S. linearis*, geofilomorfo a corologia mediterranea.

* *Alta val Taro, Borgo Val di Taro, Parma*

Le specie segnalate in questo sito sono 6, di cui 2 nel sito PR1 e 4 nel PR2 (Tab. 2). Il numero complessivo di organismi raccolti e il numero di specie descritte sono estremamente ridotti rispetto a quelle che si aspetterebbe di ritrovare. Tra i litobiomorfi si nota l'assenza del genere *Eupolybothrus* Verhoeff, il quale può essere rappresentato dalle forme piuttosto comuni nei boschi di latifoglie (*E. grossipes* e *E. fasciatus*) confermando l'osservazione di Zapparoli (in Cerretti et al., 2003). Sono da considerarsi insufficienti anche le conoscenze sui geofilomorfi, di cui sono state rinvenute solamente 2 specie a fronte delle 13 note nell'Appennino Tosco-Emiliano (Zapparoli in Cerretti et al., 2003). È stata segnalata la presenza di due specie endemiche: quella appenninica *S. appenninorum* (PR1) e *S. romana*, specie a corologia tirrenica segnalata per la prima volta in faggeta della provincia di Parma (PR2) (Fig. 9).

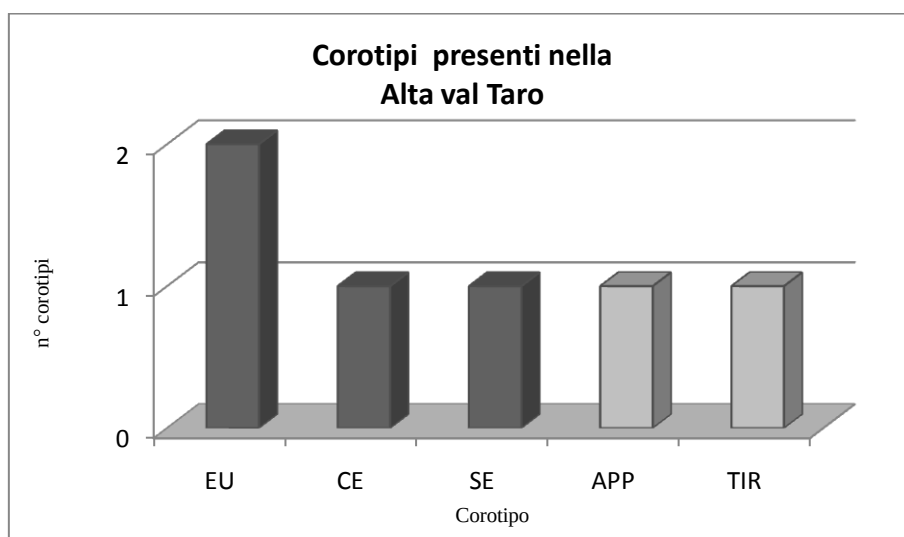


Fig. 9 - Ripartizione delle specie rinvenute nell'Alta val Taro secondo i corotipi fondamentali a cui appartengono (Europei: EU = europeo; CEU = centroeuropeo; SEU = sud europeo. Endemici: APP = appenninico; TIR = tirrenico)

* *Lago di Vico, Ronciglione, Viterbo*

Sono state descritte 8 specie presenti nei due siti considerati, 6 nel sito VT3 e 3 in VT4. Le specie rinvenute appartengono a differenti corotipi (Fig. 10) e in questa area di studio si trovano sia quelli appenninici- europei che quelli mediterranei. Inoltre sono molte le specie legate ad ambienti boschivi delle fasce termofile, situazione che trova riscontro in questa area caratterizzata da faggete a basse altitudini. L'area di studio del Lago di Vico risulta quindi influenzata da differenti fattori che si riflettono sulla composizione della comunità di artropodi presenti.

Tra le specie descritte si segnala la presenza di bioindicatori, uno per ogni ordine rilevato: *E. fasciatus* tra i litobiomorfi, *C. hortensis* per gli scolopendromorfi e *S. crassipes* nei geofilomorfi.

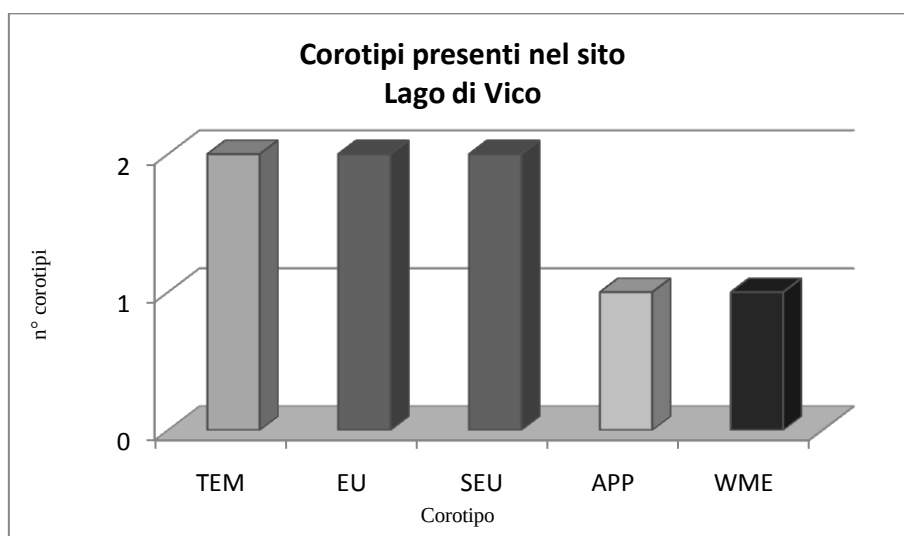


Fig. 10 - Ripartizione delle specie rinvenute nel sito Lago di Vico secondo i corotipi fondamentali a cui appartengono (Oloartici: TEM = turanico- europeo- mediterraneo. Europei: EU = europeo; SEU = sud europeo. Endemici: APP = appenninico. Mediterranei: WME = mediterraneo occidentale)

4.5 Valori dell'indice QBS-ar[‡]

Le comunità di microartropodi edafici sono state analizzate mediante l'indice di qualità biologica del suolo QBS-ar (Parisi, 2001; Parisi et al., 2005), il quale ha permesso di ottenere una valutazione sintetica dello "stato di salute" delle biocenosi e, quindi, del suolo.

I dati ottenuti hanno rispecchiato le condizioni di alta naturalità in cui le aree di studio sono inserite e dove gli impatti di origine antropica sono moderati. I valori di QBS-ar medi sono superiori a 150, indicando una elevata qualità biologica dei suoli (Fig. 11), ad eccezione del valore riferito al sito AO2.

[‡] I valori annuali ottenuti sono riportati in tabella in allegato (Allegato A)

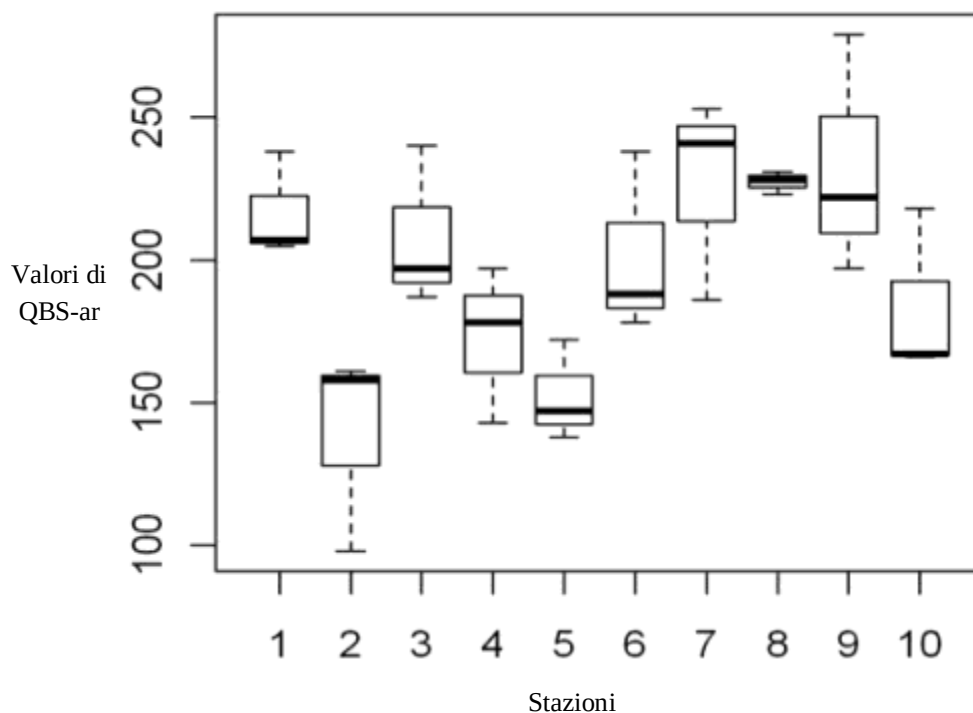


Fig. 11 – Valori dell’indice QBS-ar negli anni considerati (faggete: 1 = AO1, 2 = AO2, 3= AO3, 4 = PR1, 5 = PR2, 6 = VT3, 7 = VT4; cerrete: 8 = PR3, 9 = VT1, 10 = VT2)

Le faggete sono caratterizzate da valori medi che variano tra 139 e 227, mentre alle cerrete sono associati valori compresi tra 184 e 233.

I valori minori di QBS-ar, relativi ai boschi a dominanza di *Fagus sylvatica*, sono stati osservati nel sito alpino (AO2) e in quelli appenninici (PR1 e PR2) (Fig. 12): la stazione alpina risente delle proprie caratteristiche che condizionano la struttura di comunità dei microartropodi edafici, in particolare della saturazione del suolo nei periodi di risorgiva; le faggete dell’Appennino settentrionale invece risultano essere fredde e acide. La temperatura supera i 10° C solamente tra maggio e settembre e il pH del suolo si attesta intorno a 3,4 - 3,6: l’ambiente risulta quindi essere poco favorevole per la fauna edafica, influenzando sia la densità dei gruppi presenti (Tab. 2) che la struttura delle cenosi.

I valori di QBS-ar ottenuti durante il 2009 sono i più elevati, nonostante le differenze non risultino statisticamente significative, ad eccezione del sito PR1, dove il valore dell’indice nel corso del 2010 è risultato il più elevato.

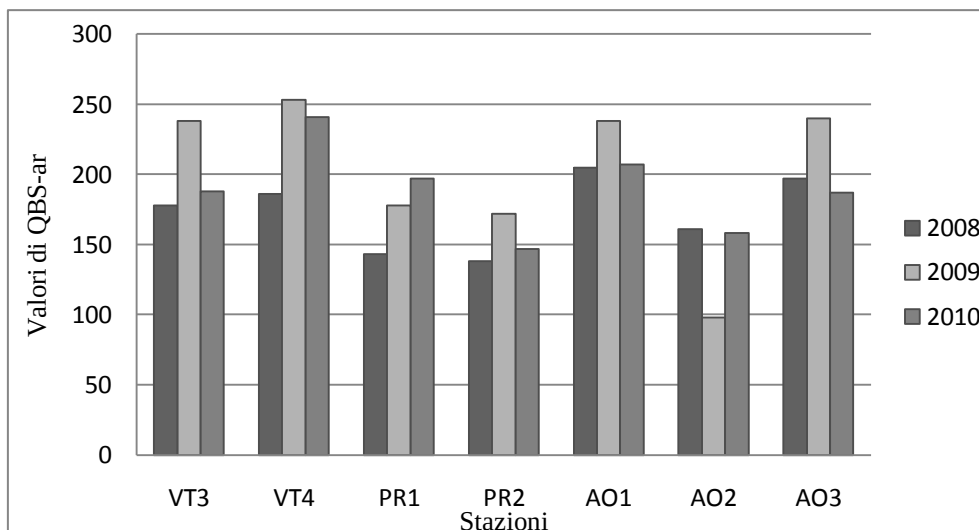


Fig. 12 – Andamento dei valori dell'indice QBS-ar negli anni 2008-2010 nelle faggete

Le cerrete sono caratterizzate da valori dell'indice QBS-ar più elevati, quasi sempre maggiori di 200 (Fig. 13), in linea con le attese e le caratteristiche proprie di questo tipo di formazione boschiva. Il valore più elevato dell'indice in questo studio è stato osservato nella cerreta dell'area Lago di Vico VT1 (279), in cui sono presenti tutti i taxa ad elevato grado di adattamento, tra cui anche il raro gruppo dei palpigradi, e diverse forme generalmente epigee.

Nel sito appenninico PR3, i valori di QBS-ar sono molto simili nel corso degli anni (228, 223, 231): le variazioni dipendono dalla presenza di gruppi epigei, legati alla lettiera o alle piante erbacee, che possono trovare rifugio nel suolo in alcuni momenti del ciclo biologico, quali emitteri, psocotteri e tisanotteri. I taxa maggiormente adattati alla vita edafica sono presenti in tutti i rilievi effettuati (Tab. 4), indicando un elevato grado di stabilità della comunità a microartropodi del sito.

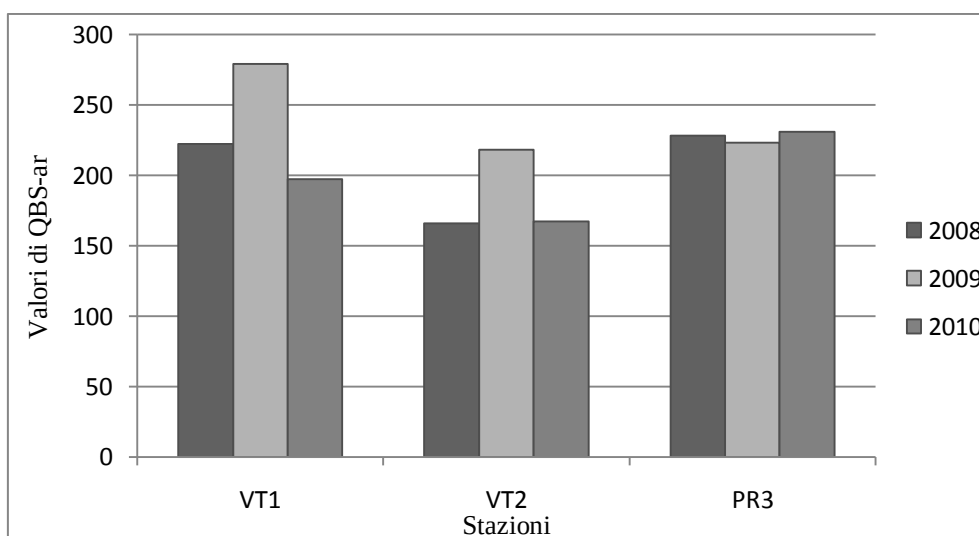


Fig. 13 – Andamento dei valori dell'indice QBS-ar negli anni 2008-2010 nelle cerrete

5. Conclusioni

Le informazioni ricavate dalle analisi chimiche, dendroecologiche e biologiche condotte in questo studio hanno permesso di caratterizzare le aree alpina, appenninica settentrionale e antiappenninica laziale. Per ogni area sono stati ottenuti elementi di novità per cui non esistevano precedenti osservazioni, relative sia alla dendrologia, sia allo studio del popolamento edafico che ad entrambi questi aspetti, come nel caso dell'area alpina (Valle del torrente Chalamy).

Lo studio delle cenosi edafiche a microartropodi ha evidenziato come nelle aree semi-naturali considerate siano presenti fino a 20 taxa, tra cui i gruppi che possiedono caratteri morfologici peculiari di adattamento alla vita ipogea. La specificità che proturi, sinfili, pauropodi dimostrano di avere rispetto al comparto suolo, evidenzia come questi organismi necessitino di condizioni di stabilità dell'ambiente per consentire alle comunità di svilupparsi, qualità che caratterizzano le aree indagate. Allo stesso modo, la caratterizzazione delle comunità di chilopodi, ha sottolineato la presenza di organismi endemici nell'area del centro-nord Italia (Alta val Taro e Lago di Vico), di elementi specializzati e di vari organismi che vengono considerati come bioindicatori.

Lo “stato di salute” dei suoli forestali considerati è stato confermato anche mediante l'utilizzo dell'indice di qualità biologica QBS-ar (Parisi, 2001; Parisi et al., 2005): i valori ottenuti sono risultati essere maggiori di 150, dato associato ad ambienti stabili, confermando i risultati attesi per formazioni forestali con le caratteristiche di quelle studiate.

La fauna del suolo non ricopre soltanto un ruolo importante nella decomposizione della sostanza organica, ma assolve diverse funzioni che favoriscono la diversità e la successione vegetale degli ecosistemi terrestri e, inoltre, la biodiversità delle comunità edafiche è essenziale per garantire il corretto funzionamento dei processi che si svolgono al di sopra del suolo (van Straalen, 2004). I due comparti risultano essere fortemente correlati tra loro e influenzarsi a vicenda: occorre quindi considerarli contemporaneamente nelle ricerche, diversamente da quanto è stato fatto fino ad ora.

La dendrologia fornisce diversi strumenti per l'esame del popolamento forestale. Attraverso le analisi dendroecologiche, è stato possibile definire le condizioni passate e presenti dei boschi coinvolti. Oltre a ciò, è stato evidenziato il trend attuale che risulta essere più o meno decrescente in ogni area in seguito agli effetti dei cambiamenti climatici in atto.

Il presente studio ha posto le basi, definendo una situazione di “riferimento” attuale (T_0), per un'analisi degli effetti dei cambiamenti climatici a carico del sistema vegetazione-suolo che non può che essere a lungo termine. Il monitoraggio ambientale, svolto annualmente, potrebbe verificare le potenzialità intraviste nell'utilizzo dei chilopodi e della fauna del suolo come bioindicatori delle variazioni a carico delle comunità edafiche che i cambiamenti climatici comporteranno.

Ringraziamenti

La presente ricerca è stata parzialmente supportata dalla Regione Autonoma Valle d'Aosta, con il FSE e il Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale.

La mia gratitudine va innanzitutto alla Dott.sa Cristina Menta, che mi ha dato questa possibilità e che mi ha sostenuto ed aiutato durante questi anni. Ringrazio il Professor Gianluca Piovesan e il Professor Marzio Zapparoli per avermi permesso di apprendere nuove conoscenze, avendo la possibilità di lavorare a fianco di esperti del loro calibro.

Sono moltissime le persone che mi hanno accompagnato durante questo percorso, sia nelle analisi di laboratorio che nei prelievi in campo: se dovessi nominarle tutte, ne dimenticherei qualcuna, ma senza l'aiuto di tutti sarebbe stato ancora più difficile portare a termine il lavoro!

Ed infine grazie ai componenti della BUCA, dove in fondo non si sta poi tanto male...

Bibliografia

- Aniol R.W., 1983. *Tree-ring analysis using CATRAS*. Dendrochronologia, 1: 45-53
- Aniol R.W., 1987. *A new device for Computer Assisted Measurement of Tree-Ring Widths*. Dendrochronologia, 5: 135-141
- Battisti A., 2008. *Forests and climate change- lessons from insects*. Forest@, 1(1): 17-24. [online] <http://www.sisef.it>
- Bedano J. C., Cantú M. P., Doucet M. E., 2006. *Soil springtails (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
- Blackburn J., Farrow M., Arthur W., 2002. *Factors influencing the distribution, abundance and diversity of geophilomorph and lithobiomorph centipedes*. Journal Zoological London, 256: 221-232
- Blasi S., Piovesan G., 2008. *Impatti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi terrestri*. In: C. Menta, 2008. Guida alla conoscenza della biologia e dell'ecologia del suolo. Funzionalità, Diversità biologica, indicatori. Gruppo Perdisa Editore/Airplane srl, Bologna. pp. 163-170
- Bocca M., Comoglio C., Nota A., Botta S. (a cura di) , 2006. *Dichiarazione Ambientale EMAS 2006-2009*. Regione Autonoma Valle d'Aosta, Assessorato Agricoltura e Risorse Naturali Servizio Gestione Risorse Naturali
- Bongers T., 1990. *The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition*. Oecologia, 83: 14-19
- Bosello F., Marazzi L., Nunes P.A.L.D., 2007. *Le Alpi italiane e il cambiamento climatico: elementi di vulnerabilità ambientale ed economica e possibili strategie di adattamento*. Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici. APAT e CMCC. Roma, 12-13 settembre 2007
- Bouché M.B., 1977. *Stratégie lombriciennes*. In: U. Lohm and T. Persson (Eds.), Soil organisms as components of ecosystems. Ecological Bulletins, Stockholm, pp. 122-132
- Brölemann H. W., 1930. *Éléments d'une faune des Myriapodes de France. Chilopodes*. Imprimerie Toulousaine
- Bunn A.G., 2008. *A dendrochronology program library in R (dplR)*. Dendrochronologia, 26: 115-124
- Cerretti P., Tagliapietra A., Tisato M., Vanin S., Mason F., Zapparoli M. (Eds), 2003. *Artropodi dell'orizzonte del faggio nell'Appennino settentrionale*. Centro Nazionale per lo Studio e la Conservazione della Biodiversità Forestale, Verona, Bosco della Fontana. Gianluigi Arcari Editore. Mantova
- Coleman D.C., Crossley D.A. Jr., Hendrix P.F., 2004. *Fundamentals of Soil Ecology*. 2nd edition. Elsevier Academic Press

Condé B., 1996. *Les Palpigrales: 1885-1995: acquisitions et lacunes*. Revue Suisse de Zoologie, vol. hors série: 87-106

Cook E. R., Peters K, 1981. *The smoothing spline: a new approach to standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies*. Tree-Ring Bulletin, Vol. 4: 45-58

Dale V.H., Beyeler S.C., 2001. *Challenges in the development and use of ecological indicators*. Ecological Indicators, 1: 3-10

Di Filippo A., Biondi F., Čufar K., de Luis M., Grabner M., Maugeri M., Presutti Saba E., Schirone B., Piovesan G., 2007. *Bioclimatology of beech (Fagus sylvatica L.) in the Eastern Alps: spatial and altitudinal climatic signals identified through a tree-ring network*. Journal of Biogeography, 34: 1873-1892

Gardi C., Menta C., 2004. *Relationship between land use, crop management and soil microarthropods*. Soil Zoology for sustainable Development in the 21st Century. S.H. Shakir Hanna and W. Z. A. Mikhail, eds, Cairo 2004

Gardi C., Menta C., Leoni A., 2008. *Evaluation of the environmental impact of agricultural management practices using soil microarthropods*. Fresenius Environmental Bulletin, Vol. 17, n° 8b: 1165-1169

Gates D. M., 1993. *Climate change and its biological consequences*. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts

Grgič T., Kos I., 2005. *Influence of forest development phase on centipede diversity in managed beech forests in Slovenia*. Biodiversity and Conservation, 14: 1841-1862

Gualdi S., Navarra A., 2005. *Scenari climatici nel bacino mediterraneo*. Forest@, 2 (1): 19-30. [online] <http://www.sisef.it>

Hopkin S.P., 1997. *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford University Press, Oxford

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2002. *Climate Change and Biodiversity*. Technical paper. H. Gitay, A Suárez, D.J. Dokken, R. T. Watson, Eds. 86 pp.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007. *Climate Change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the fourth assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pp.

Jump A.S., Hunt J.M., Peñuelas J., 2006. *Rapid climate change- related growth decline at the southern range edge of Fagus sylvatica*. Global Change Biology, 12: 2163-2174

Knoepp J. D., Coleman D. C., Crossley Jr D. A., Clark J. S., 2000. *Biological indices of soil quality: an ecosystem case study of their use*. Forest Ecology and Management, 138: 357-368

Leoni A., 2008. *Studio della biodiversità vegetale e del popolamento a microartropodi edafici nella Riserva Naturale "Guadine Pradaccio"*. Doctoral thesis. Università degli Studi di Parma.

Lewis J. G. E., 1981. *The biology of centipedes*. Cambridge University Press

Lindberg N., 2003. *Soil fauna and global change- responses to experimental drought, irrigation, fertilization and soil warming*. Doctor's dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala

Lindberg N., Bengtsson J., 2006. *Recovery of forest soil fauna diversity and composition after repente summer droughts*. *Oikos*, 114: 496-506

Massa B., 2008. *In difesa della biodiversità*. Gruppo Perdisa Editore/Airplane srl, Bologna

Menta C., 2008. *Guida alla conoscenza della biologia e dell'ecologia del suolo. Funzionalità, diversità biologica, indicatori*. Gruppo Perdisa Editore/Airplane srl, Bologna

Menta C., Leoni A., Bardini M., Gardi C., Gatti F., 2008. *Nematode and microarthropod communities: comparative use of soil quality bioindicators in covered dump and natural soils*. *Environmental Bioindicators*, 3: 35-46

Menta C., Leoni A., Conti F. D., in press. *Il ruolo della fauna edafica nel mantenimento della funzionalità del suolo*. Proceedings del Workshop "La percezione del suolo". Palermo, 2-3 dicembre 2010

Mercalli L. (Eds), 2006. *Cambiamenti climatici in Valle d'Aosta: opportunità e strategie di risposta*. Società Meteorologica Subalpina. Graficat, Torino

Mosello R., 1998. *Cambiamenti climatici ed effetto serra*. In: A. Provini, S. Galassi, R. Marchetti (a cura di). *Ecologia applicata*. Nuova edizione. Società Italiana di Ecologia. Città Studi Edizioni. UTET, Torino

Olmi M., Zapparoli M. (a cura di), 1992. *L'ambiente della Tuscia laziale – Aree protette e di interesse naturalistico della Provincia di Viterbo*. Università della Tuscia, Union Printing Edizioni, Viterbo

Parco Naturale del Mont Avic, 2003. *Dichiarazione Ambientale 2003*. Regione Autonoma Valle d'Aosta, Assessorato Agricoltura e Risorse Naturali Servizio Gestione Risorse Naturali

Parisi V., 1974. *Biologia e ecologia del suolo: tecniche di ricerca*. Boringheri, Torino

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., Menta C., 2008. *Microarthropods of the soil: convergence phenomena and evaluation of soil quality using QBS-ar and QBS-c*. *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol. 17, n° 8b: 1170-1174

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

Piervitali E., Colacino M., Conte M., 1997. *Signals of climatic change in the Central-Western Mediterranean basin*. *Theoretical and Applied Climatology*, 58: 211-219

Pignatti S., 1998. *I boschi d'Italia. Sinecologia e biodiversità*. Scienze Forestali e Ambientali Vol. 3. UTET. Torino

Pignatti S., Bianco P.M., Fanelli G., Paglia S., Pietrosanti S., Tesarollo P., 2001. *Le piante come indicatori ambientali. Manuale tecnico-scientifico*. ANPA. RTI CTN_CON 1/2001

Piovesan G., Biondi F., Di Filippo A., Alessandrini A., Maugeri M., 2008. *Drought-driven growth reduction in old beech (Fagus sylvatica L.) forests of the central Apennines, Italy*. *Global Change Biology*, 14: 1-17

Piovesan G., Di Filippo A., Alessandrini A., Biondi F., Schirone B., 2005. *Structure, dynamics and dendroecology of an old-growth Fagus forest in the Apennines*. *Journal of Vegetation Science*, 16: 13-28

R Development Core Team, 2010. *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. URL <http://www.R-project.org/>

Rossaro B., 1998. *Analisi della struttura delle comunità*. In: A. Provini, S. Galassi, R. Marchetti (a cura di). *Ecologia applicata*. Nuova Edizione. Società Italiana di Ecologia. Città Studi Edizioni. UTET, Torino

Ruffo S., Stoch F. (Eds), 2005. *Checklist e distribuzione della fauna italiana. 10000 specie terrestri e delle acque interne*. CKmap 2004. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Direzione per la Protezione della Natura. Memorie del Museo civico di Storia naturale di Verona, 2^a serie

Sartori F. (a cura di), 1998. *Bioindicatori ambientali*. Fondazione Lombardia per l'Ambiente

Schirone B., Piovesan G., Romagnoli M., Bernabei M., Lo Monaco A., Di Primio S., Schirone A., Di Filippo A., 2002. *Una rete di monitoraggio dendrologico per identificare i cambiamenti climatici e valutarne l'effetto sulle foreste italiane*. Contratto di Ricerca ANPA-UNITUS (DISAFRI). Rapporto tecnico finale, 115 pp

Speer J.H., 2010. *Fundamentals of tree-ring research*. The University of Arizona Press

Stoev P., Akkari N., Zapparoli M., Porco D., Enghoff H., Edgecombe G.D., Georgiev T., Penev L., 2010. *The centipede genus Eupolibothrus Verhoeff, 1907 (Chilopoda: Lithobiomorpha: Lithobiidae) in North Africa, a cybertaxonomic revision, with a key to all species in the genus and the first use of DNA barcoding for the group*. *ZooKeys* 50: 29-77 (2010). doi: 10.3897/zookeys.50.504

Stokes M.A., Smiley T.L., 1996. *An introduction to tree-ring dating*. The University of Arizona Press, Tucson

Tabaglio V., Gavazzi C., Menta C., 2008. *The Influence of No-Till, Conventional Tillage and Nitrogen Fertilization on Physico-Chemical and Biological Indicators After Three Years of Monoculture Barley*. *Italian Journal of Agronomy, Rivista Agronomica*, 4: 233-240

Tabaglio V., Gavazzi C., Menta C., 2009. *Physico-chemical indicators and microarthropod communities as influenced by no-till, conventional tillage and nitrogen fertilisation after four years of continuous maize*. *Soil and Tillage research*, Vol 5, Issue 105: 135-142

van Straalen N. M., 1997. *The development of a bioindicator system for soil acidity based on arthropod pH preferences*. *Journal of Applied Ecology*, 34: 217-232

van Straalen N. M., 1998. *Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities*. Applied Soil Ecology, 9: 429-437

van Straalen N. M., 2004. *The use of soil invertebrates in ecological survey of contaminated soils*. In: P. Doelman, H.J.P. Eijsackers (Eds.), *Vital Soil Function, Value and Properties*, Elsevier. pp. 99-125

Violante P., Adamo P., 2000. *Determinazione del grado di reazione (pH)*. In: Ministero Politiche Agricole e Forestali. *Metodi di analisi chimica del suolo*. Franco Angeli. Cap. III Reazione

Wallwork J.A., 1970. *Ecology of soil animals*. McGraw-Hill. London

Zapparoli M., 1997. *Centipedes of a wasteland urban area in Rome, Italy (Chilopoda)*. Entomologica Scandinavica, 51: 121-124

Zapparoli M., 2006. *A catalogue of the centipedes (Chilopoda) of Central Apennines (Italy)*. Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Verona, Botanica, Zoologia, 30: 165-273

Zapparoli M., 2009. *Primi dati sul popolamento dei Chilopodi delle Riserve Naturali "Agoraie di sopra e Moggetto" (Liguria, Genova) e "Guadine Pradaccio" (Emilia Romagna, Parma) (Chilopoda)*. Bollettino dell'Associazione Romana di Entomologia, 64 (1-4): 39-58

Zapparoli M., Minelli A., 2005. *I Chilopodi*. In: S. Ruffo, F. Stoch (Eds). *Checklist e distribuzione della fauna italiana. 10000 specie terrestri e delle acque interne*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Direzione per la Protezione della Natura. Memorie del Museo civico di Storia naturale di Verona, 2^a serie

Allegato A: valori annuali dell'indice QBS-ar

All. A1: Tabella per il calcolo dell'indice di qualità biologica del suolo QBS-ar per il 2008

	2008									
	Valle torrente Chalamy			Alta val Taro			Lago di Vico			
	AO1	AO2	AO3	PR1	PR2	PR3	VT1	VT2	VT3	VT4
Pseudoscorpionida	20			20		20	20			
Palpigradi										
Opiliones										
Araneae	5		5				5	5	5	5
Acari	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Isopoda	10		10			10			10	
Diplopoda	20	20	20		10	20	10	20	20	20
Paupoda		20				20	20	20	20	20
Symphyla	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Chilopoda	20	20	20	10	10	20	20	20	20	20
Protura	20	20	20	20	20	20	20			20
Diplura	20		20			20	20			
Collembola	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Embioptera										
Psocoptera				1	1					
Hemiptera			1	1		1			1	
Thysanoptera						1	1		1	
Coleoptera	5		20	10	15	10	20	15	15	15
Hymenoptera	5				1	5	5	5	5	5
Diptera		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Coleoptera larvae	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Diptera larvae	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Lepidoptera Larvae										
QBS-ar	205	161	197	143	138	228	222	166	178	186
FB	14	10	14	12	12	17	16	12	15	13

All. A2: Tabella per il calcolo dell'indice di qualità biologica del suolo QBS-ar per il 2009

2009										
	Valle torrente Chalamy			Alta val Taro			Lago di Vico			
	AO1	AO2	AO3	PR1	PR2	PR3	VT1	VT2	VT3	VT4
Pseudoscorpionida	20		20			20	20	20	20	20
Palpigradi							20			
Opiliones							10			
Araneae	5		5			5	5	5	5	5
Acari	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Isopoda	10		10			10	10	10	10	10
Diplopoda	20		20		20		20	20	20	20
Pauropoda	20		20	20		20	20	20	20	20
Symphyla	20		20	20	20	20	20	20	20	20
Chilopoda	20		20	20	20	20	20		20	20
Protura	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Diplura	20		20	20	20	20	20	20	20	20
Collembola	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Embioptera										
Psocoptera			1		1		1	1		
Hemiptera	1		1	1		1	1	1	1	1
Thysanoptera	1	1	1			1	1	1	1	1
Coleoptera	15	15	20	15	5	10	15	5	15	20
Hymenoptera	5	1	1	1	5	5	5	5	5	5
Diptera	1	1	1	1	1	1	1		1	1
Coleoptera larvae	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Diptera larvae	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Lepidoptera Larvae						10	10	10		10
QBS-ar	238	98	240	178	172	223	279	218	238	253
FB	18	9	19	13	13	18	22	18	18	19

All. A3: Tabella per il calcolo dell'indice di qualità biologica del suolo QBS-ar per il 2010

	2010									
	Valle torrente Chalamy			Alta val Taro			Lago di Vico			
	AO1	AO2	AO3	PR1	PR2	PR3	VT1	VT2	VT3	VT4
Pseudoscorpionida	20					20	20			20
Palpigradi										
Opiliones					10					
Araneae			5			1		1	5	5
Acari	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Isopoda	10		10			10			10	10
Diplopoda	10	10	20	20		20	20	20	20	20
Paupoda	20	20	20	20		20	20	20	20	20
Symphyla	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Chilopoda	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Protura	20	20	20	20	20	20	20		20	20
Diplura				20		20				20
Collembola	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Embioptera			1						1	
Psocoptera	1									
Hemiptera	1	1	1		1		1			
Thysanoptera									1	
Coleoptera	20	5	10	15	15	15	1	20	5	20
Hymenoptera	5	1		1	1	5	5	5	5	5
Diptera		1		1				1	1	1
Coleoptera larvae	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Diptera larvae	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Lepidoptera Larvae							10			
QBS-ar	207	158	187	197	147	231	197	167	188	241
FB	15	13	14	13	11	15	14	12	16	16

Allegato B: Archivio fotografico



All. B1: Pseudoscorpione rinvenuto nella cerreta dell'area appenninica PR3, 2009 (Foto di Conti F.D.)



All. B2: Pseudoscorpione rinvenuto nella faggeta alpina AO3, 2009 (Foto di Conti F.D.)



All. B3: Isopode rinvenuto nella cerreta appenninica PR3, 2009 (Foto di Conti F.D.)



All. B4: Isopode rinvenuto nella faggeta antiappenninica laziale VT4, 2010 (Foto di Conti F.D.)



All. B5: Sinfilo rinvenuto nella faggeta appenninica PR1, 2009 (Foto di Conti F.D.)



All. B6: Dipluro Campodeidae rinvenuto nella faggeta alpina AO1, 2009 (Foto di Conti F.D.)



All. B7: Diplopode, rinvenuto nella faggeta alpina AO3, 2009 (Foto di Conti F.D.)



All. B8: Diplopode (particolare del capo) rinvenuto nella faggeta alpina AO3, 20090 (Foto di Conti F.D.)



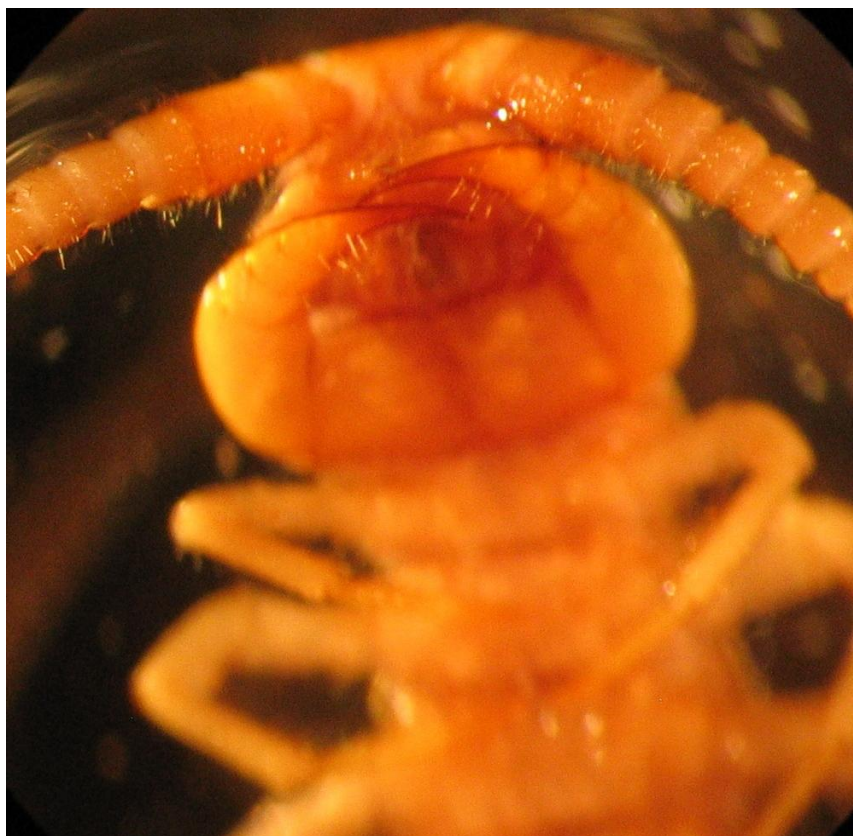
All. B9: Chilopode litobiomorfo (*Eupolybothrus tridentinus*) rinvenuto nella faggeta alpina AO1, 2010 (Foto di Conti F.D.)



All. B10: Chilopode litobiomorfo (*Eupolybothrus tridentinus*) rinvenuto nella faggeta alpina PR1, 2010 (Foto di Conti F.D.)



All. B11: Chilopode scolopendromorfo (*Cryptops parisi*) rinvenuto nella faggeta appenninica PR1, 2010 (Foto di Conti F.D.)



All.B12: Chilopode litobiomorfo (*Eupolybothrus tridentinus*) rinvenuto nella faggeta alpina AO1, 2010 (Foto di Conti F.D.)



All.B12: Chilopode geofilomorfo rinvenuto nella faggeta alpina AO3, 2009 (Foto di Conti F.D.)