



Università degli Studi di Firenze

DIPARTIMENTO DI ECONOMIA, INGEGNERIA,
SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE E FORESTALI



DOTTORATO DI RICERCA IN ECONOMIA,
PIANIFICAZIONE FORESTALE E SCIENZE DEL LEGNO

CICLO XXV

COORDINATORE: Prof. ssa SUSANNA NOCENTINI

APPLICAZIONE DELL'INDICE DI QUALITÀ BIOLOGICA

DEL SUOLO (QBS-ar) IN SOPRASSUOLI FORESTALI

PERCORSI DA INCENDIO.

IMPLICAZIONI PER LA PIANIFICAZIONE FORESTALE

Settore Scientifico Disciplinare AGR/05

TUTORS:

Prof. ssa: Susanna Nocentini

Dott. Davide Travaglini

Dott. Donatella Paffetti

DOTTORANDA: Chiara Lisa

COORDINATORE: Prof. ssa Susanna Nocentini

Anno 2012



Università degli Studi di Firenze

DIPARTIMENTO DI ECONOMIA, INGEGNERIA,
SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE E FORESTALI



DOTTORATO DI RICERCA IN ECONOMIA,
PIANIFICAZIONE FORESTALE E SCIENZE DEL LEGNO

CICLO XXV

COORDINATORE: Prof. ssa SUSANNA NOCENTINI

**APPLICAZIONE DELL'INDICE DI QUALITÀ BIOLOGICA
DEL SUOLO (QBS-ar) IN SOPRASSUOLI FORESTALI
PERCORSI DA INCENDIO.**

IMPLICAZIONI PER LA PIANIFICAZIONE FORESTALE

Settore Scientifico Disciplinare AGR/05

TUTORS:

Prof. ssa: Susanna Nocentini

Dott. Davide Travaglini

Dott. Donatella Paffetti

DOTTORANDA: Chiara Lisa

COORDINATORE: Prof. ssa Susanna Nocentini

Anno 2012

RIASSUNTO

Nel presente lavoro, attraverso l'indice biologico QBS-ar, sono stati monitorati i microartropodi edafici al fine di valutare la qualità biologica dei suoli in pinete di pino marittimo e in boschi misti di latifoglie del centro Italia che sono stati percorsi dal fuoco nel 2012, nel 2009 e nel 2001, e in alcune aree sia nel 2001, sia nel 2009. L'indice QBS-ar si è rivelato uno strumento prezioso per il biomonitoraggio ambientale, in particolare nelle pinete interessate dall'incendio, dove si è riscontrata una maggior perdita di qualità biologica del suolo e biodiversità di microartropodi edafici, soprattutto nelle aree percorse due volte dal fuoco. La qualità biologica del suolo nei boschi misti di latifoglie, al contrario delle pinete, non ha subito invece rilevanti cambiamenti dovuti all'incendio. Si è provveduto inoltre al conteggio dei microartropodi edafici al fine di valutare l'effetto del fuoco anche sulla loro abbondanza nel suolo. In generale nei campioni di suolo incendiati si è registrato sia un abbassamento del valore dell'indice QBS-ar, con una minor presenza di Forme Biologiche adattate alla vita edafica, sia una minor abbondanza di individui. L'indice QBS-ar poi si è rivelato più utile delle misurazioni strumentali dei parametri chimico-fisici per il monitoraggio dei suoli percorsi dal fuoco. L'applicazione di tale indice si è dimostrata un valido strumento per descrivere i suoli dal punto di vista biologico, fornendo importanti informazioni per quanto riguarda le azioni di prevenzione e il monitoraggio dei processi di recupero degli ecosistemi forestali dopo il passaggio del fuoco.

Parole chiave: *biomonitoraggio, suolo, Indice QBS-ar, microartropodi edafici, incendi boschivi, pianificazione forestale.*

ABSTRACT

In this study edaphic microarthropods were monitored using the QBS-ar index to evaluate soil biological quality in central Italy maritime pine forest and mixed deciduous forest burned in 2012, in 2009, in 2001, and in areas burned both in 2001 and 2009. The QBS-ar turned out to be a valid tool for environmental biomonitoring especially in pine forests, where a greater biodiversity loss of both edaphic microarthropods and soil biological quality took place, particularly in the areas burned twice. The biological quality of deciduous forest soil, contrary to pine forest soil, did not show significant changes due to fire. Furthermore, edaphic microarthropods were also counted in order to assess the impact of fire on their abundance in the soil. In fact, a general decrease of the QBS-ar index value was found in burned soils, with a lower occurrence of biological forms adapted to edaphic life. The QBS-ar also proved to be more useful than instrumental measurements of physic-chemical parameters in soil monitoring in burned areas. The QBS-ar biological index turned out to be a helpful tool to describe soils from a biological point of view, providing useful information about edaphic community evolution over time. Thus, it can be used to support forest fire prevention planning and monitoring of forest soil recovery after the fire .

Keywords: *biomonitoring, soil, QBS-ar index; edaphic microarthropods, forest fires, forest planning.*

*A mio marito Alessandro
e
alle mie nipoti Sofia, Alice e Isabel*

*There is a way that nature speaks,
that land speaks.
Most of the time
we are simply not patient enough,
quiet enough,
to pay attention to the story.*

Linda Hogan

*C'è un modo in cui la natura parla,
in cui la terra parla.
La maggior parte delle volte
noi, semplicemente,
non siamo abbastanza pazienti,
non abbastanza calmi ,
per prestare attenzione alla storia.*

INDICE

STRUTTURA DELLA TESI	1
1 STATO DELLE CONOSCENZE	2
1.1 Il biomonitoraggio quale strumento per la conservazione della biodiversità forestale.....	2
1.1.1 La conservazione della biodiversità.....	2
1.1.2 Definizione di monitoraggio e biomonitoraggio	3
1.1.3 Il biomonitoraggio forestale.....	5
1.1.4 Bioindicatori e indici biologici.....	6
1.2 La fauna edafica quale strumento per il biomonitoraggio.....	9
1.2.1 Definizione di fauna edafica.....	9
1.2.2 Il ruolo della pedofauna nel suolo.....	14
1.2.3 I microartropodi edafici.....	15
1.2.4 Bioindicatori e indici biologici del suolo.....	16
1.3 Gli effetti degli incendi sull'ecosistema forestale.....	19
1.3.1 Gli incendi boschivi.....	19
1.3.2 Gli effetti del fuoco sulla vegetazione.....	20
1.3.3 Gli effetti del fuoco sulle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche del suolo.....	22
1.3.4 Bioindicatori del suolo dopo l'incendio.....	27
1.3.5 Il ripristino delle superfici boschive percorse da incendio.....	31
2 L'INDICE DI QUALITÀ BIOLOGICA DEL SUOLO (QBS-ar) E SUE APPLICAZIONI	34
3 OBIETTIVI DELLO STUDIO	38
4 MATERIALI E METODI	40
4.1 Area di studio.....	40
4.1.1 Tipologie forestali.....	41
4.1.2 Gestione forestale dei boschi delle Cerbaie.....	43
4.1.3 Incendi	44
4.2 Aree di campionamento.....	46
4.2.1 Pineta di pino marittimo.....	47
4.2.2 Bosco misto di latifoglie	51
4.3 Metodo di campionamento.....	54
4.4 Analisi della fauna edafica e calcolo dell'indice QBS-ar.....	57
4.5 Analisi chimico - fisiche del suolo	58
4.6 Analisi statistica.....	59
5 RISULTATI	64
5.1 La comunità di microartropodi forestali.....	64
5.2 Disturbo dell'incendio sulla qualità biologica del suolo nella pineta percorsa dal fuoco nel 2012.....	64

5.2.1	Indici di biodiversità	67
5.2.2	Analisi delle Componenti Principali e Cluster Analysis.....	70
5.2.3	SIMPER Analysis.....	73
5.2.4	Disturbo dell'incendio sull'abbondanza dei microartropodi edafici.....	74
5.2.5	Analisi chimico - fisiche e qualità biologica del suolo.....	78
5.3	Disturbo dell'incendio sulla qualità biologica del suolo nelle pinete percorse dal fuoco nel 2001, nel 2009 e nel 2001/2009.....	80
5.3.1	Analisi delle Componenti Principali e Cluster Analysis.....	84
5.3.2	SIMPER Analysis.....	87
5.3.3	Indici di biodiversità.....	87
5.3.4	Disturbo dell'incendio sull'abbondanza dei microartropodi edafici.....	90
5.3.5	Analisi chimico - fisiche e qualità biologica del suolo.....	92
5.4	Disturbo dell'incendio sulla qualità biologica del suolo in boschi misti di latifoglie percorsi dal fuoco nel 2001, nel 2009 e nel 2001/2009.....	93
5.4.1	Analisi delle Componenti Principali.....	96
5.4.2	Indici di biodiversità.....	98
5.4.3	Disturbo del fuoco sull'abbondanza di microartropodi edafici.....	101
5.4.4	Analisi chimico - fisiche e qualità biologica del suolo.....	101
5.5	Disturbo dell'incendio sulla qualità biologica del suolo nelle pinete percorse dal fuoco nel 2012, nel 2001, nel 2009 e nel 2001/2009.....	102
5.5.1	Analisi delle Componenti Principali.....	102
5.5.2	SIMPER Analysis.....	105
6	DISCUSSIONE	107
7	CONCLUSIONI	112
	BIBLIOGRAFIA	115
	ALLEGATI	134
Allegato 1	Chiave dicotomica per il riconoscimento dei microartropodi edafici.....	135
Allegato 2	Microartropodi edafici rinvenuti nella Riserva Naturale Statale di Montefalcone.....	140
	Aracnidi.....	140
	Araneidi.....	140
	Opilioni.....	141
	Scorpioni.....	141
	Pseudoscorpioni.....	142
	Acari.....	142
	Crostacei.....	143
	Isopodi.....	143
	Miriapodi.....	144
	Paupodi.....	144
	Diplopodi.....	145
	Chilopodi.....	146
	Sinfili.....	148
	Insetti.....	149

	Collemboli.....	149
	Proturi.....	151
	Dipluri.....	152
	Embiotteri.....	152
	Tisanotteri.....	153
	Psocotteri.....	154
	Emitteri.....	154
	Imenotteri.....	155
	Coleotteri.....	156
	Larve di coleottero.....	156
	Ditteri.....	157
	Larve di dittero.....	157
	Larve di lepidottero.....	158
	Blattari.....	158
	Isotteri.....	159
	Ortotteri.....	159
Allegato 3	Schede QBS-ar di tutti i campioni di suolo analizzati.....	161
	Pineta – Incendio 2012.....	161
	Pineta – Primavera 2011.....	167
	Pineta – Autunno 2011.....	173
	Pineta – Primavera 2012.....	182
	Pineta – Autunno 2012.....	192
	Bosco misto di latifoglie – Autunno 2011.....	196
	Bosco misto di latifoglie – Primavera 2012.....	206
	Bosco misto di latifoglie – Autunno 2012.....	216

STRUTTURA DELLA TESI

Nella prima parte della tesi (capitolo 1- Stato delle conoscenze) vengono introdotti i concetti di monitoraggio, biomonitoraggio, indici, indicatori, bioindicatori e indici biologici, prima in generale e poi in riferimento alla matrice suolo. Per quel che riguarda il suolo la maggiore attenzione è rivolta al ruolo della pedofauna ed in particolar modo a quello dei microartropodi edafici. Nell'ultima parte del primo capitolo viene introdotta la problematica degli incendi in ambiente forestale e le conseguenze del passaggio del fuoco sulle principali caratteristiche chimico-fisiche e biologiche del suolo. Vengono poi illustrati alcuni bioindicatori usati per il biomonitoraggio dei suoli dopo gli incendi ed è descritto il ripristino dell'ecosistema boschivo dopo il passaggio del fuoco.

Il secondo capitolo è dedicato alla descrizione dell'indice della qualità biologica del suolo (QBS-ar) utilizzato in questo studio e i suoi ambiti di applicazione.

Nel capitolo 3 sono invece illustrati gli obiettivi di questo studio legati a fornire informazioni sull'effetto del fuoco sulla componente edafica dei tipi forestali presi in esame (pineta di pino marittimo e bosco misto di latifoglie).

La descrizione delle aree studio scelte, le metodologie di campionamento utilizzate e le analisi svolte (analisi univariate e multivariate) sono descritte nel quarto capitolo.

I risultati ottenuti dall'applicazione dell'indice QBS-ar prendendo in esame i differenti parametri considerati per quel che riguarda l'azione del fuoco sulle tipologie forestali esaminate, la frequenza dell'incendio e i diversi intervalli di tempo trascorsi dal passaggio del fuoco, sono illustrati ed analizzati nel capitolo 5.

Il sesto capitolo è dedicato alla discussione dei risultati ottenuti confrontando le diverse aree prese in esame in differenti intervalli di tempo dal passaggio del fuoco e in diverse frequenze.

Il capitolo conclusivo descrive le considerazioni a cui si è potuti arrivare dopo questo studio indicando l'utilità del biomonitoraggio attraverso indici sintetici per comprendere la complessità dell'ecosistema forestale per una gestione sostenibile.

Infine, in allegato sono riportati: la descrizione di una delle chiavi dicotomiche utilizzate per il riconoscimento dei microartropodi edafici (allegato 1); le descrizioni e le illustrazioni dei microartropodi edafici rinvenuti nelle aree studio (allegato 2); le schede dei campionamenti effettuati nei siti di rilevamento (allegato 3) .

1 STATO DELLE CONOSCENZE

1.1 Il biomonitoraggio quale strumento per la conservazione della biodiversità forestale

1.1.1 La conservazione della biodiversità

La Convenzione Internazionale sulla Biodiversità siglata a Rio de Janeiro nel 1992 nel corso del Vertice della Terra, costituisce il quadro principale di riferimento per quanto concerne la salvaguardia e l'uso sostenibile della Biodiversità. Dopo aver firmato la Convenzione di Rio, l'Italia, con altri Stati membri dell'Unione Europea, ha approvato due direttive comunitarie (Direttiva "Uccelli" n.79/409/CEE del 2 aprile 1979 e Direttiva "Habitat" n. 92/42/CEE del 21 maggio 1992) che definiscono l'iter per l'attuazione del progetto Rete Natura 2000. Tale Progetto è finalizzato alla conservazione e salvaguardia della naturalità residua e ad una gestione territoriale sostenibile della biodiversità. In particolar modo con l'art. 6 della Direttiva Habitat, gli Stati Membri si impegnano nella gestione e nel monitoraggio del patrimonio naturalistico e delle sue aree, così come degli elementi naturali di pregio su tutto il territorio nazionale (articoli dal 10 al 16) (<http://www.cbd.int/>).

Oltre a Natura 2000, la Comunità Europea ha attuato altre importanti azioni finalizzate alla salvaguardia delle biodiversità, tra cui si ricordano:

- Sesto programma di azione ambientale "*Ambiente 2010: il nostro futuro, la nostra scelta*", un programma decennale dedicato al cambiamento climatico, alla natura e al patrimonio floro-faunistico, all'ambiente e alla salute, e all'uso delle risorse naturali;
- Sistema comunitario di eco-gestione e audit (EMAS), per il monitoraggio dei continui miglioramenti ambientali attuati nei Paesi europei.

Si può quindi sostenere che il monitoraggio è uno dei principali strumenti per la raccolta di informazioni sullo stato e sull'evoluzione ecologica di habitat, popolamenti e specie. Non solo, dalla raccolta e dall'analisi dei dati si possono realizzare strumenti di pianificazione e gestione sostenibile atti a tutelare e conservare le risorse biologiche.

1.1.2 Definizione di monitoraggio e biomonitoraggio

Il monitoraggio, definito da Nimis (1999) come *l'analisi dei componenti degli ecosistemi reattivi all'inquinamento per la stima di deviazione da situazioni normali*, tende a controllare le deviazioni che si verificano in una situazione che si ritiene normale o di base, stabilendo i limiti di accettabilità dei risultati. È un processo di raccolta sistematica di dati, sia qualitativi che quantitativi, portato avanti con una procedura standardizzata e in un periodo di tempo necessario a raccogliere i dati previsti. Il monitoraggio oltre a fornire informazioni legate ad agenti inquinanti, intesi come fattori di disturbo in grado di condizionare situazioni normali, sarà in futuro sempre più utilizzato come strumento fondamentale per la valutazione degli adattamenti della natura ai cambiamenti climatici rapidi e dei tentativi adottati dall'uomo al fine di attenuare questi effetti (Lindenmayer e Likens, 2010).

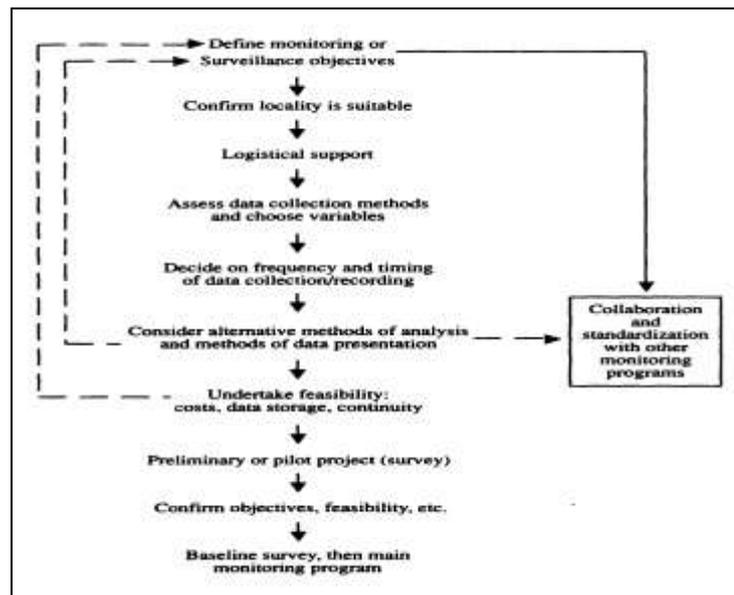


Figura 1: Schema di un programma di monitoraggio (da: Spellerberg, 1991).

Non esistono programmi di monitoraggio che possono definirsi perfetti, migliori e/o peggiori di altri, dato il loro vasto campo di applicazione, ma ad ogni modo essi possono essere sintetizzati nei seguenti passaggi (Fig.1) (Sartori, 1998; Spellerberg, 1991):

- definizione dell'obiettivo e scelta dell'area di studio;
- selezione degli indicatori chiave del fenomeno che si vuol cogliere in base agli obiettivi prefissati;

- scelta delle variabili e definizione di una scala di valori di riferimento;
- disegno dei punti di controllo e organizzazione della rete di distribuzione territoriale del monitoraggio (la distribuzione spaziale dei bioindicatori deve essere tale da cogliere tutte le possibili sfumature del fenomeno);
- stesura di un piano esecutivo, con definizione dei tempi di raccolta dei dati e della durata dell'azione,
- raccolta e interpretazione dei dati o dei campioni e definizione di una soglia limite oltre la quale prevedere eventuali decisioni operative di intervento in corso di monitoraggio;
- valutazione finale.

Secondo Lindenmayer e Likens (2010) esistono altri modi per classificare un programma di monitoraggio: uno definito *passive monitoring*, uno *mandate monitoring* e altri definiti *question driven monitoring* e *adpatative monitoring* (Lindenmayer *et al.*, 2011). Entrambi quest'ultimi si basano su modelli concettuali (*conceptual model*) che servono a descrivere schematicamente il modo con cui alcuni elementi chiave e processi ecologici tipici di un ecosistema o di una popolazione possano interagire ed influenzarsi tra di loro (Lindenmayer e Likens, 2010) in differenti situazioni.

Nel contesto ambientale esistono due tipologie di monitoraggio di cui una legata principalmente a parametri chimico-fisici e l'altra a quelli biologici.

Si parla di monitoraggio chimico-fisico quando si vuole ottenere una misura puntuale di un parametro presente all'interno di una matrice di origine ambientale (aria, acqua, suolo). Questa metodologia, che viene principalmente impiegata per l'individuazione e il controllo di disturbi legati a sostanze inquinanti e/o a sorgenti di inquinamento, necessita di strumentazioni tecnologicamente avanzate e spesso costose (vedi in Cotecchia, 1998). Tuttavia, sia su scala nazionale che internazionale, negli ultimi anni è emersa l'esigenza di affiancare, alle misurazioni di tipo chimico-fisico, altre metodologie legate alla componente biologica, evidenziando come la biodiversità, intesa come prodotto delle alterazioni fra evoluzione biologica e variazione dei parametri ambientali, non dipenda solo dagli agenti inquinanti (Biagini *et al.*, 2006), ma anche da stimoli interni ed esterni (Lindenmayer e Likens, 2010).

Nasce così il monitoraggio biologico o biomonitoraggio che è un processo di metodiche, ben definite, applicate ad una matrice complessa al fine di identificare e/o

controllare, attraverso la componente biotica (ed in particolar modo attraverso organismi sensibili) lo stato di alcuni parametri ambientali. Il biomonitoraggio può inoltre essere definito attivo o “memoria presente” quando il bioindicatore viene introdotto nell’ambiente che si vuole valutare, oppure passivo o “memoria passata” quando si utilizzano bioindicatori già presenti nell’ambiente preso in esame (Nali e Lorenzini, 2007; Cenci, 1999).

Il processo di biomonitoraggio viene espresso attraverso due principali tecniche:

- la tecnica di bioaccumulo, strettamente legata all’utilizzo delle analisi chimiche, misura la concentrazione di alcune sostanze presenti in organismi in grado sia di assorbirle che di accumularle;
- la tecnica di biodiagnosi rappresenta invece la *lettura di un cambiamento della struttura o della funzione dei processi biochimici o cellulari, indotto da un contaminante o un’alterazione del sistema e può essere quantificata* (Menta, 2008). Essa si basa puramente su misure biologiche e si applica allo studio delle modificazioni morfologiche, fisiologiche o genetiche a livello di organismo, di popolazione o di comunità al fine di stimare gli effetti delle variazioni ambientali sulle componenti sensibili degli ecosistemi (A.N.P.A., 2001).

La correlazione tra biomonitoraggio e i sistemi di monitoraggio strumentale consente di ottenere risultati migliori in grado di fornire informazioni sullo stato dell’ambiente o dei singoli ecosistemi presi in considerazione. Il biomonitoraggio, rispetto alla rilevazione strumentale, oltre ad essere una metodica più economica ha il vantaggio di poter dare indicazioni su parametri non misurabili strumentalmente, come la complessità biologica, il valore ecologico, la qualità delle trasformazioni dinamiche delle comunità. Inoltre, esso è anche in grado di fornire informazioni su più fattori inquinanti o di stress. D’altro canto la valutazione strumentale ha il vantaggio di poter essere utilizzata durante tutto l’anno e di fornire sempre dati coerenti al tipo di misurazione fatta (Sartori, 1998).

1.1.3 Il biomonitoraggio forestale

In ambito forestale il biomonitoraggio può essere considerato uno strumento indispensabile per il controllo dello stato e della dinamica dell’ecosistema. Esso può rappresentare un valido aiuto per ampliare le conoscenze sulla complessità del sistema finalizzate a una sua gestione sostenibile.

Il monitoraggio delle foreste (Ferretti, 1998) può essere distinto principalmente in:

- monitoraggio estensivo, quando si rilevano pochi parametri su molti punti di campionamento;
- monitoraggio intensivo, quando al contrario si considerano molti parametri (biotici e abiotici) su un limitato numero di campioni.

Il bosco che può essere considerato un sistema biologico complesso e adattativo (Ciancio e Nocentini 1996; Ciancio *et al.*, 1999), viene sottoposto a molteplici fattori di stress che possono determinare differenti risposte dell'ecosistema stesso. È quindi importante indagare questi adattamenti con molteplici indicatori (organismi, processi, condizioni ambientali) anche non direttamente connessi alle condizioni degli alberi per avere una conoscenza più completa (olistica) del sistema biologico. Anche in ambito europeo sono stati introdotti concetti e metodi di monitoraggio (Regolamento Unione Europea 1091/94) riguardanti prevalentemente la componente forestale per quel che concerne il controllo degli inquinanti atmosferici, i cambiamenti climatici, le variazioni dei livelli di biodiversità (Programma ICP Forests; www.icp-forests.org/) a cui l'Italia ha partecipato con vari programmi come per esempio CONECOFOR (Rete Nazionale per il Controllo degli Ecosistemi Forestali), FUTMON (<http://www.futmon.org/>) e FOREST FOCUS (Regolamento U.E. n. 2152/2003).

1.1.4 Bioindicatori e indici biologici

Nel linguaggio corrente i termini *indicatore* ed *indice* sono spesso considerati sinonimi. Tuttavia, mentre il primo deriva dal latino tardo "*indicator*" (Duro, 1987), ovvero "chi indica", il secondo deriva dal latino "*index*", ovvero "qualsiasi cosa che serva ad indicare, rilevare". Nell'ambito dell'attività di monitoraggio e/o biomonitoraggio i due termini esprimono due concetti differenti che però sono strettamente correlati fra loro: un indicatore per formulare un indice deve essere in grado di fornire informazioni originali ed utilizzabili.

Gli indici ambientali o biotici sono un'espressione numerica dell'ampiezza ecologica di un dato organismo rispetto ad un dato fattore ecologico e/o di disturbo, in grado di fornire informazioni sintetiche sulla qualità dell'ambiente (Spellerberg, 1991). Gli indici ambientali possono essere espressi da un solo numero, che rappresenta l'optimum ecologico di una specie, o da più valori numerici posti su una scala ordinata, ed in

questo caso viene espresso il suo spettro di tolleranza ecologica. Gli indici biotici, nel nostro Paese, sono ampiamente usati nei programmi di monitoraggio ambientale e riguardano il biomonitoraggio dell'aria, come l'Indice di Biodiversità Lichenica (A.N.P.A., 2001), dell'acqua, come l'Indice Biotico Esteso (Ghetti, 1997) o l'Indice di Funzionalità Fluviale (Siligardi e Maiolini, 1990) e del suolo, come l'Indice di Qualità Biologica del Suolo-artropodi (Parisi, 2001, Parisi *et al.*, 2005), l'Indice di Qualità Biologica del Suolo-Collemboli (Parisi, 2001; Parisi, 2007) e l'Indice di maturità dei nematodi (Bongers, 1990).

Il processo di biomonitoraggio necessita quindi dell'utilizzo di bioindicatori in grado di fornire informazioni sullo stato ecologico di un ecosistema/habitat e sulle sue eventuali alterazioni. Nel corso del tempo questo termine ha assunto maggior rilievo non solo in campo scientifico, ma anche a livello culturale, originando definizioni sempre più complete e adatte ad esprimere lo stretto legame che esiste fra l'ambiente ed i sistemi biologici che lo costituiscono.

Una prima definizione di bioindicatore fu fornita da Iserentant e De Sloover già nel 1976. Secondo i due studiosi un bioindicatore può essere inteso come: *un organismo o sistema biologico usato per valutare una modificazione – generalmente degenerativa – della qualità dell'ambiente, qualunque sia il suo livello di organizzazione e l'uso che se ne fa. Secondo i casi il bioindicatore sarà una comunità, un gruppo di specie con comportamento analogo (gruppo ecologico), una specie particolarmente sensibile (specie indicatrice), oppure una porzione di organismo, come organi, tessuti, cellule o anche una soluzione di estratti enzimatici.*

Un buon bioindicatore, per essere definito tale, deve presentare contemporaneamente più requisiti che possono variare con la sua natura, con il tipo di risposta che è in grado di esprimere, con il tipo e la durata di alterazione ambientale che si intende rilevare. Per questo esso deve risultare sensibile agli agenti inquinanti e/o di disturbo, avere un *optimum* ecologico noto, un'ampia distribuzione nell'area di studio, scarsa mobilità, un lungo ciclo vitale e uniformità genetica (A.N.P.A., 2001; Fossi, 2000).

Esistono differenti tipologie di bioindicatori che forniscono differenti risposte alle variazioni ambientali:

- *Biomarkers*: sono indicatori del livello di variazione, indotto da un contaminante, che alcuni organismi possono subire. Esso è in grado di determinare un rischio tossicologico fornendo informazioni sia qualitative che semiquantitative a livello biochimico, fisiologico e molecolare come per

esempio le alterazioni del DNA o le modificazioni dell'attività enzimatica (Bayne *et al.*, 1985; McCarthy e Shugart, 1990).

- *Bioaccumulatori*: sono organismi che presentano la capacità di accumulare sostanze correlate all'ambiente in cui vivono. La misura delle concentrazioni di sostanze tossiche all'interno di un organismo può essere utilizzata per determinare il livello di contaminazione raggiunto nel tempo dall'ecosistema (aria, acqua, suolo), e può considerarsi uno strumento fondamentale per formulare dei criteri di qualità delle risorse naturali (Bacci e Marchetti, 1998). Un accumulatore deve presentare una elevata capacità di accumulo e tolleranza verso gli agenti inquinanti a cui sono sottoposti e può fornire delle risposte che possono avere anche una rilevanza storica.
- *Bioindicatori*: organismi sensibili a determinati agenti di disturbo che sono in grado di fornire risposte chiare e quantificabili alle variazioni del loro habitat. A seconda del loro livello di organizzazione biologica, e del tempo di esposizione al disturbo, i bioindicatori sono in grado di fornire differenti risposte. Esistono sia bioindicatori con un basso livello di organizzazione biologica che sono usati soprattutto come sensori e sono considerati un vero e proprio strumento di rilevamento, sia bioindicatori di scarsa o nulla mobilità, che sono generalmente usati come test per dare risposte omogenee agli stimoli ambientali. I bioindicatori possono essere introdotti dall'uomo nell'ambiente che si vuole studiare o essere già presenti in natura ed in questo caso possono fornire informazioni di massima che però necessitano un approccio interpretativo di tipo olistico e multidisciplinare poiché il segno di risposta potrebbe essere condizionato dalla concomitante presenza di altre azioni di stress ambientale non direttamente collegate con quella che si intende rilevare (Sartori, 1998).

I bioindicatori possono essere usati a differenti scale di grandezza e complessità. A livello di ecosistema è possibile fare un'analisi delle reti trofiche e delle fluttuazioni delle popolazioni o una stima sulla produttività. A livello di popolazione è possibile analizzarne il tasso di mortalità/sopravvivenza, il tasso di riproduzione, l'abbondanza, la biomassa e il comportamento. A livello di comunità invece le analisi ecologiche possono essere mirate a valutare oltre che l'abbondanza anche la biomassa delle singole specie, la densità degli organismi, la distribuzione e la diversità delle specie (Blasi, 2009).

1.2 La fauna edafica quale strumento per il biomonitoraggio

1.2.1 Definizione di fauna edafica

Il suolo è uno tra gli habitat con maggior biodiversità e densità numerica di organismi della Terra (Giller *et al.*, 1997), basti pensare che in un solo metro quadrato di suolo di foresta europea di faggio possono essere presenti oltre 1000 specie di invertebrati (Schaefer e Schauer mann, 1990) (Fig.2).

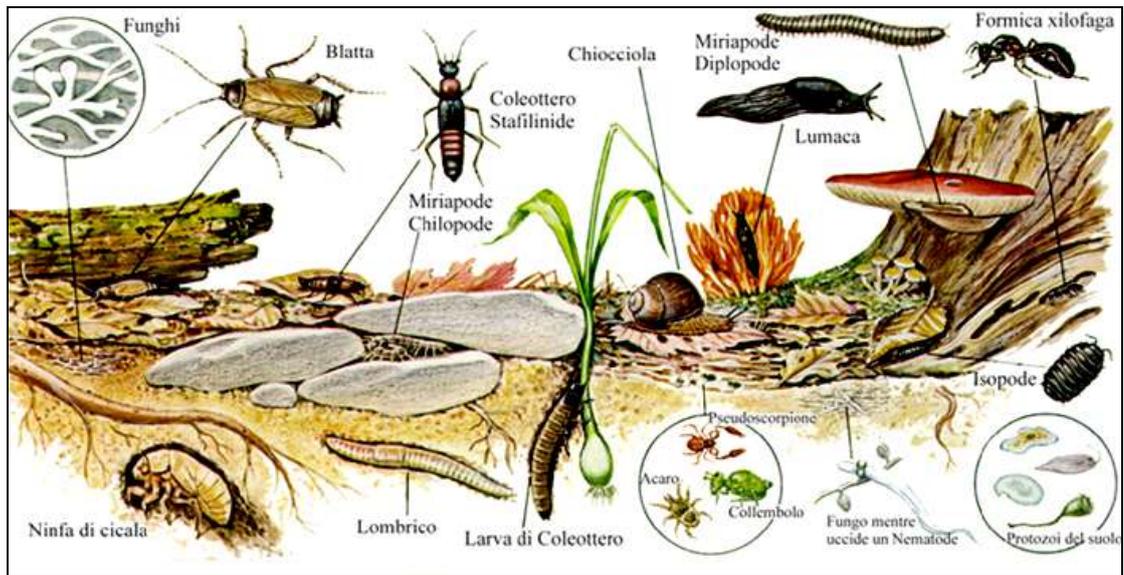


Figura 2: Esempificazione degli organismi edafici.
(da: <http://www.ambiente.parma.it/allegato.asp?ID=703543>).

Dato l'elevato grado di biodiversità presente in ambienti forestali non risulta semplice descrivere tutte le componenti ad essa legate (Marcot, 1997), ma alcuni studi, rivolti alla microfauna edafica, ed in particolare ai microartropodi, riportano che il massimo grado di biodiversità si riscontra proprio in ambienti boschivi, per lo più caratterizzati da suoli maturi (Blasi, 2009; Fiordigigli, 2009; Leoni, 2008) rispetto ad ambienti meno conservati.

La maggior parte degli organismi che popolano il suolo appartengono alla microflora (batteri, attinomiceti, funghi, alghe) ed in parte minore, alla pedofauna (Menta, 2008; Dindal, 1990; Lal, 1991) (Tab.1).

La microflora che risulta una delle componenti più rilevanti della biomassa del suolo, influisce sulle sue caratteristiche biologiche, regolandone i processi biochimici che ne determinano le proprietà nutrizionali.

Tabella 1: Gerarchia della taglia e dell'abbondanza degli organismi edafici (da: Dindal, 1990; Lal, 1991).

Classe	Esempi	Biomassa (gm ⁻²)	Lunghezza (mm)	Popolazione (m ⁻²)
Microflora	Batteri, funghi, alghe, attinomiceti	1-100	Non applicabile	106-1012
Microfauna	Protozoi	1,5-6,0	0,005-0.2	106-1012
Mesofauna	Nematodi, artropodi, enchitreidi, acari, collemboli	0,01-10	0,2-10	102-107
Macrofauna	Insetti	0,1-2.5	10-20	102-107
Megafauna	Lombrichi	10-40	≥ 20	0-103

Essa è costituita da (Paul e Clark, 1996):

- *batteri*: organismi eterotrofi e autotrofi che possono essere considerati i più numerosi microrganismi del suolo (Paul e Clark, 1996);
- *attinomiceti*: organismi procarioti con morfologia tipicamente fungina molto importanti per i processi di degradazione della sostanza organica (Menta, 2008);
- *funghi*: organismi eterotrofi di dimensioni variabili, possono costituire sino al 70-80% dell'intera biomassa microbica (Miller e Lodge, 1997), la cui funzione principale è quella di degradare un'ampia gamma di sostanze organiche. Essi possono vivere in simbiosi con le radici delle piante o anche come organismi patogeni di vegetali e animali;
- *alghe/microalghe*: organismi autotrofi, unicellulari e pluricellulari che possono costituire circa il 27% della biomassa microbica (McCann e Cullimore, 1979). Esse sono coinvolte nel mantenimento della fertilità del suolo svolgendo per lo più la loro attività biologica come la produzione di ossigeno (Bold e Wynne, 1978), fissazione dell'azoto atmosferico, incorporazione del carbonio organico (Biagini *et al.*, 2006) negli strati più superficiali del suolo.
- *virus*: entità biologiche parassiti obbligati di piante, animali, batteri e occasionalmente funghi (Lavelle e Spain, 2001) che svolgono un importante ruolo di controllo degli equilibri tra le diverse popolazioni di batteri presenti nel suolo.

La pedofauna può essere invece classificata principalmente secondo 3 criteri:

- per dimensione (microfauna, mesofauna, macrofauna, megafauna);

- per funzioni ecologiche legate al ciclo biologico (geofili, geobionti);
- per ruolo trofico (decompositori, detritivori, predatori).

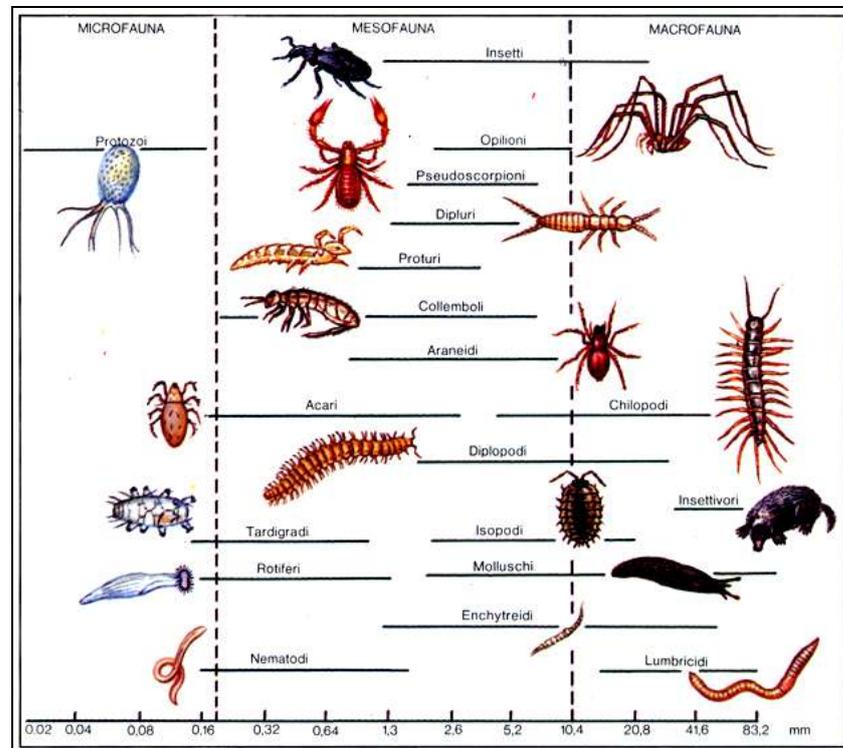


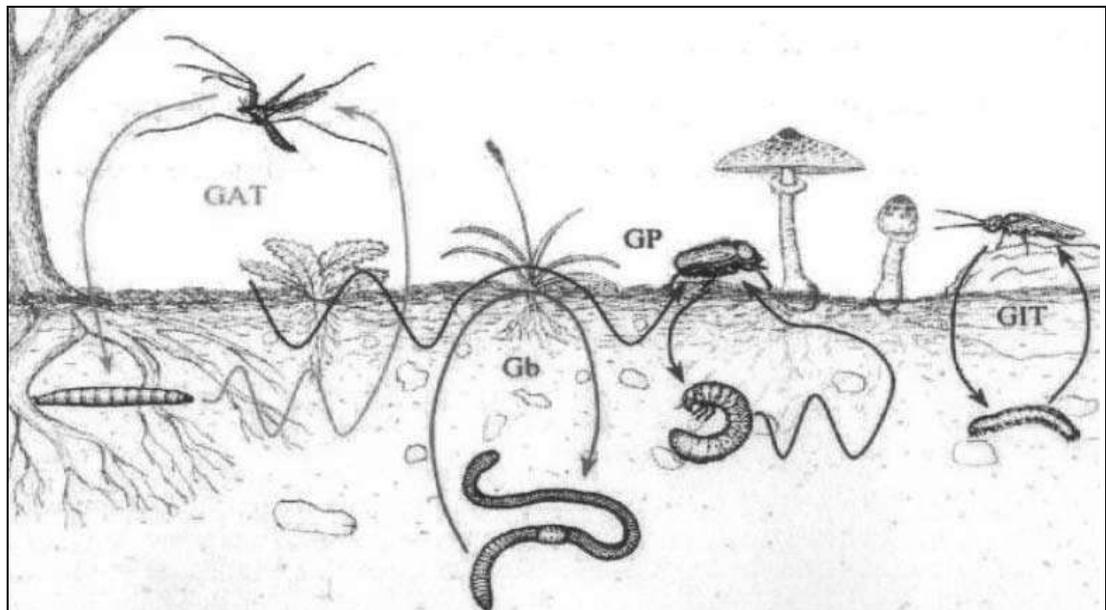
Figura 3: Schema di suddivisione degli organismi edafici per dimensione.
(da: <http://www.ambiente.parma.it/allegato.asp?ID=703543>).

Circa le dimensioni ed in particolar modo la lunghezza del corpo, gli organismi edafici possono essere suddivisi in 4 gruppi (Wallwork, 1970; Dindal, 1990) (Fig.3):

1. **la microfauna** (organismi di piccole dimensioni comprese tra i 20 e 200 μm) che comprende sia organismi unicellulari come i protozoi, sia organismi pluricellulari quali i nematodi, rotiferi, tardigradi oltre ad alcuni crostacei e copepodi. Questi organismi per vivere necessitano dell'acqua presente negli spazi interstiziali del terreno da cui assorbono l'ossigeno in essa disciolto (*hydrobios*). Essi rappresentano il gruppo numericamente piú grande della pedofauna;
2. **la mesofauna** (organismi le cui dimensioni sono comprese tra i 200 μm e i 2 mm) che è costituita prevalentemente da microartropodi, come per esempio gli acari e i collemboli, che ne sono anche i gruppi piú rappresentativi. Appartengono a questa categoria anche nematodi, rotiferi, piccoli araneidi,

opilionidi, pseudoscorpioni. Questi organismi vivono negli spazi interstiziali del terreno (*atmobios*).

3. **la macrofauna** (organismi dalle dimensioni che variano dai 2 mm ai 20 mm) che risulta meno numerosa per unità di superficie delle precedenti ed è costituita da lombrichi, molluschi, isopodi, miriapodi, alcuni aranei e dalla maggior parte degli insetti;
4. **la megafauna** (organismi di dimensioni maggiori di 20 mm) che è costituita da alcuni vertebrati come gli insettivori, i roditori, i rettili e gli anfibi. Sono compresi in questa categoria anche i lombrichi, i gasteropodi e i miriapodi di grandi dimensioni.



GAT Geofili attivi temporanei; **GP** Geofili periodici; **Gb** Geobionti; **GIT** Geofili inattivi temporanei.

Figura 4: Schema di suddivisione degli organismi edafici per funzionalità ecologica.

(da:<http://www.ambiente.parma.it/allegato.asp?ID=703543>).

Per quel che riguarda la funzionalità ecologica si possono distinguere quattro categorie prive però di valore tassonomico (Fig.4) (Menta, 2008; Jacot, 1940):

- *geofili inattivi temporanei*: organismi che soggiornano unicamente nel suolo per svernare o nella fase di pupa. Non hanno un ruolo rilevante sulle funzioni ecologiche del suolo dal momento che non manifestano una significativa attività all'interno dell'ambiente ipogeo;

- *geofili attivi temporanei*: comprendono numerose specie di insetti aerei come i coleotteri, i ditteri ed i lepidotteri le cui larve vivono nel suolo. Durante la fase di pupa questi organismi non contribuiscono in modo significativo alle funzioni del suolo, mentre durante lo stadio larvale il loro contributo risulta attivo per quel che riguarda il processo di decomposizione. Questi organismi sono anche detti *edafoxeni*;
- *geofili periodici*: organismi che conducono una fase del ciclo biologico (generalmente quella larvale) all'interno del suolo. Nella fase adulta abbandonano il suolo pur mantenendo periodicamente dei rapporti con esso. Ciò avviene per la deposizione delle uova, per il nutrimento e per sfuggire a condizioni climatiche sfavorevoli. Fanno parte di questo gruppo di organismi molti coleotteri come ad esempio gli scarabeidi, i carabidi ed i cicindelidi.
- *geobionti*: organismi fortemente legati al suolo. Essi sono incapaci di abbandonarlo, anche solo temporaneamente, in quanto hanno caratteristiche morfologiche che non consentono loro di sopravvivere in ambienti epigei. I gruppi che più rappresentano gli organismi geobionti o edafobi, sono i collemboli, i dipluri e i proturi. Tuttavia, appartengono a questo gruppo anche i miriapodi, gli isopodi, gli acari e i molluschi.

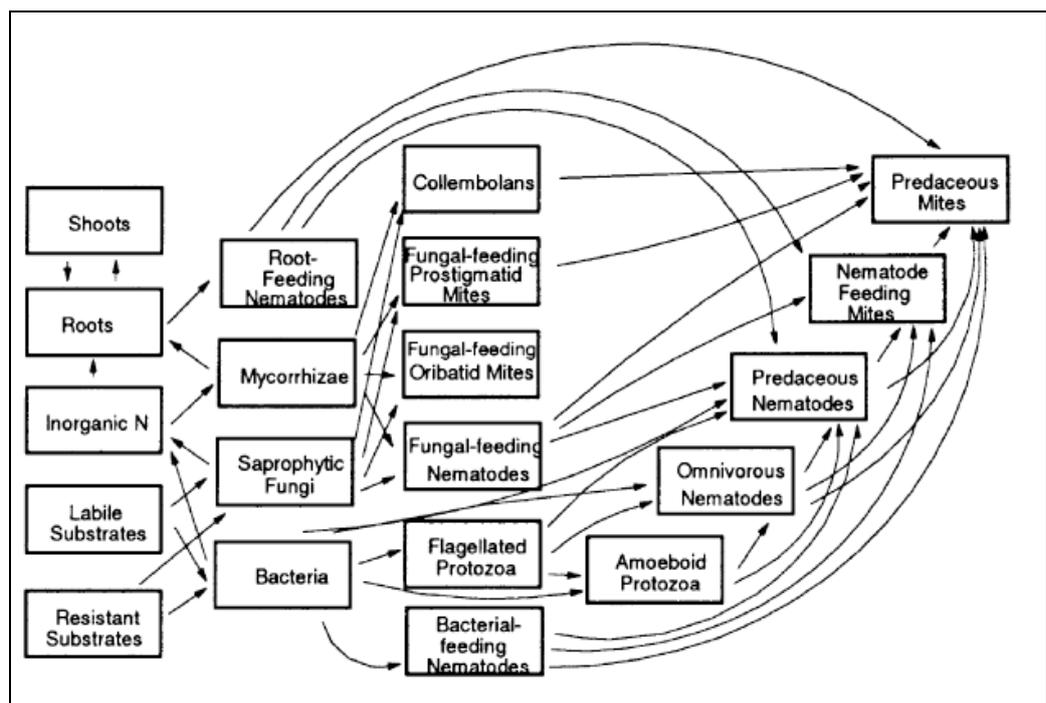


Figura 5: Esempio di catena trofica degli organismi edafici in un prato (da: Moore e de Ruiter, 1991).

La classificazione all'interno del suolo secondo il ruolo trofico (Moore e De Ruiter, 1991) (Fig.5) prevede, invece, tre tipologie di organismi:

- *decompositori*, ovvero un insieme di organismi appartenenti a più specie che con la loro azione possono portare alla decomposizione del materiale organico (ad esempio i protozoi ed i nematodi);
- *detritivori*, ovvero un gruppo eterogeneo di organismi che utilizzano per il loro sostentamento i residui organici di origine animale o vegetale, già parzialmente degradati, e presenti nel suolo;
- *predatori* ovvero organismi che si nutrono di altri organismi.

La grande biodiversità di microrganismi presente nel suolo consente di formulare altre tipologie di classificazioni. Oltre a quelle già elencate si possono infatti rilevare:

1. la classificazione basata sul tipo di locomozione, che suddivide i microrganismi in nuotatori, reptanti e scavatori;
2. la classificazione basata sulla profondità del suolo in cui vivono i microrganismi.

Quest'ultima tipologia suddivide la pedofauna in due gruppi (Bullini *et al.*, 1998; Nannipieri, 1993):

- *euèdaphon*, costituito da organismi che occupano la fascia del suolo minerale e quindi non raggiunta dalla luce;
- *emièdaphon*, costituito da organismi che occupano la fascia di suolo organica.

L'*emièdaphon* viene poi suddiviso in *epièdaphon*, comprendente organismi che vivono negli strati più superficiali, e in *hiperèdaphon*, comprendente organismi che occupano lo strato erbaceo.

1.2.2 Il ruolo della pedofauna nel suolo

Si può affermare che la pedofauna abbia un ruolo funzionale di rilievo nella conservazione degli equilibri del suolo.

Essa infatti interviene non solo nella creazione e nel mantenimento della struttura della sostanza organica, ma partecipa attivamente al suo processo di decomposizione e traslocazione, influenzando così il riciclo dei nutrienti ed anche il controllo della microflora e della microfauna (Nannipieri, 1993). Secondo alcuni autori (Moore *et al.*,

1988) gli artropodi del suolo sono inoltre importanti mediatori della stabilità delle reti trofiche.

Oltre a queste funzioni alla fauna edafica viene attribuita anche la capacità di rilasciare nutrienti sia in forma organica che inorganica (Anderson *et al.*, 1981) Secondo Reichle (1977), la presenza o assenza dei microartropodi, influisce sul rilascio continuo e regolare di minerali disponibili per la vegetazione, contrapponendosi alla perdita degli stessi da parte del sistema. Se infatti tali perdite non fossero compensate da un continuo rinnovamento di nutrienti si osserverebbe una rapida riduzione della fertilità del terreno. Dal punto di vista fisico l'azione di scavo, o bioturbazione, che alcuni *taxa* edafici compiono per spostarsi nel substrato, favorisce la creazione di spazi all'interno del suolo incrementando la porosità dello stesso e apportando effetti positivi sull'attività microbica, sulla ritenzione idrica e sui processi di percolazione (Menta, 2004).

1.2.3 I microartropodi edafici

In questa tesi vengono analizzati i microartropodi edafici che appartengono alla classe dimensionale della mesofauna. Sono un insieme di organismi altamente diversificati, sia dal punto di vista ecologico sia da quello morfologico, che non presenta alcun valore filogenetico (Leoni, 2008). Definire compiutamente le comunità di microartropodi edafici è molto complesso, soprattutto per le molte differenze che si possono osservare tra le specie di uno stesso gruppo, e per le poche conoscenze in letteratura relative all'ecologia e all'etologia di alcuni *taxa*.

I *taxa* animali che vivono nel suolo, pur avendo origini filogenetiche differenti, presentano dei caratteri morfologici comuni legati all'adattamento alla vita ipogea come ad esempio la riduzione della lunghezza delle appendici (zampe, antenne), la perdita dei tegumenti inspessiti, l'anoftalmia, la depigmentazione, la miniaturizzazione, lo sviluppo di idrorecettori e chemiorecettori o l'allungamento e appiattimento del corpo (Bullini *et al.*, 1998).

Questi adattamenti, avvenuti per un processo di convergenza evolutiva, consentono di usare tali organismi anche come bioindicatori in quanto, oggi, l'attività di biomonitoraggio tende ad applicare un sistema di raggruppamento funzionale (A.N.P.A., 2001), piuttosto che un approccio tassonomico. Un valido esempio di approccio funzionale può essere proprio quello applicato dall'indice di Qualità Biologica del Suolo (QBS-ar) (Parisi 2001; Parisi *et al.*, 2005) che utilizza i

microartropodi edafici o, nel caso del QBS-c (Parisi, 2001; Parisi, 2007), i collemboli, come bioindicatori in base alla loro capacità di adattamento alla vita ipogea.

1.2.4 Bioindicatori e indici biologici del suolo

Nonostante la letteratura scientifica sui bioindicatori del suolo cominci all'inizio del secolo scorso (Kolkwitz e Marsson, 1902) è negli anni novanta che si è avuto un maggior sviluppo dei sistemi biologici per lo studio e la conservazione della matrice ambientale da parte degli studiosi del suolo (van Straalen, 1996).

Anche in Italia verso la fine degli anni novanta (1998) è stato creato un centro tematico C.T.N.T.S. (Centro Tematico Nazionale Territorio e Suolo) con l'incarico di occuparsi dell'individuazione degli indicatori e degli indici utili a descrivere la matrice suolo e delle linee guida per l'applicazione degli stessi.

La componente biologica dell'ecosistema edafico, prendendo parte a numerosi processi e funzioni del suolo (Nannipieri *et al.*, 1990; Smith *et al.*, 1993), può essere considerata un buon indicatore. Ne consegue che numerosi indici/indicatori si basano su varie tipologie di organismi edafici, per lo più rappresentati da microorganismi, micro e macro invertebrati.

Per quel che riguarda i microorganismi numerose sono le esperienze che hanno cercato di caratterizzare la qualità del suolo (Turco *et al.*, 1994) attraverso batteri, attinomiceti, alghe, funghi. La rapida capacità di risposta di questi organismi a condizioni di stress, naturale o esogeno, può essere stimata sia quantitativamente che qualitativamente (Ferrari *et al.*, 1998) con diverse tecniche che riguardano la valutazione della biomassa e della carica microbica, della diversità e della struttura delle comunità e le relazioni pianta-organismo (Menta, 2008).

Tra gli invertebrati i più utilizzati per il biomonitoraggio sono i nematodi, i lombrichi, le formiche e i microartropodi che sono i bioindicatori trattati più in dettaglio in questa tesi. Una più ampia descrizione dei bioindicatori che utilizzano gli invertebrati si può trovare nella pubblicazione del 2004 di Van Straaler. Di seguito verranno invece descritti i principali organismi che sono stati impiegati per formulare i più utilizzati indici biologici:

- 1) I nematodi, che appartengono alla microfauna del suolo, possono essere classificati in base alle abitudini alimentari (Yeates *et al.*, 1993) o in base

alle loro strategie di vita (Bongers, 1990). Quest'ultimo tipo di classificazione è alla base di un importante indice biologico (Nematode Maturity Index; Bongers, 1990) utilizzato per valutare le condizioni di maturità di un ecosistema edafico (Menta, 2008) calcolando la frequenza relativa di famiglie ad alto tasso riproduttivo, suddivise in cinque gruppi con differenti capacità di reagire alle perturbazioni ambientali (Neher e Darby, 2006). Altri due indici basati sui nematodi sono il Structure Index e l'Enrichment Index (Ferris *et al.*, 2001).

- 2) Gli oligocheti sono un gruppo di organismi appartenenti alla macrofauna edafica, indispensabili a mantenere una buona funzionalità del suolo. Essi sono stati classificati per la bioindicazione in virtù delle loro caratteristiche ecologiche di scavo (specie epigee, endogee, aneciche (Bouchè, 1977). Le proporzioni nel suolo di questi tre gruppi forniscono semplici ed efficaci bioinformazioni. Ad esempio, in condizioni di disturbo, le prime specie a scomparire sono quelle endogee (Paoletti, 1999). Altri metodi di classificazione dei lombrichi sono basati sul colore del corpo, sul tipo di alimentazione e sulla forma e dimensione (Paoletti, 1999).
- 3) Le formiche, altro gruppo appartenente alla macrofauna edafica, vengono impiegate come bioindicatori o bioaccumulatori di metalli pesanti. Andersen, nel 1995, le ha suddivise in gruppi funzionali ideati sulla base delle risposte delle specie allo stress, inteso come qualsiasi fattore limitante di produttività e al disturbo, quest'ultimo inteso come riduzione della biomassa (Andersen, 1995). I gruppi, a loro volta suddivisi in gerarchie di dominanza (dominanti, generaliste, opportuniste) possono fornire importanti bioinformazioni sulla qualità dell'ambiente. La presenza di un elevato numero di gruppi opportunisti, ad esempio, denota un elevato grado di stress o disturbo (Andersen, 1997; Biagini *et al.*, 2006)

Esistono poi numerosi altri esempi di indicatori appartenenti alla mesofauna edafica, rappresentati per lo più dai microartropodi, che sono utilizzati sia in indici complessivi come il QBS-ar e l'I.Q (Indice di Qualità) (Casarini *et al.*, 1990) sia in indici, focalizzati

su pochi gruppi tassonomici o funzionali, quali QBS-collemboli, il rapporto acari/collemboli (Bachelier, 1986) e acari oribatei/altri acari (Aoki *et al.*, 1977).

Recentemente la ricerca scientifica ha rivolto maggior attenzione allo studio degli invertebrati per la valutazione degli effetti di diverse strategie di gestione forestale (Humphrey *et al.*, 1999; Oliver *et al.*, 2000). Nonostante questo tipo di indagine richieda conoscenze altamente specifiche per ogni singolo gruppo tassonomico analizzato, molti sono gli esempi di biomonitoraggio in questo ambito.

A esempio, Rusek (1998), studiando le comunità di collemboli nelle foreste coltivate (piantagioni), ha riscontrato una riduzione della biodiversità (ricchezza e abbondanza) soprattutto per quel che riguarda le specie endemiche.

Meritano menzione anche gli studi di Grgic e Kos (2005) sui chilopodi in faggete dell'Europa centrale (Slovenia) che mostrano come le fasi successionali della foresta influenzino la densità di questo *taxa* che risulta più numeroso nelle prime fasi della successione. Si ricordano infine gli studi eseguiti sulle comunità di acari oribatei e collemboli. In questi la diversità di specie di acari diminuisce nelle foreste gestite rispetto a quelle naturali, mentre quelle di collemboli, al contrario, aumentano (Manh Vu e Nguyen 2000).

Anche gli isopodi sono stati studiati in ambienti boschivi. Tali indagini hanno evidenziato che i cambiamenti degli habitat causati dall'urbanizzazione sono in grado di ridurre il numero delle specie altamente specializzate, tipiche della foresta, rispetto a quelle generaliste tipiche dei suoli più antropizzati (Magura *et al.*, 2008).

I ragni sono stati utilizzati soprattutto nello studio degli impatti delle pratiche gestionali forestali e degli incendi sul suolo (Pearce e Venier, 2009), ma anche dei cambiamenti strutturali (Uetz, 1991) in boschi di abete rosso e frassino (Oxbrough *et al.*, 2005).

La specifica conoscenza richiesta nella determinazione dei gruppi sistematici sovente fa preferire l'utilizzo di indici complessivi che riducono le problematiche legate all'esatta posizione sistematica dei *taxa* esaminati. Nel secondo capitolo verrà esaminato in maggior dettaglio l'Indice di Qualità Biologica del Suolo che in campo forestale è già stato applicato per lo studio dell'impatto delle utilizzazioni in differenti tipologie di bosco nel centro Italia (Blasi, 2009) e della biodiversità nelle faggete italiane (Leoni, 2008; Fiordigigli, 2009).

1.3 Gli effetti degli incendi sull'ecosistema forestale

1.3.1 Gli incendi boschivi

Ai sensi della normativa nazionale in vigore (21 novembre 2000, n. 353, Legge quadro in materia di incendi boschivi) per incendio boschivo si intende: *un fuoco con suscettibilità a espandersi su aree boscate, cespugliate o arborate, comprese eventuali strutture e infrastrutture antropizzate poste all'interno delle predette aree, oppure su terreni coltivati o incolti e pascoli limitrofi a dette aree* (Art. 2).

Nella regione Mediterranea, il fuoco - se pur può essere considerato un fattore naturale che contribuisce alla modificazione del paesaggio (Gillson, 2009) e al mantenimento della varietà degli habitat e della biodiversità (Hadjibiros, 2001; Moreira *et al.*, 2001; Blondel, 2010) - rappresenta una delle maggiori minacce dell'ecosistema bosco (Trabaud, 1994; Whelan, 1995).

Per capire e comprendere quale importante ruolo abbia il passaggio del fuoco sui nostri ecosistemi forestali, basti pensare che nella sola regione Mediterranea, tra il 1995 e il 2004 sono bruciati più di 4 milioni di ettari di bosco (Barbati *et al.*, 2010). In Italia, nel decennio che va dal 2000 al 2010, ne sono bruciati quasi 417 mila ettari di cui più di 8 mila solo in Toscana (dati forniti dal C.F.S.). La regione Mediterranea è quella interessata dalla maggior percentuale (95%) di incendi di origine antropica nel mondo (FAO, 2007). In Italia, i dati riferiti al decennio 1997-2007 mostrano che il 59% è dovuto ad atti volontari, il 23% a cause non note, il 17% a negligenza e solo l'1% a cause naturali (Lovreglio, 2010).

Gli incendi, oltre ad essere ritenuti i maggiori responsabili della distruzione della massa legnosa di un bosco più di una qualsiasi altra calamità naturale (attacchi parassitari, insetti, agenti atmosferici) (Hadjibiros, 2001), sono in grado di condizionare la funzionalità dell'intero ecosistema (Neary *et al.*, 1999) in quanto l'azione del fuoco interessa tutte le sue componenti (biotiche ed abiotiche).

Gli effetti del fuoco sull'ecosistema forestale dipendono da numerosi fattori: la severità dell'incendio, l'intensità, la stagionalità, la frequenza, la superficie, la durata e l'intervallo tra gli incendi.

Per severità si intende il grado di cambiamento ecologico prodotto dall'impatto del fuoco sull'ecosistema (Morgan *et al.*, 2001; Robichaud *et al.*, 2000; Simard, 1991) mentre per intensità si intende la quantità di calore rilasciata per metro di fronte di

fiamma, in una data unità di tempo (Fox e Fox, 1987). Essa può essere influenzata dal clima, dalla topografia, dal carico, dalla distribuzione e dalla tipologia di combustibile (Whelan, 1995). Molto importanti sono anche la stagionalità, che è data dal periodo dell'anno durante il quale, in una data regione, vi è la maggior probabilità che si sviluppino un incendio (Trabaud, 1987), la frequenza, che dipende principalmente dal tempo necessario per accumulare combustibile dall'ultimo incendio e la frequenza di accensione (Whelan, 1995) ed, infine, l'intervallo tra gli incendi, che è dato dal tempo trascorso tra l'ultimo incendio avvenuto e quello precedente.

L'incendio boschivo, se pur si possa considerare un evento dinamico ed in continua evoluzione, si può distinguere in tre differenti tipologie: (i) l'incendio radente o di superficie, che interessa la lettiera, lo strato erbaceo e lo strato arbustivo, (ii) l'incendio di chioma e quello (iii) sotterraneo che può essere superficiale o profondo ed interessa radici e materiale organico presente nel sottosuolo (Fig.6) Gli incendi di superficie normalmente sono caratterizzati da intensità approssimativamente inferiori ai 2500 kWm^{-1} mentre quelli di chioma possono raggiungere intensità anche superiori (Giovannini e Marchi, 2009).

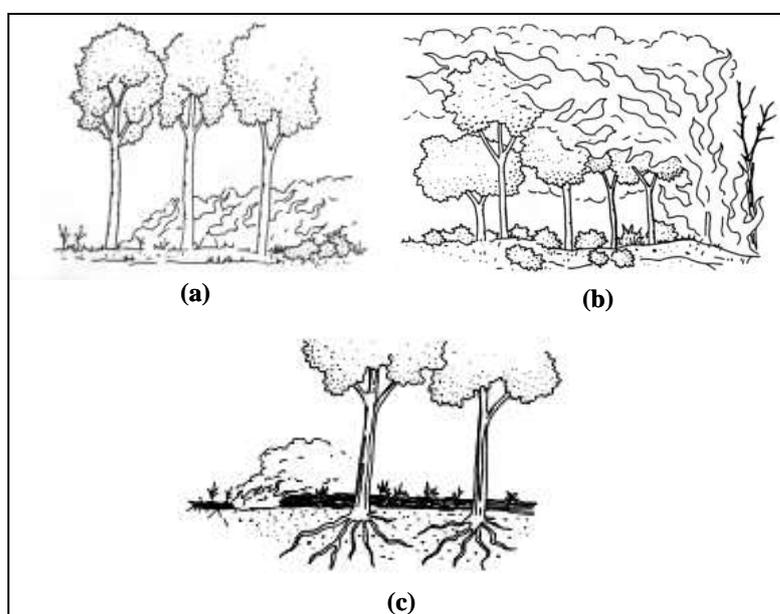


Figura 6: Tipologie di incendio: di superficie(a); di chioma (b), sotterraneo (c).
(da: <http://www.ambientediritto.it/Antincendio/FUOCO%20ED%20INCENDI.htm>).

1.3.2 Gli effetti del fuoco sulla vegetazione

Le conseguenze del passaggio del fuoco sulla componente vegetale sono numerose e possono variare significativamente sia tra incendi sia all'interno dell'incendio stesso

(Bovio, 2011 a). Tuttavia, l'aspetto maggiormente legato alla componente arborea è indubbiamente la severità del fuoco che può essere classificata in bassa, moderata o alta, a seconda dell'effetto provocato (Lentile *et al.*, 2005) (Tab.2).

Generalmente gli incendi di bassa o moderata severità provocano una selettiva mortalità degli esemplari arborei a seconda della specie e delle dimensioni di ogni individuo, mentre incendi di gravità maggiore causano la morte di tutti gli individui a prescindere da specie e dimensione (Turner *et al.*, 1994). Ciò nonostante la sopravvivenza delle piante all'incendio dipende sia dal loro grado di tolleranza sia dalla loro capacità di resistere al fuoco (Bovio, 2011 a). Le piante più grandi però sono indubbiamente quelle più resistenti al passaggio del fuoco grazie ad una corteccia più spessa, all'inserzione della chioma più alta e ad una maggiore capacità di dissipare il calore (Costa *et al.*, 1991).

Tabella 2: Classi di severità del fuoco (da: Bovio, 2011 a).

Severità	Tipo di incendio	Effetti del fuoco
Bassa	Radente	Meno del 25% della copertura bruciata, bassa mortalità di alberi; suolo poco bruciato.
Moderata	Misto	Più del 25% della copertura bruciata, 50% delle piante morte, suolo moderatamente bruciato.
Alta	Chioma	100% delle piante morte, strato erbaceo bruciato, suolo bruciato con strato minerale esposto.

Tuttavia è necessario ricordare che molti organismi sono in grado di tollerare le temperature raggiunte durante il passaggio del fuoco, ma soccombono a causa dello stress imposto dalle condizioni post-incendio (Whelan, 1995) che possono favorire inoltre il successivo insediamento di agenti patogeni (ad esempio insetti, funghi, ecc.). La frequenza del passaggio del fuoco influenza soprattutto la distribuzione nello spazio delle piante superstiti a seconda delle loro dimensioni, della loro tolleranza al calore e della loro infiammabilità (Marzano *et al.*, 2012) creando, inoltre, eterogeneità strutturale del popolamento. Dal punto di vista fisiologico, secondo Stephen (2002), gli effetti del fuoco sugli alberi e, in modo particolare, su foglie, germogli, steli e cambio, possono causarne la morte: una temperatura di 60 °C per un minuto è considerata letale per i tessuti vegetali. Secondo Costa e collaboratori (1991), invece, la mortalità della pianta dipende dalla percentuale di tessuto meristematico danneggiato.

Gli esempi riportati rappresentano solo due dei numerosi studi fatti per comprendere l'effetto che può avere il fuoco sulla vita e lo sviluppo degli alberi; esistono poi molti modelli matematici creati per spiegare la trasmissione del calore, provocato dall'incendio, all'albero (Dickinson e Johnson, 2001).

Oltre agli effetti maggiormente evidenti che coinvolgono la parte epigea della componente arborea, il passaggio del fuoco può provocare seri danni anche alla parte ipogea coinvolgendo i tessuti dell'apparato radicale (cambio, meristemi apicali, ecc.), anche se sono ancora pochi gli studi a riguardo (Giovannini e Marchi, 2009).

Gli effetti del fuoco sull'ecosistema e sulla vegetazione su scala temporale possono essere distinti in: immediati, a breve termine, a lungo termine (Fox e Fox, 1987). Nell'immediatezza si possono riscontrare effetti diretti sulla biomassa che nei primi mesi dopo il passaggio del fuoco risulterà ridotta, a seconda della gravità dell'evento e della componente vegetale interessata (radicale, erbacea, arbustiva, arborea). Nel breve termine, ossia nei primi "mesi-anni" dopo il passaggio del fuoco, si possono riscontrare cambiamenti nella successione, nella struttura e nella composizione della vegetazione che nel lungo periodo, dopo molti anni dall'evento, può subire altri cambiamenti ancora che possono portare ad una mescolanza di popolamenti in diversi stadi di successione (*mosaic fire* o *patch-mosaic burning*) (Bovio, 2011 a).

1.3.3 Gli effetti del fuoco sulle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche del suolo

La gravità del fenomeno incendio nell'area Mediterranea è ben nota. Tuttavia, nonostante siano presenti in letteratura numerosi studi e reviews, sono meno conosciuti i danni subiti dal suolo, sia dal punto di vista biologico, sia da quello chimico e fisico. Tra questi si ricordano: Almendros e González-Vila (2012), Bento-Gonçalves *et al.* (2012), Certini (2005), Davis (1959), DeBano (1990), DeBano (2000), DeBano *et al.* (1998), De Ronde (1990), Durgin (1985), Giovannini *et al.* (1988), González-Pérez *et al.* (2004), Keeley (2009), Mataix-solera *et al.* (2011), Neary *et al.* (1999), Pausas e Keeley (2009), Shakesby (2011), Viro (1974).

Gli effetti del fuoco sul suolo sono quasi sempre negativi e, come per la vegetazione, dipendono da numerosi fattori ambientali (condizioni climatiche, topografia, vento ecc.) che influenzano il processo di combustione, ma la durata e l'estensione di tali effetti

sulle proprietà del suolo dipendono soprattutto dalla severità (Certini, 2005) e dal tempo di residenza (Bovio *et al.*, 2007), oltre che dalla frequenza dell'evento (Whelan, 1995).

Le temperature che si raggiungono durante un incendio forestale generalmente si aggirano tra gli 800 e i 1000 °C (Weber *et al.*, 1995; DeBano, 1990), ma soltanto il 5% dell'energia calorifica liberata durante la combustione può essere trasferita al suolo (Packham, 1969). Sebbene il calore in un terreno umido venga trasportato più velocemente e può penetrare più in profondità, il calore latente di vaporizzazione impedisce alla temperatura di superare i 95-100 °C sino a che l'acqua presente nel suolo non sia del tutto evaporata (Aston e Gill, 1976; Campbell *et al.*, 1994). Terminato questo processo la temperatura al suolo potrà variare dai 200 ai 300 °C (Franklin *et al.*, 1997) a seconda di molteplici fattori ambientali (tipo di combustibile, velocità e durata del vento, tipo di terreno, temperatura dell'aria, contenuto di umidità) (Giordano, 2002). Secondo DeBano (2000), nei suoli minerali a 5 cm di profondità raramente si raggiungono temperature superiori ai 150 °C ed il riscaldamento non va oltre i 20-30 cm, anche se altri autori hanno rilevato (in suoli sabbiosi sotto eucalipti) temperature di 330 °C a 2,5 cm di profondità (Cromer e Vines, 1966) o di 900 °C in superficie (Humphreys e Lambert, 1965). Il surriscaldamento del suolo, dopo il passaggio del fuoco può durare da pochi minuti a diversi giorni (Certini, 2005), ma può essere anche indirettamente provocato dall'incurimento della superficie e dall'assenza di copertura vegetale che si viene a creare dopo l'evento (Giordano, 2002). I cambiamenti cromatici di un suolo percorso dal fuoco e la colorazione della cenere presente negli strati più superficiali possono essere utilizzati come indicatori della severità dell'incendio, in quanto strettamente collegati alle temperature raggiunte durante il processo di combustione (Bento-Gonçalves *et al.*, 2012; Parlak, 2011). Anche la conducibilità elettrica nel suolo può essere in parte condizionata dall'aumento della temperatura: infatti, mentre a 300 °C si riscontrano i valori massimi dovuti alla solubilità degli ioni, a temperature maggiori essa si riduce (Parlak, 2011).

Il pH, dopo il passaggio del fuoco, tende ad aumentare per effetto della denaturazione degli acidi organici, ma significativi cambiamenti si hanno solo a temperature che variano dai 450 a 500 °C (Certini, 2005) in cui avviene l'ossidazione dei metalli (Giovannini *et al.*, 1988). Alcuni studi effettuati da Blankenship e Arthur (1999) hanno riscontrato un aumento del pH dopo il passaggio del fuoco da 0,2 a 0,3 unità in soprassuoli misti di pino e querce, mentre Boerner e Brinkman. (2004) hanno trovato significativi aumenti (da 0,2 a 0,6 unità) dopo 2 o 4 incendi prescritti di bassa intensità

in soprassuoli di querce. Ulery e collaboratori (1993) hanno invece riscontrato, in boschi di conifere, un aumento del pH immediatamente dopo il passaggio del fuoco di circa tre unità. L'aumento del pH risulta comunque legato alla capacità della cenere di neutralizzare l'acidità del suolo attraverso il suo contenuto di ossidi, idrossidi e carbonati di Ca, Mg, K (Saarsalmi *et al.*, 2001; Khanna *et al.*, 1994) e tende a tornare ai livelli iniziali dopo circa 6 mesi (Jalaluddin, 1969).

Anche la struttura e la tessitura del suolo possono essere influenzate dal passaggio del fuoco. La stabilità della struttura può migliorare in incendi di bassa intensità grazie alla formazione di un film idrorepellente attorno alla superficie esterna degli aggregati (Mataix-Solera e Doerr, 2004), mentre può diminuire ad elevate temperature quando i colloidali vengono distrutti (Torri e Borselli, 2000).

La tessitura è una proprietà che viene influenzata indirettamente dal passaggio del fuoco, infatti i suoi cambiamenti sono dovuti perlopiù all'effetto della maggior erosione della frazione fine rispetto a quella più grossolana (Certini, 2005). Alcuni studi di laboratorio effettuati da Parlak nel 2011 hanno mostrato però che si possono verificare dei cambiamenti nella tessitura anche a temperature di 500 °C, mentre già a 400 °C si nota la scomparsa della struttura cristallina e dei colloidali argillosi. Anche secondo Ketterings e collaboratori (2000) elevate temperature sono in grado di modificare sia la composizione minerale sia la tessitura del suolo, ad esempio un minerale argilloso come la caolinite si disaggrega a temperature tra i 500 - 700 °C (Richardson, 1972), la gibbsite viene completamente distrutta a 200 °C (Rooksby, 1972) e la goethite si trasforma in ematite a circa 300 °C (Cornell e Schwertmann, 1996).

Un altro effetto degli incendi sulle proprietà fisiche del suolo è la riduzione della permeabilità dovuta alla formazione di uno strato idrofobico, che si forma generalmente nei primi 6-8 cm al di sotto della superficie, indipendentemente dalle caratteristiche del suolo e del grado di severità dell'incendio (Henderson e Golding, 1983; Huffman *et al.*, 2001). Questi strati, in condizioni di siccità, sono in grado di persistere nel terreno anche per qualche anno (DeBano, 1981) e la loro distribuzione disomogenea nello spazio, dovuta all'irregolare azione del fuoco, può creare un'alternanza di zone idrorepellenti e zone permeabili (Martin e Moody, 2001) che possono favorire i processi erosivi. Anche l'aumento della densità apparente per effetto del collasso degli aggregati organo-minerali (Giovannini *et al.*, 1988) e della ostruzione dei pori da parte sia della cenere sia dei minerali argillosi favorisce i processi di erosione.

Uno dei più importanti e studiati effetti del fuoco sulla componente chimica del suolo riguarda i cicli biogeochimici dell'azoto (N), del fosforo (P) e del carbonio (C), ma sono importanti anche i cambiamenti che si verificano nella disponibilità di calcio (Ca), sodio (Na), potassio (K), ferro (Fe), manganese (Mn), zinco (Zn) ecc. .

Dopo il passaggio del fuoco si può osservare un'immediata riduzione dell'azoto totale per effetto della volatilizzazione (Fisher e Binkley, 2000) che avviene ad una temperatura di circa 200 °C. La quantità di azoto totale che viene volatilizzato secondo Raison e collaboratori (1985) è direttamente proporzionale alla quantità di materia organica bruciata. La parte di azoto organico che rimane nel suolo subisce delle trasformazioni a seconda dell'intensità del fuoco e può trovarsi in forme altamente disponibili per le piante come per esempio l'ammonio (NH₄-N). Dopo il passaggio del fuoco la quantità di azoto tende a tornare alla normalità, ma sovente, anche per effetto della flora microbica, se ne possono riscontrare quantità maggiori e/o un minore rapporto Carbonio/Azoto (C/N) (Viro, 1974).

La quantità di fosforo totale, che viene persa per effetto della volatilizzazione (500 °C) (White *et al.*, 1973), o per lisciviazione, risulta minore rispetto all'azoto. Immediatamente dopo l'incendio si possono trovare nella cenere o sulla superficie del suolo elevate quantità di ortofosfati che sono l'unica forma di fosforo disponibile per la componente biotica (Certini, 2005). La biodisponibilità del fosforo è inoltre favorita dall'aumento dell'alcalinità del suolo e, secondo Sharpley (2000), è massima in suoli con pH pari a 6,5.

Sembra dunque che il fuoco determini una diminuzione della quantità totale di alcuni macroelementi (in particolare N e P), e che, allo stesso tempo, ne garantisca un aumento nelle forme disponibili per la vegetazione.

I cambiamenti che il fuoco può apportare al contenuto di materia organica nel suolo interessano differenti processi termo-chimici che avvengono a determinate temperature. I processi di distillazione e volatilizzazione del carbonio organico nel suolo avvengono tra i 100 e i 200 °C (Giovannini e Lucchesi, 1997), mentre al di sopra di queste temperature inizia un processo termico di carbonizzazione. Tra i 130 °C e i 190 °C si verifica la degradazione della lignina e delle emicellulose, mentre al di sopra dei 300 °C si verificano variazioni strutturali degli acidi umici e fulvici con l'aumento delle strutture aromatiche (Almendros *et al.*, 1990). Generalmente il passaggio del fuoco

porta alla formazione di humus definiti piromorfi che sono meno disponibili alla degradazione microbica.

Sebbene il fuoco influenzi in modo minore i cicli biogeochimici di alcuni elementi (K, F, Ca, Mn, Zn ecc.), il loro comportamento dopo il passaggio del fuoco è stato studiato da diversi autori, tra cui si ricorda Smith (1970). Dai suoi studi emerge che vi è un aumento del potassio solubile pari al 365% nella cenere e nella materia organica non bruciata immediatamente dopo l'incendio (dopo 4 giorni), mentre si nota una diminuzione della concentrazione negli orizzonti organici (H-L) nei 13 mesi successivi. L'autore riscontra lo stesso trend per il calcio e per il sodio, che però viene calcolato solo per gli orizzonti H-L.

In generale si può affermare che subito dopo il passaggio del fuoco la disponibilità della maggior parte dei nutrienti aumenta per poi tornare ai livelli iniziali in tempi abbastanza rapidi, soprattutto per l'effetto dell'erosione dell'acqua (Thomas *et al.*, 1999) o di altri agenti atmosferici. Grier (1975) ad esempio, ha osservato che più del 90% del calcio e del potassio presente nella cenere veniva disciolto o trasportato via con la prima pioggia.

Uno dei primi effetti del fuoco che si può invece osservare sui microorganismi del suolo è la riduzione della loro biomassa in proporzioni maggiori per quel che riguarda i funghi rispetto ai batteri (Rutigliano *et al.*, 2002; Dunn *et al.*, 1985), determinando così una riduzione della componente enzimatica, sebbene non vi sono molti studi a riguardo (Fioretto e Papa, 2008).

Le risposte delle comunità microbiche al passaggio del fuoco dipendono da molteplici fattori tra cui l'intensità del fuoco, la durata, la massima temperatura raggiunta, il tenore idrico, la profondità di surriscaldamento (DeBano, 1990). Incendi molto intensi sono in grado di sterilizzare temporaneamente il suolo, mentre incendi di minor entità possono modificare solo in misura ridotta le comunità microbiche e la loro attività biologica (Fioretto e Papa, 2008) se pur significativi cambiamenti nella struttura (ricchezza di specie ed *Evenness*) sono stati osservati da Kennedy e Egger (2010) in suoli sottoposti ad incendi di lieve intensità. Prima che le comunità microbiche tornino alle condizioni iniziali possono passare anche molti anni: per gli incendi di bassa intensità il recupero può avvenire nell'arco dei due anni, mentre, per quelli di maggior gravità, sono state riscontrate delle riduzioni della biomassa microbica coinvolta nel ciclo del carbonio anche dopo 7 anni (Ivanova *et al.*, 2011). Le temperature letali o che alterano la capacità

riproduttiva dei microorganismi variano tra i 50 e i 250 °C a seconda della specie microbica (Covington e DeBano, 1990).

Gli effetti del passaggio del fuoco sulla meso- e macrofauna edafica sono meno marcati rispetto a quelli che si verificano sulle comunità microbiche. Gli invertebrati legati al suolo hanno infatti una maggior capacità di movimento che consente loro di sfuggire alle fiamme rifugiandosi negli strati più profondi. Prove di laboratorio effettuate per simulare il calore generato in un incendio forestale hanno dimostrato però che in un suolo sottoposto a temperature tra i 30 °C e i 40 °C, per differenti intervalli di tempo (1-4-12 ore), vi è un'evidente riduzione del numero di microartropodi (*Acarina*, *Collembola*, *Protura*). Essi hanno mostrato una diversa tolleranza ai cambiamenti di calore a seconda della specie e dello stadio di sviluppo. Alcuni collemboli possono sopravvivere anche sino a 48 °C (Thibaud, 1977 a, b), mentre taluni acari oribatei sino a 45 °C (Madge, 1965), ma nessun gruppo resiste ad una temperatura di 60 °C che è la soglia di sopravvivenza attribuita da Stephen (2002) ai tessuti vegetali. I collemboli ipogei risultano più sensibili al calore rispetto a quelli epigei (Thibaud, 1977 a, b) mentre gli organismi adulti hanno maggior resistenza rispetto a quelli giovani (Malmström, 2008). Inoltre, gli effetti indiretti degli incendi ed in particolar modo la diminuzione della lettiera possono provocare una riduzione sia della massa totale sia del numero di specie, oppure possono causare cambiamenti nella struttura delle comunità edafiche (Certini, 2005).

Il verificarsi di un incendio all'interno di un ecosistema forestale, come si è visto, è un evento che interessa molteplici componenti. Poiché il tipo di risposta cambia a seconda dello stress subito, sovente in natura, dopo il passaggio del fuoco, si hanno situazioni di ripristino molto diversificate sia nello spazio, sia nel tempo. Questo fa sì che in aree percorse da incendio si venga a creare una specie di mosaico di zone, più o meno danneggiate dal passaggio del fuoco, che interessa anche il suolo.

1.3.4 I bioindicatori del suolo dopo l'incendio

Gli organismi viventi che possono essere utilizzati per il biomonitoraggio di un suolo percorso da incendio sono generalmente invertebrati e possono essere rappresentati sia dalla macrofauna, sia dalla meso- o microfauna edafica. La maggior parte dei bioindicatori appartengono però al *phylum* degli artropodi, sebbene anche i nematodi

(Matlack, 2001) e gli anellidi (Collett *et al.*, 1993; Bhadauria *et al.*, 2000) siano stati utilizzati per indagare i cambiamenti subiti dai suoli sottoposti a stress termici.

Tra gli artropodi i ragni sono stati utilizzati come bioindicatori per valutare l'influenza che può avere il fuoco sulla loro abbondanza totale e sul loro numero di specie. È emerso che un sensibile aumento della temperatura provoca una riduzione di entrambi questi parametri, evidenziando anche una maggior capacità di adattamento di alcune specie rispetto a quelle più stenoecie e stenoterme (Pearce e Venier, 2006; Langlandsa *et al.*, 2006; Niwa e Peck, 2002). Anche i coleotteri (Hyvärinen *et al.*, 2005) e le formiche (Underwood e Christian, 2004; Vanderwoude *et al.*, 1997; Andersen, 1991; Andersen e Yen, 1985) sono stati usati per biomonitorare i suoli bruciati ed anche in questi casi sono emerse differenze significative tra le comunità esaminate prima dell'incendio e dopo il passaggio del fuoco. Nonostante il ciclo biologico di questi *taxa* sia legato all'ambiente edafico, è importante evidenziare la loro minor vulnerabilità al surriscaldamento del suolo per via della loro maggiore capacità di movimento (Evans *et al.*, 1991).

Nei suoli percorsi da incendio le comunità di microartropodi sono perlopiù analizzate nel loro complesso, privilegiando più i *taxa* maggiormente abbondanti nel suolo come gli acari (Camann *et al.*, 2008), i collemboli (Dindal e Metz, 1977; Huebne *et al.*, 2012; Malmström, 2012) o entrambi i gruppi (Dress e Boerner., 2003; Kim e Joung, 2008). In particolare, alcune specie di acari oribatei sono ritenute indicatrici degli effetti del fuoco sulla fauna edafica dei suoli forestali (Camann *et al.*, 2008). Ci sono poi alcuni autori, tra i quali Saulnier e Athias-Binche (1986), che come bioindicatori del post-fuoco in ambiente mediterraneo hanno scelto i miriapodi (*Chilopoda*, *Diplopoda*) ed altri, come ad esempio Trucchi e collaboratori (2009), che hanno utilizzato, nel breve periodo dopo l'incendio, solo i centopiedi (*Chilopoda*).

La riduzione del numero di individui è considerato uno dei principali parametri per la valutazione degli effetti dell'incendio sul suolo in diversi ecosistemi forestali (Athias-Binche 1987; Broza *et al.*, 1993,1997; York, 1999; Koponen, 1995; Tajovský, 2002; Bezkorovainaya *et al.*, 2007; Buddle *et al.*, 2006; Malmström *et al.*, 2008), anche se in alcuni casi non è stata riscontrata alcuna differenza significativa tra le abbondanze di microartropodi (Majer 1980, 1984; Abbott, 1984; Moretti *et al.*, 2004; Vincent *et al.*, 2009). In particolare, oltre a non esservi differenze per quel che riguarda l'abbondanza totale, anche il numero dei *taxa* può non essere influenzato dal fuoco (Abbott, 1984). Athias-Binche (1987), in un uno studio ambientato in una foresta francese di querce,

notò invece che la popolazione degli artropodi edafici era tredici volte superiore nelle aree non incendiate rispetto a quelle bruciate (Broza *et al.*, 1993).

Tuttavia, l'abbondanza totale degli individui è stata ritenuta un parametro non sufficiente a descrivere le modalità di ripristino delle comunità edafiche dopo un'alterazione ambientale (Malmström, 2010). Alcuni gruppi tassonomici hanno infatti mostrato di rispondere in modo differente al passaggio del fuoco: le comunità di collemboli e di acari mesostigmata, ad esempio, recuperano più velocemente degli acari oribatei (Malmström, 2010) o dei proturi (Malmström, 2008). Inoltre, mentre le specie considerate stenoece scompaiono subito dopo un incendio le specie pioniere e/o colonizzatrici aumentano notevolmente (Dindal e Metz, 1977).

Nonostante che il maggior numero di dati disponibili sulle comunità edafiche coinvolte negli incendi riguardino gli acari e i collemboli, anche altri microartropodi edafici manifestano diversi gradi di sensibilità al surriscaldamento del suolo. Ad esempio i proturi e i palpigradi, secondo uno studio israeliano, sono risultati maggiormente sensibili, e quindi validi bioindicatori in suoli percorsi da incendio, mentre i rincoti (*Homoptera*) e i palpigradi sembrano essere specie pioniere a due anni dall'incendio, nonostante nelle aree non bruciate siano gruppi poco abbondanti (Broza *et al.*, 1993). I diplopodi sembrano invece essere meno sensibili al passaggio del fuoco in popolamenti di eucalipti, a fronte dei chilopodi, dei tisanuri e dei blattoidei che riducono il loro numero nelle aree percorse dal fuoco (Abbot, 1984). Anche in ambiente mediterraneo i chilopodi assieme ad altri sei *taxa* (*Collembola*, *Protura*, *Acarina*, *Pauropoda*, *Coleoptera*, *Tysanoptera*) hanno mostrato essere organismi sensibili allo stress causato dall'incendio, mentre gli psocotteri e gli omotteri di essere specie colonizzatrici di suoli bruciati (Broza e Izhaki, 1997).

Gli studi fin qui riportati fanno riferimento all'utilizzo del fuoco prescritto in aree forestali, infatti la valutazione della severità di un incendio in natura è molto complessa e più approssimativa di quella che si può effettuare in incendi controllati dall'uomo. Questo fattore può rappresentare un limite per gli studi che si effettuano su suoli percorsi da incendi naturali, poiché il maggior fattore che influenza sia la sopravvivenza dei microartropodi sia il loro recupero nel lungo periodo dopo il passaggio del fuoco, è proprio la severità più che l'intensità (intesa come quantità di calore rilasciato) (Malmström, 2008, 2010). Inoltre gli incendi di forte severità in natura provocano impatti maggiori rispetto ad incendi prescritti di bassa intensità (Nunes *et al.*, 2000; Friend, 2003), anche se questi ultimi sono in grado di alterare la struttura della

popolazione di microartropodi edafici, riducendone sia la ricchezza sia la diversità di specie e modificandone la dominanza (Camann *et al.*, 2008). Oltre alla severità anche l'arco temporale in cui si studiano gli effetti dell'incendio è molto importante per aver maggiori informazioni sul tempo di recupero delle comunità edafiche rispetto al passaggio del fuoco, anche se non è detto che le comunità di invertebrati ritornino alle condizioni pre-incendio (Nunes *et al.*, 2000).

Gli incendi naturali o accidentali studiati dal punto di vista della componente edafica non sono numerosi. Tra questi lavori si ricorda quello di Elia e collaboratori (2011), svolto ad un anno dall'incendio in un querceto a prevalenza di roverella (*Quercus pubescens* Willd.), quello di Whelan e collaboratori (1980) realizzato in una foresta di eucalpti in Australia, e quello di Tajovský (2002) che ha esaminato una pineta del centro Europa.

Non vi sono metodologie che si possono ritenere più efficaci di altre nell'analisi dei suoli percorsi da incendi tramite l'utilizzo dei microartropodi edafici, ma negli studi qui esaminati, si può notare una grande variabilità nei disegni sperimentali sia per quel che riguarda la durata degli studi, il periodo di campionamento e il livello di identificazione (*taxa*, famiglia, specie), sia per il tipo di incendio (prescritto, naturale) o il tipo di ecosistema esaminato (Tab.3).

Tabella 3: Parametri considerati per gli studi relative agli effetti del fuoco sugli insetti (da: Nunes *et al.*, 2000).

Metodo di campionamento	Stagione	Livello tassonomico di identificazione	Tipologia di habitat	Tipo di incendio
Campioni di Suolo e/o lettiera Trappole Cattura a mano Retino per insetti	Primavera Autunno Estate	Ordine Famiglia Specie	Foreste Australiane Eucalitteti Foreste boreali di conifere Querceti Mediterranei Macchia Brughiera Macchia - brughiera del Chaparral (California) Praterie	Incendi prescritti Incendi naturali e/o accidentali

La mancanza di una metodologia standardizzata indubbiamente causa una perdita di informazioni che potrebbero essere utili sia per avere una maggiore conoscenza dell'effetto del fuoco sulle comunità edafiche, ed in particolar modo su quella dei

microartropodi, sia per rendere possibile il confronto fra dati rilevati in situazioni diverse.

Se diversi autori mostrano di preferire come bioindicatori i microartropodi per lo studio degli effetti del fuoco sul suolo, sono rari i riferimenti bibliografici riguardanti indici biologici sintetici, applicati a questa tipologia di disturbo. Ciò nonostante vengono però applicati gli indici di biodiversità basati sul numero di *taxa* o sull'abbondanza di individui edafici come, ad esempio, Shannon (1948) o Simpson (1949).

1.3.5 Il ripristino delle superfici boschive percorse da incendio

Il passaggio di un incendio su una superficie forestale provoca generalmente numerosi cambiamenti in termini bio-ecologici, strutturali, evolutivi, ed anche paesaggistici. Secondo Trabaud (2002) lo studio del ripristino della vegetazione dopo un incendio non può essere ridotto ad un processo lineare in cui classificare le fasi di successione solo su basi fitosociologiche ma, piuttosto, deve essere fondato su indagini approfondite rivolte perlopiù allo studio delle risposte delle piante al passaggio del fuoco.

In ambiente Mediterraneo la ripresa della vegetazione in seguito ad un incendio si basa fondamentalmente su due meccanismi di sopravvivenza (Mazzoleni, 1989): la capacità di alcune specie di ricostituire la parte aerea (pirofite attive vegetative) (Bernetti, 1995), oppure la capacità di far germinare i propri semi nel terreno per effetto delle alte temperature (pirofite attive generative) (Bernetti, 1995). In tale ambiente, tra le specie che dopo il fuoco ricorrono alla rigenerazione vegetativa della parte aerea, anche se con marcate differenze di capacità pollonifera tra specie e tra ecotipi (Arianoutsou – Faraggitaki, 1984), troviamo ad esempio il corbezzolo (*Arbutus unedo* L.), l'erica (*Erica arborea* L.), il mirto (*Myrtus communis* L.), il lentisco (*Pistacia lentiscus* L.), l'alaterno (*Rhamnus alaternus* L.) e la ginestra (*Spartium junceum* L.) (Mazzoleni e Pizzolongo 1990). Tra le specie che ricorrono alla germinazione indotta dal calore si segnalano invece varie specie di pino (*Pinus* spp.) e di cisto (*Cistus* spp.).

Secondo Trabaud (2002) la ripresa della vegetazione in un ecosistema forestale mediterraneo risulta abbastanza veloce: ad un anno dall'incendio sono già presenti il 75% delle specie che costituiranno la vegetazione nei 10-12 anni successivi. Dopo due anni questa percentuale può raggiungere l'80% e dopo cinque la ricchezza di specie può essere pari al 100%.

Ciò nonostante, i fattori che possono condizionare il ripristino di un ecosistema forestale percorso dal fuoco sono anche legati alla gravità e al tipo di danno subito. In genere, gli incendi di bassa intensità provocano danni limitati al soprassuolo che possono essere ricostituiti in tempi relativamente brevi dai processi naturali. Viceversa, gli incendi di intensità media o elevata causano dei cambiamenti significativi sull'ecosistema forestale. In questi casi i processi naturali di ricostituzione possono richiedere tempi lunghi o molto lunghi (Bovio, 2011 a).

Il ripristino ambientale delle aree percorse da incendio è un tema complesso e controverso. Gli studi che hanno esaminato gli effetti delle attività di recupero delle aree incendiate hanno prodotto risultati contrastanti in relazione alle tipologie di bosco prese in esame e alle caratteristiche degli incendi (Giovannini e Marchi, 2009): se alcuni autori sostengono che le attività di ripristino hanno effetti positivi sulla difesa del suolo contro l'erosione, sulla ricostituzione della copertura vegetale, sulla diffusione di patogeni e insetti, altri autori sostengono il contrario.

La strategia di ripristino delle biocenosi forestali può comunque avvenire secondo tre differenti approcci (Blasi *et al.*, 2005):

- 1) il recupero naturale, con un continuo monitoraggio dei processi di rigenerazione già in atto;
- 2) la pianificazione di interventi selvicolturali, atti ad accelerare il recupero della vegetazione sia per prevenire gli effetti negativi del fuoco sull'ecosistema (processi erosivi del suolo ecc.) sia per tutelare le specie maggiormente degne di protezione rispetto a quelle più invasive;
- 3) il recupero dello strato arbustivo e della copertura arborea, tramite piantagione, quando il bosco è così danneggiato da non garantire una rigenerazione naturale nel medio periodo.

In questi ultimi anni, sulla base degli studi effettuati sulle dinamiche di risposta degli ecosistemi forestali agli incendi boschivi, Bovio (2007; 2011 a, b, c) e collaboratori (2011), propongono interventi di recupero forestale differenziati nel tempo e diversificati in relazione all'intensità dell'incendio. Secondo questi autori, nell'immediato (entro tre anni dall'incendio) l'obiettivo principale è evitare che si verifichi un nuovo incendio nell'area che è già stata percorsa dal fuoco e sulla quale si vuole favorire la rinnovazione forestale. In questo caso le operazioni di ripristino

possono prevedere, ad esempio, interventi di asportazione della biomassa morta e la riceppatura delle latifoglie danneggiate dall'incendio. Nel medio periodo (3-15 anni dall'incendio) l'obiettivo è di favorire la ricostituzione del soprassuolo con interventi finalizzati a liberare la rinnovazione presente dall'eventuale concorrenza delle specie arbustive. In un tempo successivo ai 15 anni dall'incendio, se la rinnovazione che si è insediata è insufficiente, si può intervenire realizzando piccoli rimboschimenti con latifoglie autoctone o, comunque, con specie a bassa combustibilità. Si può anche intervenire monitorando le dinamiche in atto, ovvero facendo interventi solo quando si osserva l'ingresso per via naturale della rinnovazione.

La gestione di un territorio percorso da incendio dovrebbe evitare di forzare i naturali processi di autosuccessione del bosco imponendo lo sviluppo di biocenosi, per favorire invece la naturale e sinergica tendenza della vegetazione a riorganizzarsi per tornare ad un nuovo stato di equilibrio dinamico.

Nel 2011 Bovio ha proposto un approccio selvicolturale sistemico per la prevenzione e la ricostituzione del bosco dopo un incendio. Per quel che riguarda la ricostituzione, l'approccio sistemico favorisce lo sviluppo del bosco, sempre nell'ottica di contenere la severità di un possibile altro incendio, in base all'influenza del trauma subito. Lo stato e lo sviluppo del bosco viene percepito in rapporto al fronte di fiamma passato o potenziale, senza vincolare gli interventi selvicolturali a modelli strutturali predefiniti (Bovio, 2011 c). Per i soprassuoli di latifoglie e, in particolare, per i cedui di faggio, l'autore suggerisce di differenziare gli interventi a seconda della severità: se la mortalità è bassa o inferiore al 20% non si prevedono interventi di ricostituzione. Per i soprassuoli di conifere Bovio (2011 c) suggerisce invece differenti tipologie di intervento da fare subito dopo il passaggio del fuoco, nel medio termine o a lungo termine. In base alla severità dell'incendio ed osservando l'efficienza dell'ecosistema si interviene al fine di migliorare l'aspetto funzionale del bosco, evitando l'accumulo di necromassa fine in casi di incendi di severità grave, oppure tenendo l'intensità critica media al di sotto dell' 80 kWm^{-1} , cercando di evitare così possibili incendi di chioma.

La ricostituzione boschiva dopo un incendio è un processo complesso e delicato in cui le diverse strategie devono essere modulate in base a molti fattori (specie, governo, danno, resilienza del sistema ecc.) al fine di garantire la multifunzionalità di un bosco e di tutto il suo ecosistema.

2. L'INDICE DI QUALITÀ BIOLOGICA DEL SUOLO (QBS-ar) E SUE APPLICAZIONI

L'indice di qualità biologica del suolo (QBS-ar), ideato dal Professore Parisi dell'Università di Parma (2001), è un metodo che serve a valutare la qualità del suolo tramite i microartropodi edafici. Tale indice - basandosi sul concetto di ecomorfologia, ovvero sull'*insieme di organismi che presentano modificazioni morfologiche finalizzate ad adattarsi all'ambiente in cui vivono* (Parisi, 2001) - è in grado di fornire informazioni sintetiche riguardanti le comunità edafiche e il loro grado di biodiversità, a prescindere dall'identificazione tassonomica a livello di specie.

Gli organismi edafici vengono suddivisi in gruppi che sono contraddistinti dall'aver la stessa serie di caratteri ecomorfologici (Forme Biologiche) evolutivamente convergenti (Sacchi e Testard, 1971; Parisi, 1974) e, quindi, lo stesso tipo e grado di adattamento alla vita ipogea. Ne consegue che maggiore è il grado di adattamento di questi organismi al suolo e minore sarà la loro capacità di sopravvivere in condizioni edafiche avverse (Menta, 2008). Secondo Gardi e collaboratori (2002), si riscontra la più alta qualità biologica del suolo quando si è in presenza di un maggior numero di microartropodi con un elevato livello di adattamento alla vita sotterranea.

L'indice QBS-ar prevede che ad ogni gruppo ecomorfologico o Forma Biologica (F.B.) venga associato un valore numerico, detto Indice Ecomorfologico (EMI), che va da un minimo di 1 ad un massimo di 20 (Tab.4) in base alle caratteristiche tassonomiche e al grado di adattamento alla vita ipogea. Il valore EMI viene dunque valutato secondo i seguenti parametri (Fig.7):

- miniaturizzazione del corpo;
- riduzione della pigmentazione;
- riduzione della lunghezza delle appendici, fino alla loro degradazione o sparizione;
- riduzione degli apparati visivi fino all'anofthalmia;
- presenza di chemiorecettori e/o idrorecettori.

Alla maggior parte dei gruppi tassonomici si assegna un unico valore numerico in quanto tutti gli organismi che lo compongono manifestano lo stesso livello di adattamento alla vita ipogea (es., dipluri, sinfili, ecc.). Per altri (es., collemboli,

coleotteri, ecc.), invece, è necessario usare un *range* di valori più ampio poiché presentano, all'interno del proprio gruppo, forme di adattamento al suolo differenti (epigee, emiedafiche, euedafiche).

La metodologia di applicazione dell'indice prevede le seguenti fasi: il prelievo del campione di suolo costituito da 3 zolle di terreno di 10 x 10 x 10 cm ciascuna; l'estrazione dinamica dei microartropodi edafici tramite un selettore Berlese Tüllgren; la determinazione delle forme biologiche allo stereo-microscopio a basso ingrandimento (20-40 X) e, infine, il calcolo del valore finale di QBS-ar.

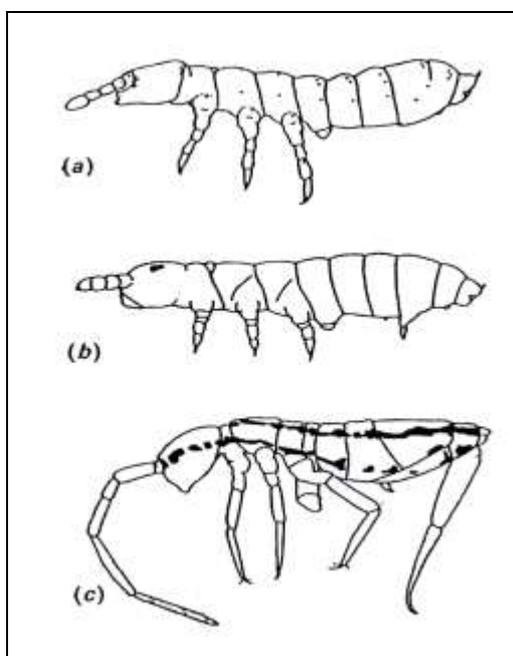


Figura 7: Caratteristiche morfologiche che mostrano i diversi livelli di adattamento alla vita edafica dei collemboli (da: Gisin, 1960).

Il valore finale dell'indice QBS-ar viene calcolato considerando tutti i gruppi rilevati in almeno uno dei tre campioni di terreno. Se in un gruppo sono presenti più forme biologiche, per la sommatoria si utilizza il massimo valore EMI ottenuto (QBS-max). Ciò consente di valutare la qualità biologica potenziale dell'area esaminata riducendo i problemi connessi all'anisotropia con cui sono distribuiti i microartropodi del suolo.

Quando sono presenti tutti i gruppi, il valore massimo di QBS-ar che si può raggiungere in un campione di suolo è di 353 (esclusi altri olometaboli e le larve di ortotteri ed emitteri), di cui 188 è il valore massimo che si può ottenere dagli insetti (80 dai miriapodi, 75 dagli aracnidi e, infine, 10 dai crostacei) (Menta, 2008).

Tabella 4: Schema per l'assegnazione dei punteggi EMI per l'indice QBS-ar.

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

Nonostante sia previsto un valore massimo, nel calcolo del QBS-ar non si osservano generalmente valori superiori a 250; nemmeno nei suoli forestali che risultano maggiormente ricchi di biodiversità edafica. Questo dettaglio può essere spiegato sia dal fatto che non tutti i gruppi sono presenti contemporaneamente, sia perché un ambiente può presentare una caratteristica mesofauna che varia da un'area ad un'altra.

Dai risultati sinora ottenuti dall'utilizzo dell'indice QBS-ar risulta che valori superiori a 150 si riscontrano nei suoli forestali (Menta, 2008) che talora possono essere superiori anche a 200 (Parisi, 2001). I valori più elevati si riscontrano in particolar modo nei boschi di querce rispetto alle faggete (Menta *et al.*, 2010).

Alcuni esempi di valori di QBS-ar associabili a varie tipologie di uso del suolo si possono osservare in Tabella 5 (Codurri *et al.*, 2005), mentre nella Tabella 6 sono rappresentati i valori assunti da questo indice in diversi studi (Blasi, 2009).

**Tabella 5: Valori QBS-ar nei suoli dell'Italia settentrionale.
(da: Codurri *et al.*, 2005).**

Tipologie uso del suolo	QBS-ar
Suolo arato	40-50
Barbabietola	40-60
Mais	40-100
Frumento	60-100
Erba media	60-180
Prati stabili	90-180
Boschi	150-250

**Tabella 6: Valori rilevati dall'applicazione dell'indice QBS-ar.
(da: Blasi, 2009).**

Uso del suolo	QBS-ar (max)	QBS-ar (min)
Faggeta	216	134
Bosco n.d.	188	141
Querceto-sughera	289	225
Castagneto coltivato	157	107
Cespuglieto	152	121
Bachipodietum	232	137
Vaccinetum	162	90
Campo coltivato	132	40

3 OBIETTIVI DELLO STUDIO

La prevenzione degli incendi rappresenta una delle sfide più importanti per la salvaguardia delle foreste europee e, in particolar modo, per quelle Mediterranee.

Gli ecosistemi forestali del bacino del Mediterraneo sono spesso caratterizzati dalla presenza di incendi, per la maggior parte delle volte causati da volontarietà o da negligenza dell'uomo (FAO, 2007). Essi, oltre ad essere ritenuti i maggiori responsabili della distruzione della massa legnosa di un bosco più di una qualsiasi altra calamità naturale (Hadjibiros, 2001), sono in grado di condizionare la sostenibilità dell'intero ecosistema (Neary *et al.*, 1999). Il fuoco, infatti, è in grado di influire notevolmente oltre che sulla composizione e sulle dinamiche della vegetazione, anche su molteplici altre componenti, come ad esempio il suolo e la fauna.

Le informazioni riguardanti gli effetti del fuoco sulla maggior parte delle specie legnose non risultano molto numerose (vedi Ordonez *et al.*, 2005), anche se alcuni studi mostrano una maggior mortalità per le conifere rispetto alle latifoglie (vedi Franklin *et al.*, 2006; Quevedo *et al.*, 2007). Tuttavia, ancor più sconosciuti sono gli effetti del fuoco sulla componente biologica del suolo e, in particolar modo, sulle comunità dei microartropodi edafici alle quali è dedicato questo studio.

Il monitoraggio delle componenti ecosistemiche può ritenersi uno dei principali strumenti a disposizione dell'uomo per acquisire le informazioni necessarie a valutare l'impatto del fuoco sull'ecosistema bosco e può fornire utili indicazioni per la pianificazione e la conservazione delle risorse biologiche.

A livello del suolo il passaggio di un incendio può influire sul ciclo dei nutrienti e sulle proprietà chimiche del terreno e può causare, dal punto di vista biologico, una perdita di microartropodi e microorganismi con riduzione della biodiversità edafica.

Lo scopo principale del lavoro è quello di valutare se un indice biologico sintetico, quale l'Indice di Qualità Biologica del Suolo (QBS-ar), possa fornire informazioni attendibili sul grado di disturbo (diretto ed indiretto) arrecato dal fuoco alla matrice suolo e, in particolare, della sua influenza sulla biodiversità delle comunità di microartropodi edafici in termini sia qualitativi sia quantitativi e in differenti tipologie forestali (pinete di pino marittimo e boschi misti di latifoglie). In particolare, si è:

- analizzata la capacità dell'indice di evidenziare i tempi di recupero di queste comunità biologiche;

- valutato, attraverso il numero di individui, se il fuoco può maggiormente influire sulle abbondanze di alcuni *taxa* rispetto ad altri maggiormente adattabili ai cambiamenti dell'ecosistema, individuando gruppi di microartropodi maggiormente sensibili al passaggio del fuoco rispetto a gruppi più resistenti;
- analizzato quale effetto può avere il fuoco sulla qualità biologica del suolo a seconda che l'incendio percorra una o più volte lo stessa area al fine di valutare se anche la frequenza di un incendio sia in grado di influenzare le dinamiche delle comunità dei microartropodi edafici.

Tutto ciò al fine di fornire informazioni utili per la pianificazione delle attività di prevenzione degli incendi e, più in generale, per supportare la gestione sostenibile dell'ecosistema forestale.

4 MATERIALI E METODI

4.1 Area studio

L'area scelta per questo studio si trova nella Regione Toscana all'interno del comprensorio collinare delle Cerbaie (Pisa). Le Cerbaie sono delimitate a nord dal fosso della Sibolla, a est dal Padule di Fucecchio, a sud dal canale dell'Usciana e a ovest dell'ex lago di Bientina (Fig.8).



Figura 8: Inquadramento geografico delle Cerbaie.

Il territorio esaminato è inserito nel Sito di Interesse Comunitario delle Cerbaie (SIC: IT5170003) e ricade nella Zona di Protezione Speciale di Montefalcone (ZPS: IT517004). Le aree protette della Rete Natura 2000 si sovrappongono ai Siti di Interesse Regionale: SIR 63 (Cerbaie) e SIR 64 (Montefalcone).

Sin dal 1977 l'area di Montefalcone è una riserva Naturale dello Stato, gestita dal Corpo Forestale (C.F.S.) attraverso l'Ufficio Territoriale della Biodiversità di Lucca. Nel 1980, Montefalcone è stata classificata anche come Riserva Naturale di Popolamento Animale.

Il clima delle Cerbaie è di tipo temperato umido con temperature medie annue comprese tra i 14 °C e i 15 °C e precipitazioni annue che variano dai 1000 mm ai 1150 mm. Secondo la classificazione fitoclimatica di Pavari (1916), sviluppata in seguito da De

Philippis (1937), le Cerbaie ricadono nella zona del Lauretum sottozona media con siccità estiva (Travaglini *et al.*, 2011 a). I venti dominanti che interessano l'area sono: la tramontana (N) che soffia soprattutto in inverno, e il libeccio (S-O) che è invece presente durante tutto l'arco dell'anno.

Dal punto di vista geologico il rilievo collinare delle Cerbaie risale al Pleistocene superiore ed è caratterizzato da sabbie e conglomerati litoranei del Pliocene quasi interamente coperti da sedimenti di transizione (accumuli detritici, depositi fluvio-lacustri e alluvionali), risalenti a circa 1,2 milioni di anni fa (Carta Geologica d'Italia del Servizio Geologico; scala 1:500.000, foglio n. 2). Le alture presentano profili dolci ed arrotondati che superano a malapena i 100 metri sul livello del mare (Montefalcone, 114 m s.l.m.). Le quote più alte, cioè quelle maggiori di 80 m s.l.m., rappresentano solamente il 5% della superficie e sono situate lungo la direttrice nord est - sud ovest.

Dal punto di vista idrografico le Cerbaie ricadono nel bacino del fiume Arno e sono attraversate da un reticolo di fiumi, torrenti, rii, fossi di origine naturale, ed anche da canali di origine artificiale risalenti al XVI secolo. All'interno della Riserva Naturale Statale di Montefalcone sono presenti 5 piccoli invasi e alcuni rii che raccolgono le acque dei fossi provenienti dai numerosi vallini (Travaglini *et al.*, 2011 a).

Per quel che riguarda l'aspetto pedologico i suoli delle Cerbaie sono orientati verso un processo pedogenetico di tipo climatico, caratteristico delle regioni a clima temperato atlantico o semi-continentale, dove la vegetazione è rappresentata da foreste di latifoglie o foreste miste di latifoglie e conifere. Dal momento che l'areale non presenta eccessi termici e mancanza di umidità atmosferica, i suoli delle Cerbaie tendenzialmente subiscono processi pedogenetici di brunificazione (Olivari, 2004). Secondo la Carta dei Suoli d'Italia (scala 1:1.000.000) elaborata da Mancini (1966), i suoli presenti alle Cerbaie sono riconducibili alle seguenti associazioni: a) suoli bruni mediterranei, suoli lisciviati e litosuoli; b) suoli lisciviati e pseudogley, suoli bruni lisciviati e alluvionali; c) suoli alluvionali; d) suoli alluvionali idromorfi.

4.1.1 Tipologie forestali

I boschi delle Cerbaie sono rappresentati per lo più da formazioni di pino marittimo e da boschi misti a prevalenza di specie quercine. Tali soprassuoli sono riconducibili ai seguenti tipi forestali (Mondino e Bernetti, 1998):

- a) Pineta mediterranea di pino marittimo su macchia acidofila;

- b) Cerreta acidofila dei terrazzi a paleosuoli;
- c) Querceto acidofilo di rovere e cerro;
- d) Carpino-querceto mesofilo di cerro con rovere;
- e) Quercu carpinetu extrazonale di farnia.

Le pinete sono distribuite soprattutto nei pianori sommitali dei rilievi collinari (Paci, 2009). Il pino marittimo (*Pinus pinaster* Aiton) nonostante costituisca il piano dominante, in alcune zone lascia spazi, in porzioni variabili, alle latifoglie quali l'orniello (*Fraxinus ornus* L.), la robinia (*Robinia pseudoacacia* L.), il sorbo (*Sorbus domestica* L, *Sorbus torminalis* Crantz.), la roverella (*Quercus pubescens* Willd), il rovere (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebla), il leccio (*Quercus ilex* L.), la sughera (*Quercus suber* L.) e il castagno (*Castanea sativa* Miller).

Il sottobosco della pineta è composto prevalentemente da eriche *Erica scoparia* L. e *Erica arborea* L., ma nelle aree caratterizzate da condizioni xeriche si possono trovare anche specie tipiche della macchia mediterranea come il lentisco (*Pistacia lentiscus* L.) la fillirea (*Phyllirea angustifolia* L. e *P. latifolia* L.), l'alaterno (*Rhamnus alaternus* L.), il pungitopo (*Ruscus aculeatus* L.) e il ginepro (*Juniperus communis* L.). Nelle zone caratterizzate da minor siccità il sottobosco è costituito invece da corbezzolo (*Arbutus unedo* L.), ginestrone (*Ulex europaeus* L.), ginestra dei carbonai (*Cystus scoparius* L.) e in minor quantità anche brugo (*Calluna vulgaris* L.) e cisto (*Cystus salvifolius* L.). Nelle aree caratterizzate da un maggior grado di umidità il sottobosco è formato da felce aquilina (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) e agrifoglio (*Ilex aquifolium* L.).

In certi casi le pinete sono state compromesse dal *Matsucoccus fytaudi* (Ducasse) e sono state sottoposte a interventi di carattere fitosanitario e, secondo Bianchi *et al.* (2005), costituiscono un tipo evolutivo a sé stante rispetto alle tipologie delle pinete della Toscana. Con il taglio la densità della pineta è stata decisamente ridotta. Può essere presente uno piano dominato di latifoglie più o meno denso e uno strato di arbusti misto a rinnovazione di pino e giovani polloni. Dove sono state create aperture ampie nel soprassuolo può essere stato favorito l'ingresso della robinia (*Robinia pseudoacacia* L.).

I boschi di latifoglie sono distribuiti soprattutto nei vallini e nelle aree pianeggianti. Questi boschi sono caratterizzati da querceti a prevalenza di cerro, ma anche castagno, sorbo domestico e ciavardello, agrifoglio, carpino bianco e carpino nero e qualche esemplare di nocciolo (*Coryllus avellana* L.). Nelle aree più umide, lungo le sponde dei

fossi, si riscontra la presenza di cenosi igrofile costituite da ontano nero, pioppo tremolo (*Populus tremula* L.) e frassino ossifillo (*Fraxinus oxycarpa* Bieb.) (Travaglini, 2011 a).

4.1.2 Gestione forestale dei boschi delle Cerbaie

Per quanto riguarda gli aspetti selvicolturali e gestionali relativi ai soprassuoli forestali delle Cerbaie è possibile ipotizzare che in passato fossero governati in modo simile ad un ceduo composto per la produzione sia di carbone sia di ghianda per il pascolo. Mentre non si hanno informazioni precise riguardanti la gestione forestale antecedente al XV secolo, nel Cinquecento invece furono emanati diversi bandi e prescrizioni al fine di tutelare la produzione legnosa dei boschi contro lo sfruttamento eccessivo, l'esercizio del pascolo, il dissodamento del terreno e gli incendi (Piussi e Stiavelli, 2004). Maggiori informazioni sulle attività selvicolturali sono disponibili per il XVI e XVII secolo. In questo periodo i prodotti forestali principali erano costituiti ancora da legna e ghianda per le Comunità locali e da legname da opera per le costruzioni navali per il governo granducale. Il turno stabilito per i cedui di specie quercine nel territorio di Montefalcone era di 20-25 anni portato successivamente, durante i primi anni dell'Ottocento, a 18 anni sia per cedui di querce sia per quelli di castagno. Nella seconda metà dell'Ottocento e nei primi anni del Novecento viene segnalato il progressivo decremento dei castagni a causa del mal dell'inchiostro così per sopperire alla mancata produzione di legno di castagno si eseguiva la semina del pino (Piussi e Stiavelli, 2004).

A metà del Novecento nel bosco di Montefalcone si utilizzava un turno per il ceduo di 12 anni con diradamento previsto a 6 anni e matricinatura non abbondante. La pineta presentava un piano dominato di latifoglie governato a ceduo. Il taglio a scelta del pino, veniva effettuato nell'estate successiva al taglio del ceduo adottando un diametro di recidibilità di 30 cm che si raggiungeva a circa 50-60 anni di età. I pini abbattuti erano destinati alla produzione di tavolame. Durante il secondo conflitto mondiale le pinete di Montefalcone subirono diversi danni, ma le utilizzazioni ripresero subito dopo la fine della guerra anche tramite la pratica della resinazione del pino che iniziò nel 1946 e terminò 14 anni più tardi (Piussi e Stiavelli, 2004).

Il primo e unico Piano di assestamento forestale di Montefalcone fu realizzato da Gualdi (1977) per il decennio 1977-1986 dopo che il bosco fu acquistato dall'A.S.F.D. (Azienda Statale per le Foreste Demaniali) del Corpo Forestale dello Stato, nel 1971. Il trattamento delle pinete di pino marittimo in Toscana, secondo Gualdi (1977) non ha

mai seguito una norma vera e propria a causa del fatto che le pinete, almeno fino agli anni Settanta, presentavano una molteplicità di strutture (coetanee, monoplane o pluripiane, disetanee e pluristratificate per pedali o per piccoli gruppi) a seconda della necessità delle Aziende e del mercato. Tradizionalmente gli interventi venivano eseguiti per pedali o per piccoli gruppi, asportando solo le piante che avevano raggiunto un certo diametro, e solo successivamente si sperimentarono tagli a buche e tagli a strisce. Il ceduo misto di specie quercine era invece assestato secondo un metodo planimetrico di tipo spartitivo con un turno minimo di 12 anni.

Negli ultimi anni gli indirizzi gestionali applicati dall'Amministrazione del Corpo Forestale dello Stato hanno previsto la rinaturalizzazione delle pinete di pino marittimo e la conservazione dei boschi misti di latifoglie. Nelle pinete si è cercato di favorire la rinnovazione e lo sviluppo delle latifoglie presenti, assecondando l'evoluzione dei soprassuoli verso una fustaia mista piuttosto densa che non consentisse la rinnovazione del pino marittimo. Occorre però sottolineare che dal 2000 in poi molti di questi popolamenti hanno subito forti attacchi da parte del *Matsucoccus feytaudi* (Ducasse) che hanno determinato la morte di numerosi pini e hanno condizionato fortemente la gestione forestale delle pinete. Nei boschi misti a prevalenza di cerro, rovere e carpino bianco, considerato che questi soprassuoli non necessitano di particolari interventi selvicolturali, specie dove la struttura si presenta più articolata e complessa, la gestione è stata orientata verso la loro protezione e conservazione (Cappelli, 2004).

Attualmente il Piano di Gestione del Consorzio Forestale delle Cerbaie (2012-2026) (Travaglini *et al.*, 2011 b), in corso di approvazione, prevede che all'interno della *Riserva Naturale Statale di Montefalcone*, l'obiettivo prioritario sia quello di sostenere l'efficienza funzionale del sistema biologico bosco attraverso la conservazione e il miglioramento degli *habitat*. A tal fine sono stati applicati nuovi criteri di gestione che prevedono: il superamento del concetto di bosco normale; la divisione della foresta in unità colturali e comparti, la stima della ripresa con metodo esclusivamente colturale sulla base di interventi cauti, continui e capillari; il monitoraggio degli effetti della gestione secondo l'approccio adattativo (Travaglini, 2011 a).

4.1.3 Incendi

Le Cerbaie sono una zona caratterizzata da un'elevata frequenza di incendi: solo tra il 2000 e il 2010 si sono verificati un totale di 80 incendi che hanno percorso una

superficie complessiva di 533 ettari (medie annuali di 8 incendi e 53 ettari percorsi). Nel periodo che va dal 2000-2004 al 2005-2010 la media annua del numero degli incendi è passata da 4,6 a 9,5. Sebbene il numero degli incendi sia praticamente raddoppiato (nel quinquennio 2005-2010) le superfici medie totali percorse dal fuoco hanno registrato un aumento contenuto: da 45 a 51 ettari anno⁻¹.

Gli anni in cui si sono registrate le maggiori superfici percorse sono stati il 2001, con circa 176 ettari percorsi da quattro incendi, e il 2009, con circa 284 ettari percorsi da dieci incendi.

Considerato che la Riserva Naturale di Montefalcone si trova in un territorio a rischio di incendio, il maggiore pericolo per l'area protetta è rappresentato dagli incendi boschivi che si possono sviluppare nelle zone limitrofe ad essa. Ne sono testimonianza gli incendi che hanno attraversato la Riserva nel 2001 e nel 2009. In questi casi l'incendio si è originato su superfici esterne alla Riserva e solo successivamente si è esteso all'interno dell'area protetta. L'incendio dell'agosto 2001 ha percorso una superficie di circa 170 ettari ed è durato, prima della sua estinzione, 47 ore. Sono stati distrutti e /o danneggiati dal fuoco 16.200,00 mc di massa legnosa. (Dati forniti dal C.F.S.).

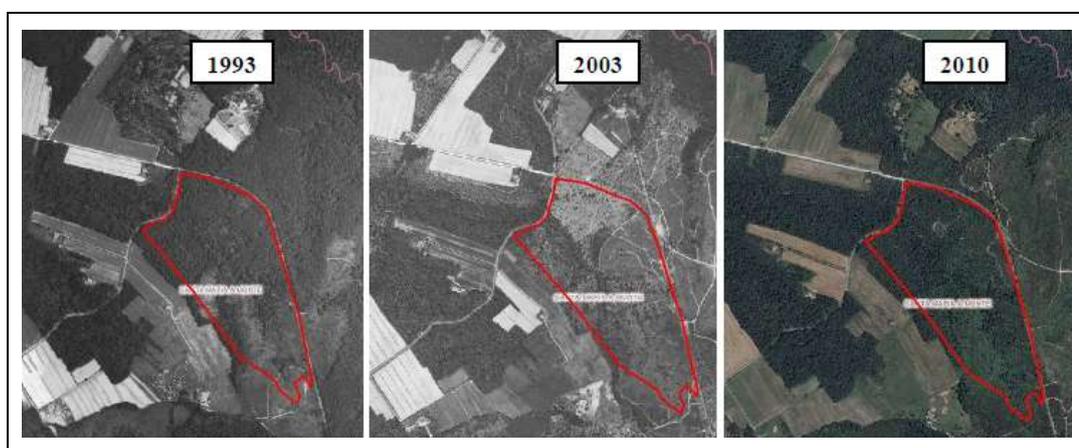


Figura 9: Immagini aeree relative agli incendi in località Cerretti negli anni 1993, 2003, 2010. Immagine AGEA-ARTEA-RT - Regione Toscana Sistema Informativo Territoriale e Ambientale.

L'incendio dell'agosto 2009 ha interessato invece una superficie di circa 140 ettari ed ha avuto una durata di circa 53 ore. Secondo i dati forniti dal Corpo Forestale dello Stato l'incendio del 2009 è stato considerato di tipo radente, di chioma e sotterraneo mentre non ci sono informazioni riguardanti l'evento del 2001. Con l'incendio del 2009 gran parte delle aree incendiate nel 2001 sono state ripercorse dal fuoco. Nel marzo

2012 un nuovo incendio ha colpito un'area limitrofa alla Riserva di Montefalcone (Località Cerretti) già percorsa dal fuoco nel 2001 (Fig.9).

4.2 Aree di campionamento

Dal momento che la Riserva Naturale di Montefalcone è stata percorsa dal fuoco sia nel 2001 sia nel 2009 e allo stesso tempo presenta al suo interno anche aree non percorse da incendio da almeno 40 anni, si è ritenuta essere un luogo adatto per svolgere questo studio. È stata presa in considerazione anche la Località Cerretti per un'analisi degli effetti del fuoco sulla microfauna edafica subito dopo l'incendio e nei primi mesi successivi al passaggio del fuoco.

Le aree scelte per effettuare i campionamenti del suolo ricadono tutte all'interno della Riserva Naturale, tranne quella in Località Cerretti (Fig.10). Le aree sono state posizionate sia nelle pinete di pino marittimo percorse da incendio, sia nei boschi misti di latifoglie a prevalenza di specie quercine percorsi da incendio. Per confronto sono state selezionate anche delle aree di controllo situate in boschi di pino e in boschi di latifoglie non percorsi da incendio.

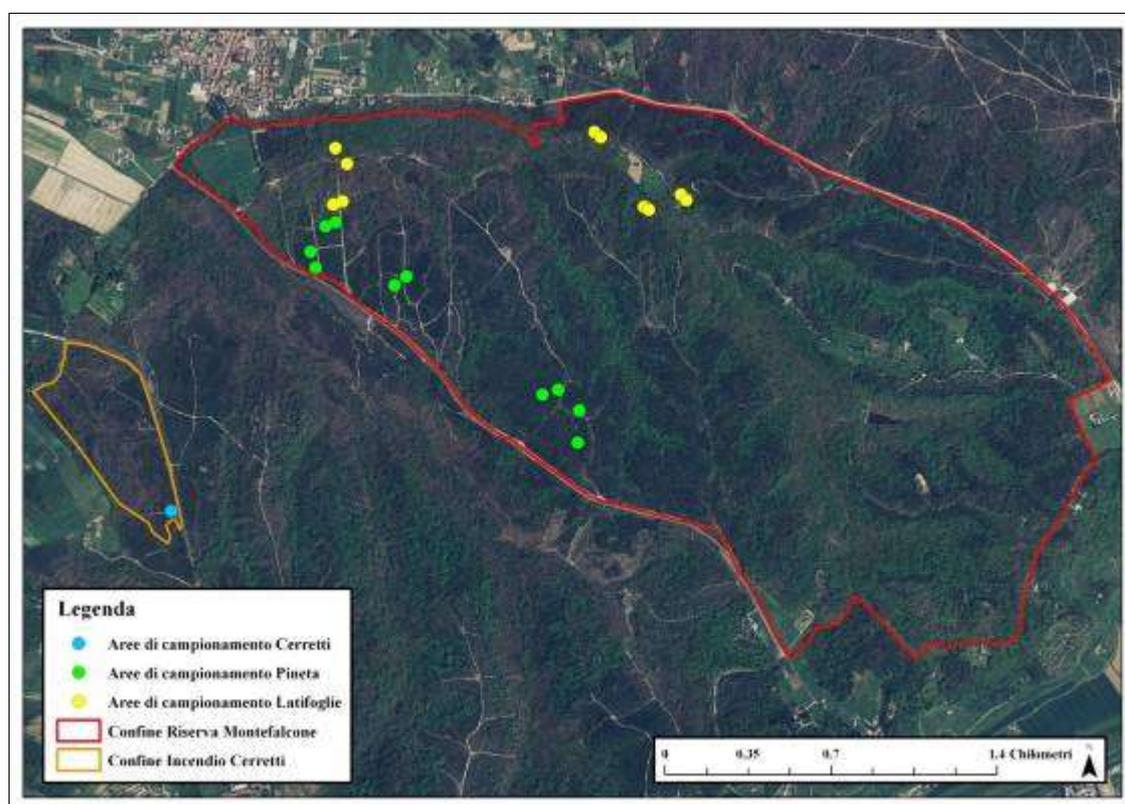


Figura 10: Aree di campionamento all'interno della Riserva Naturale e in Località Cerretti.

Per il soprassuolo occupato dal pino marittimo sono state individuate le seguenti aree di interesse:

- 1) Area controllo (non percorsa dal fuoco da almeno 40 anni): 2 punti di campionamento del suolo;
- 2) Area incendiata nel 2001: 2 punti di campionamento del suolo;
- 3) Area incendiata nel 2009: 2 punti di campionamento del suolo;
- 4) Area incendiata sia nel 2001 sia nel 2009: 4 punti di campionamento del suolo.

Per quel che riguarda la pineta situata in località Cerretti percorsa dall'incendio nel 2012 sono stati scelti 2 diversi punti di campionamento, mentre i punti di controllo associati a quest'area sono gli stessi utilizzati per le superfici incendiate nel 2001, 2009 e 2001/2009, situati all'interno della Riserva Naturale.

Per il soprassuolo occupato da boschi misti di latifoglie a prevalenza di specie quercine le aree individuate sono state così suddivise:

- 1) Area controllo (non percorsa da incendio da almeno 40 anni): 2 punti di campionamento del suolo;
- 2) Area controllo riferita all'incendio del 2009: 2 punti di campionamento del suolo;
- 3) Area incendiata nel 2001: 2 punti di campionamento del suolo;
- 4) Area incendiata nel 2009: 2 punti di campionamento del suolo;
- 5) Area incendiata sia nel 2001 sia nel 2009: 2 punti di campionamento del suolo.

Per il controllo delle superfici di latifoglie percorse dal fuoco si sono scelte due diverse tipologie di aree controllo: una con caratteristiche più simili alle aree incendiate nel 2001 e 2001/2009 (esposizione, pendenza, specie arboree ecc.) e una con caratteristiche maggiormente affini all'area percorsa nel 2009 e definita Area Controllo 2009.

Di seguito si riporta una descrizione della copertura forestale presente nelle aree incendiate oggetto di questo studio.

4.2.1 Pineta di pino marittimo

In località Cerretti, la vegetazione presente prima di essere percorsa dal fuoco era rappresentata prevalentemente da pino marittimo e da un piano dominato costituito da specie quercine, corbezzolo e ginestra spinosa o dei carbonai. Immediatamente dopo il

l'incendio, il soprassuolo risultava caratterizzato per lo più dal piano dominante, danneggiato dal passaggio del fuoco e da qualche esemplare di ginestra, mentre il suolo risultava totalmente ricoperto da uno strato di cenere di color grigio-biancastro. A cinque mesi dall'incendio le chiome dei pini rimasti in piedi risultano parzialmente secche e il suolo risulta ormai totalmente ricoperto da felci (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) (Fig.11).

Nella Riserva di Montefalcone, l'area di controllo è situata nella Contrada Bosco Rastrello ad un'altitudine di circa 80 m s.l.m. La vegetazione è caratterizzata da una pineta coetanea di pino marittimo di circa 80-85 anni con struttura monopiana e chiome disposte a un'altezza di circa 20 m (Fig.12). Il sottobosco è rappresentato da esemplari di erica, pungitopo, agrifoglio e felci con sporadica rinnovazione di querce, orniello e pino. Il primo punto di campionamento scelto per rappresentare l'area controllo è situato nella parte sud-orientale dell'Unità Colturale 33* del Piano di Gestione del Consorzio Forestale delle Cerbaie (2012-2026) (Tavaglini *et al.*, 2011 b), mentre il secondo nella parte occidentale dell'Unità Colturale 35.

L'area percorsa dall'incendio nel 2001 (Fig.13) si trova in una zona pianeggiante ad un'altitudine di circa 40 m s.l.m. nella contrada del Bosco del Marchese, all'interno dell'Unità Colturale 11. È rappresentata da un novelleto di pino marittimo originatosi dopo l'incendio del 2001 con esemplari che raggiungono i 3 m di altezza e da numerosi arbusti (corbezzolo, ginestrone, ginestra dei carbonai, eriche) e felci.

L'area percorsa dall'incendio del 2009 si trova in una zona pianeggiante del Bosco Rastrello, ad un'altitudine di circa 80 m s.l.m.. L'area è caratterizzata dalla presenza di numerosi esemplari di pino marittimo morti in piedi e da una densa copertura di felci (Fig.14). Numerosi sono anche gli esemplari morti a terra. Il primo punto scelto per rappresentare l'area incendiata nel 2009 si trova nella parte sud-orientale dell'Unità Colturale 32, mentre il secondo nella parte meridionale dell'Unità Colturale 31.

L'area percorsa due volte dal fuoco, sia nel 2001 sia nel 2009 è situata in una zona pianeggiante nella Contrada del bosco del Marchese ad un'altitudine di circa 50-60 m s.l.m. La pineta che dominava l'area prima del 2001 è stata completamente distrutta dagli incendi, consentendo l'insediamento di una densa copertura costituita prevalentemente da leguminose (azotofissatrici) come la ginestra dei carbonai, da cisto e da erica, con sporadica rinnovazione di pino e pioppo. Il terreno in queste aree è inoltre

*La suddivisione del territorio in Comparti e Unità Colturali si può trovare nel prospetto delle superfici del Piano di Gestione del Consorzio Forestale delle Cerbaie 2012-2026 (Travaglini *et al.*, 2011 b)

ricoperto da una specie di muschio, comunemente chiamato *fire moss* (*Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid.), che tende ad invadere rapidamente le superfici percorse dal fuoco (Hilty *et al.*, 2004) (Fig.15). Il primo punto scelto per rappresentare l'area percorsa due volte dal fuoco è collocato nella zona centro-orientale dell'Unità Colturale 32, mentre il secondo nella parte meridionale dell'Unità Colturale 31. Il terzo ed il quarto punto sono situati invece nella parte orientale dell'Unità Colturale 11.

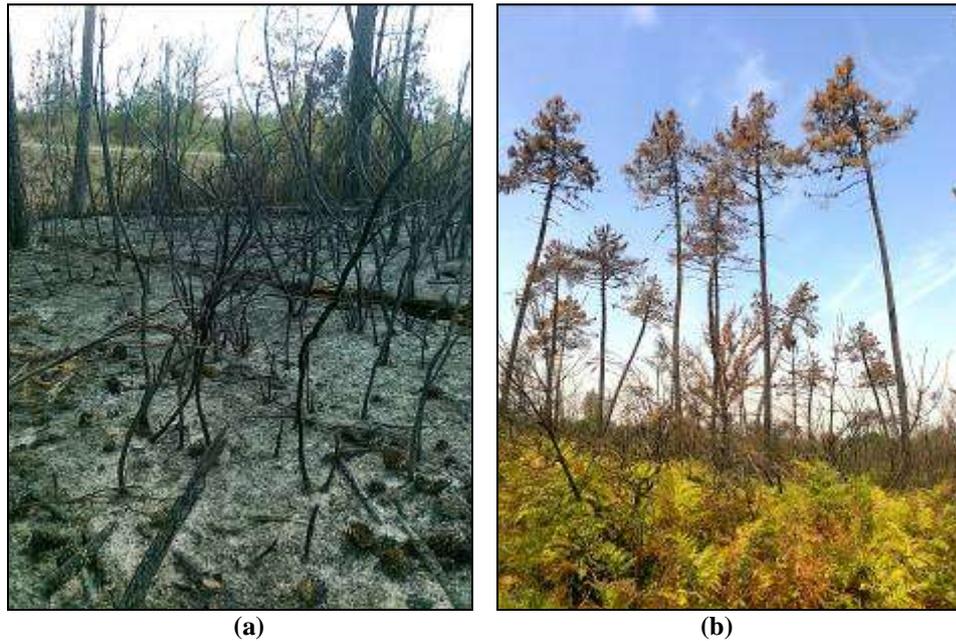


Figura 11: Immagini Località Cerretti nel marzo 2012 (a) e nel settembre 2012 (b).



Figura 12: Immagini relative all'area controllo.



Figura 13: Immagini relative all'area percorsa da incendio nel 2001.



Figura 14: Immagini relative all'area percorsa da incendio nel 2009.



Figura 15: Immagini relative all'area percorsa da incendio sia nel 2001 sia nel 2009.

4.2.2 Bosco misto di latifoglie

L'area controllo si trova a circa 20 m s.l.m. in una zona pianeggiante. Il piano dominato, di altezza 10-15 m, è costituito da carpino bianco, orniello e sorbo ciavardello, mentre quello dominante è costituito da specie quercine a prevalenza di cerro di età compresa tra i 40 e i 60 anni, avviati a fustaia. Il sottobosco è piuttosto diffuso ed è composto da pungitopo, agrifoglio, felce e rovo con una sporadica presenza di ginestra e rinnovazione di cerro. Nello strato erbaceo si riscontra la presenza di ciclamini, primule ed edera. Il primo punto di controllo è stata scelto in Località contrada del Marchese all'interno dell'Unità Colturale 17, mentre il secondo punto è situato nella Contrada Bottaccio, nell'Unità Colturale 36 (Fig.16).

L'area controllo associata all'incendio del 2009 è posizionata su un lieve pendio ed è paragonabile per tipologia di vegetazione all'area controllo precedentemente descritta se non per la presenza anche di eriche e corbezzolo nello strato arbustivo. L'area scelta è situata in Contrada Parco, all'interno dell'Unità Colturale 54 ad un'altitudine di circa 40 m s.l.m. (Fig.17).

L'area percorsa dall'incendio del 2001 si trova in una zona pianeggiante, a circa 40 m s.l.m. nella Contrada del Bosco del Marchese. La vegetazione è costituita prevalentemente da alcuni esemplari di cerro, rovere e castagno sopravvissuti all'incendio. Al di sotto dello strato dominante si sono affermati gruppi di rinnovazione di pino marittimo di circa 2 m di altezza e giovani polloni di cerro e orniello. Nel sottobosco è presente una fitta copertura di specie erbacee e arbustive: ginestrone, ginestra dei carbonai, erica scoparia, erica arborea, corbezzolo, rovo, cisto e felce (Fig.18). Il primo punto di campionamento scelto per rappresentare quest'area è situato nella parete centro-orientale dell'Unità Colturale 13, mentre il secondo in quella centro-occidentale dell'Unità Colturale 17.

L'area percorsa dall'incendio del 2009 è posizionata su un lieve pendio nella Contrada del Bosco Chiappone, all'interno dell'Unità Colturale 46 ad un'altitudine di circa 40 m s.l.m. (Fig.19). Il soprassuolo di latifoglie, di circa 60 anni di età, è costituito prevalentemente da cerro, rovere, orniello e ontano nero. Dal momento che dal 2009 ad oggi non è stato fatto alcun intervento sul soprassuolo sono ancora presenti alberi morti in piedi e a terra ed alcuni esemplari parzialmente danneggiati dal fuoco. Lo strato arbustivo è costituito da esemplari di ginestra, ginestrone, erica e cisto, mentre lo strato erbaceo da felci, rovi e leguminose con una sporadica presenza di muschio (*fire moss*).

L'area percorsa due volte dall'incendio (2001 – 2009) si trova ad un'altitudine di circa 50 m s.l.m. su un lieve pendio, nella Contrada del Bosco Chiappone, all'interno dell'Unità Colturale 52. Lo strato superiore, sviluppato in altezza fino a circa 30 m, è composto da cerro, rovere e sporadici esemplari di pino marittimo. Il sottobosco è invece costituito perlopiù da specie arbustive ed erbacee: erica arborea, erica scoparia, ginestra, pungitopo, cisti, felci, rovi e muschio (*fire moss*). Le latifoglie presenti si trovano in un precario stato vegetativo e forniscono un grado di copertura scarso. Numerosi sono sia gli alberi morti in piedi sia quelli a terra. La rinnovazione è sporadica, a prevalenza di carpino bianco e specie quercine in stadio di plantule (Fig.20).



Figura 16: Immagini relative all'area controllo.



Figura 17: Immagini relative all'area controllo dell'incendio 2009.



Figura 18: Immagini relative all'area incendiata nel 2001.



Figura 19: Immagini relative all'area incendiata nel 2009.



Figura 20: Immagini relative all'area incendiata sia nel 2001 sia nel 2009.

4.3 Metodo di campionamento

Il protocollo di campionamento per il metodo QBS-ar prevede il prelievo di tre zolle di terreno (10 cm di lato x 10 cm di profondità) che rappresentano il numero minimo di repliche necessario per garantire la veridicità del dato. Il prelievo di ciascuna mattonella di suolo deve essere fatto a distanza di almeno 1 metro l'una dall'altra poiché è possibile avere sempre una percentuale di incertezza; questo vale per qualsiasi campionamento di suolo in quanto le condizioni possono variare moltissimo anche a breve distanza (Belli, 2002). I prelievi delle tre repliche inoltre devono essere fatti nella stessa giornata e possibilmente a distanza di pochi minuti l'uno dall'altro.

In questo studio il prelievo di terreno è stato fatto lungo un transetto di circa 10 metri (Fig.21), a 5 metri di distanza l'uno dall'altro. La posizione di ciascun punto è stata acquisita tramite GPS (Trimble). Le coordinate geografiche dei due punti più esterni di tutti i transetti rilevati sono riportate in Tabella 7.

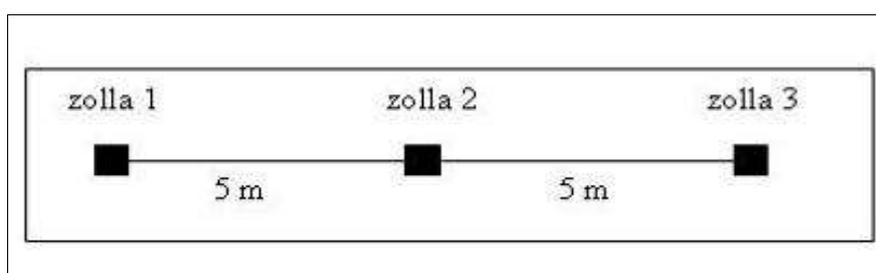


Figura 21: Esempio di transetto utilizzato per il campionamento.

Un altro aspetto molto importante da prendere in considerazione è il periodo di campionamento che deve essere effettuato in funzione della massima biodiversità e densità edafica presente nel suolo. I periodi migliori risultano essere quelli primaverili e autunnali, lontano dagli eventi di massima piovosità e/o siccità (Codurri *et al.*, 2005). La mattonella di terreno viene poi introdotta, integra, in un sacchetto di polietilene (50 cm x 50 cm). Prima di chiudere il sacchetto è necessario lasciare al suo interno un'adeguata quantità d'aria al fine di consentire ai microrganismi di respirare e giungere ancora vivi in laboratorio, entro un massimo di 48 ore dal prelievo (Fig.22). La vitalità dei microrganismi è infatti un aspetto da non trascurare.

Durante il campionamento è molto importante non lasciare il sacchetto sotto i raggi del sole e non comprimerlo in alcun modo. Il metodo sopra descritto è stato applicato per il campionamento di tutti i siti oggetto d'indagine.

Tabella 7: Coordinate geografiche con sistema di riferimento Gauss Boaga (Roma 40) fuso ovest dei punti di campionamento del suolo.

PINETA LOCALITA' CERRETTI	COORDINATE GEOGRAFICHE	
	1	2
Incendio 2012 Punto 1	4843983N 1636768E	4843985N 1636777E
Incendio 2012 Punto 2	4843979N 1636786E	4843977N 1636795E
PINETA RISERVA NATURALE	COORDINATE GEOGRAFICHE	
	1	2
Controllo Punto 1	4844397N 1638503E	4844406N 1638503E
Controllo Punto 2	4844266N 1638495E	4844267N 1638505E
Incendio 2001 Punto 1	4845191N 1637481E	4845196N 1637476E
Incendio 2001 Punto 2	4845173N 1637427E	4845178N 1637437E
Incendio 2009 Punto 1	4844472N 1638355E	4844467N 1638466E
Incendio 2009 Punto 2	4844491N 1638413E	4844486N 1638422E
Incendio 2001/2009 Punto 1	4844924N 1637731E	4844931N 1637723E
Incendio 2001/2009 Punto 2	4844964N 1637773E	4844963N 1637783E
Incendio 2001/2009 Punto 3	4845068N 1637378E	4845069N 1637368E
Incendio 2001/2009 Punto 4	4845002N 1637398E	4845041N 1637387E
BOSCO LATIFOGIE RISERVA NATURALE	COORDINATE GEOGRAFICHE	
	1	2
Controllo Punto 1	4845437N 1637525E	4845435N 1637434E
Controllo Punto 2	4845505N 1637474E	4845505N 1637484E
Controllo Incendio 2009 Punto 1	4845285N 1638953E	4845283N 1638964E
Controllo Incendio 2009 Punto 2	4845301N 1638936E	4845310N 1638932E
Incendio 2001 Punto 1	4845276N 1637476E	4845267N 1637469E
Incendio 2001 Punto 2	4845286N 1637505E	4845279N 1637511E
Incendio 2009 Punto 1	4845548N 1638602E	4845550N 1638592E
Incendio 2009 Punto 2	4845565N 1638578E	4845569N 1638569E
Incendio 2001/2009 Punto 1	4845243N 1638802E	4845247N 1638794E
Incendio 2001/2009 Punto 2	4845252N 1638785E	4845260N 1638780E

Il disegno di campionamento ha previsto di effettuare i prelievi del suolo sia nella stagione primaverile sia nella stagione autunnale per un minimo di tre repliche per ogni area presa in esame. La fase di campionamento è iniziata nella primavera-estate del 2011 e si è conclusa nell'autunno del 2012.

Durante la primavera del 2011 si è effettuato il campionamento solamente per la pineta. Nell'autunno dello stesso anno sono state campionate tutte le aree sia all'interno della pineta sia all'interno del bosco di latifoglie.

Per il 2012 sono stati ripetuti tutti i rilievi per la pineta e per le latifoglie sia durante la stagione primaverile sia durante quella autunnale.

Per quel che riguarda la località Cerretti, il primo campionamento di suolo è stato fatto nel mese di marzo 2012 a 12 giorni dall'incendio e poi ripetuto dopo 104 e 147 giorni, rispettivamente nei mesi di giugno e settembre.

In laboratorio i campioni, sono stati sistemati nel selettore Berlese-Tüllgren posizionato in un luogo al riparo da vibrazioni. Le modalità seguite sono state le seguenti:

1. la zolla di suolo prelevata dal sacchetto è stata inserita in un setaccio con un bordo alto circa 60 mm e un diametro di 220 mm. Le maglie della rete del setaccio devono essere di 2 mm;
2. il setaccio è stato posizionato su un imbuto con dimensioni sufficientemente grandi da poterlo contenere totalmente e poi sistemato sul selettore;
3. alla parte inferiore del setaccio è stato fissato un raccoglitore di plastica contenente una soluzione di due parti di alcool e una di glicerina in cui dovranno cadere i microartropodi;
4. il selettore Berlese-Tüllgren è stato infine posizionato sotto una fonte di calore costituita da una lampadina di 40 o 60 watt a una distanza di circa 20 centimetri.

La sorgente di calore ha la funzione di provocare uno spostamento progressivo della parte attiva della fauna verso il basso. Questo accade poiché gli animali, percependo una situazione di disseccamento del suolo, tentano di migrare nei punti più umidi cadendo, in tal modo, nel recipiente in cui è stata messa la soluzione per la conservazione degli organismi edafici. Il campione deve essere lasciato ininterrottamente sotto la fonte di calore per circa 7-10 giorni (Fig.23). Tuttavia, entro 5 giorni nel raccoglitore si può già notare circa il 95% della mesofauna presente nella zolla. La scelta della durata della selezione avviene, quindi, in funzione del grado di umidità e di consistenza del campione: più è umido e maggiore sarà il tempo necessario per la selezione.



Figura 22: Esempio di prelievo delle zolle di terreno.



Figura 23: Selettore Berlese-Tüllgren.

4.4 Analisi della fauna edafica e calcolo dell'indice QBS-ar

Terminata la fase di selezione, il liquido contenente i microartropodi caduti nel raccoglitore è stato direttamente osservato con uno stereomicroscopio (Leica Wild M3D) con ingrandimenti tra i 20 X e i 40 X.

Per ogni campione è stato fatto il riconoscimento delle varie Forme Biologiche presenti ed è stato assegnato loro il punteggio previsto dalle tabelle per la valutazione degli Indici Ecomorfologici (EMI). Se in un campione ci sono più Forme Biologiche (F.B.) appartenenti allo stesso gruppo di organismi, è stato preso in considerazione solamente quella che ha il valore EMI maggiore.

Poiché il QBS-ar non è un metodo quantitativo è sufficiente individuare all'interno del campione anche solo un individuo di un gruppo ed assegnargli il punteggio EMI previsto. Tuttavia, in questo studio si è provveduto a quantificare anche il numero di individui presenti in ogni gruppo ecomorfologico riscontrato al fine di ottenere maggiori informazioni sui rapporti esistenti tra le varie comunità edafiche e le condizioni del suolo.

Per il riconoscimento è stata utilizzata una chiave dicotomica proposta da Codurri e collaboratori (2005) riportata nell'allegato 1.

4.5 Analisi chimico - fisiche del suolo

Per ogni campione di suolo prelevato sono stati determinati il pH; la temperatura, l'umidità e la quantità di sostanza organica.

La temperatura e l'umidità sono state rilevate in campo tramite un rilevatore di umidità per il suolo (Mixture meter type HH2) a 10 cm di profondità. Per ogni campione di suolo prelevato secondo la metodologia di campionamento prevista sono state effettuate tre misurazioni da cui si è poi calcolato il valore medio e la deviazione standard.

Per la determinazione del pH e la valutazione del contenuto di sostanza organica (S.O.) nel suolo si sono seguite le procedure previste dal Decreto Ministeriale del 13/09/1999 - Metodi ufficiali di analisi del suolo.

Il pH è stato determinato per via potenziometrica, dopo taratura del sistema di misura, su sospensioni di suolo-acqua e suolo potassio di cloruro (KCl) con un rapporto di estrazione di 1:5 poiché il suolo è risultato molto ricco di sostanza organica.

Per ogni campione di suolo sono stati prelevati 10 g di terra che sono stati messi sia nella soluzione di acqua e sia in quella di potassio cloruro. Dopo aver agitato le provette e averle lasciate a sedimentare sono state effettuate tre rilevazioni con il pHmetro da cui si è poi ricavata la media e la deviazione standard.

La determinazione della sostanza organica è stata effettuata secondo il metodo dell'analisi del carbonio totale o organico e dell'azoto totale su campioni di suolo secco all'aria e setacciato a 0,5 mm, con una quantità di terreno compresa tra i 15 e i 20 mg (\pm 1 μ g). Per ciascun campione si è effettuata l'analisi tre volte e si è calcolata la media e la deviazione standard per ogni valore.

Per i campioni di suolo prelevati nelle differenti aree di campionamento all'interno della Riserva Naturale di Montefalcone (pineta e bosco di latifoglie) il pH e la sostanza organica sono stati determinati un'unica volta, mentre per il suolo prelevato in Località Cerretti sono state fatte le analisi dopo 12, 104 e 147 giorni dal passaggio del fuoco.

Invece il rilevamento della temperatura e dell'umidità del suolo è stato effettuato per tutti i campionamenti di suolo svolti dalla primavera del 2011 all'autunno del 2012.

Per valutare l'esistenza di una possibile relazione tra la qualità biologica e i valori dei parametri chimico-fisici del suolo presi in considerazione è stato calcolato il coefficiente di determinazione (R^2) tra QBS-ar e ogni singolo parametro chimico-fisico. Mentre però per il pH e la quantità di sostanza organica la correlazione è stata fatta considerando il valore medio ottenuto dai prelievi di terreno effettuati in ogni transetto e il QBS-ar massimale, per l'umidità e la temperatura la correlazione è stata calcolata tra ciascuna delle tre misurazioni effettuate nelle aree di campionamento e i valori di QBS-ar parziali.

4.6 Analisi statistica

Le analisi statistiche (univariate e multivariate) utilizzate in questo studio sono state effettuate con il software PAST programme version 1.94b (Hammer, 2001).

Le analisi univariate hanno riguardato i valori di QBS-ar ottenuti nelle differenti aree di campionamento prese in esame. Al fine di verificare se il passaggio del fuoco, una o più volte, possa aver influito in modo significativo sulla qualità biologica del suolo è stato applicato il t-Test ai valori di QBS-ar riscontrati nei siti di campionamento. Si è inoltre calcolato il coefficiente di determinazione (R^2) tra il valore QBS-ar e il numero dei *taxa*/gruppi ecomorfologici trovati per ogni campione, al fine di verificare l'esistenza di una relazione lineare significativa tra l'indice biologico utilizzato e il grado di biodiversità (rappresentato dalla numerosità dei gruppi eco morfologici).

Le analisi multivariate utilizzate sono: l'analisi non parametrica MANOVA (Anderson, 2001), l'Analisi delle Componenti Principali (P.C.A.) (Davis, 1986; Harper, 1999), la Cluster analysis (Tryon, 1939) e la SIMPER analysis (*Similarity Percentage*) (Clarke, 1993).

Per verificare le variazioni della qualità biologica del suolo e della struttura delle comunità dei microartropodi edafici tra le aree controllo e le aree percorse da incendio è stato utilizzata l'analisi non parametrica MANOVA basata sulla distanza di dissimilarità di Bray Curtis. Questa tipologia di analisi, sovente utilizzata per confrontare i gruppi tassonomici, è stata scelta perché in grado di evidenziare le differenze significative esistenti tra due o più gruppi e, nello specifico, è stata applicata alla matrice rettangolare (siti campionati x gruppi tassonomici) dei dati EMI. Il confronto è stato effettuato tra l'area controllo e le aree percorse dal fuoco nel 2001, nel 2009 ed in entrambi gli anni. Dove sono emerse differenze significative ($p \leq 0,05$) è stato poi effettuato il confronto a

coppie di campioni (*post hoc test*) correggendo il livello di significatività secondo il test di Bonferroni (1935; 1936).

Per individuare i gruppi ecomorfologici maggiormente responsabili di tali differenze è stata utilizzata invece l'analisi SIMPER basata sulla distanza di Bray Curtis.

Al fine di identificare i gradienti ecologici delle comunità edafiche rispetto al passaggio del fuoco, per ogni area esaminata, è stata utilizzata la P.C.A. che consente di identificare, almeno in senso statistico, quali di queste variabili, anche in termini di gruppi di elementi, sono le più significative, e quindi, le più importanti nel descrivere l'assetto del processo. La P.C.A. è stata sempre condotta sulla matrice rettangolare (siti campionati x gruppi tassonomici) dei valori EMI. La tecnica del *bootstrap resampling* (Efron, 1979) con 1000 repliche è stata impiegata per valutare il numero di assi informativi (Jackson, 1993) con un intervallo di confidenza del 95%. Gli assi informativi (*eigenvalues*) sono stati considerati significativi secondo l'approccio *broken stick* proposto da Jackson nel 1993.

Dalla stessa matrice di dati si è poi effettuata una Cluster analisi. Questa tecnica esplorativa permette di raggruppare una serie di elementi sulla base della loro similarità o dissimilarità. Il risultato dell'analisi viene espresso graficamente da un dendrogramma gerarchico, che riporta in ascissa il numero distintivo di ciascun elemento ed in ordinata la scala dei valori di similarità o dissimilarità. L'algoritmo che si è utilizzato per l'elaborazione dei dati è l'*Unweighted pair-group average* (UPGMA) (Rohlf, 1963) che riunisce i *cluster* sulla base della media aritmetica delle distanze (o delle similarità) fra tutti gli oggetti dei due gruppi messi a confronto attribuendo ad ogni oggetto lo stesso peso. Sono state utilizzate a seconda del coefficiente di correlazione due differenti misure per rappresentare la distanza tra i *cluster*: una basata sulla distanza euclidea e l'altra sul coefficiente binario di Jaccard. Inoltre è stata impiegata la tecnica del *Bootstrapping* con 1000 repliche per avere una migliore stima della distribuzione campionaria .

Come per la qualità biologica del suolo si è voluto inoltre verificare se subito dopo il passaggio del fuoco, nel breve o nel medio-lungo periodo, l'incendio possa aver influito in modo significativo sulle abbondanze dei microartropodi edafici.

Le seguenti analisi multivariate: MANOVA, P.C.A., CLUSTER analysis e SIMPER analysis, sono state quindi applicate ad una matrice rettangolare in cui nelle righe sono stati inseriti i siti di campionamento e nelle colonne le abbondanze dei gruppi ecomorfologici, normalizzate con il logaritmo naturale $[\ln(x+1)]$.

Al fine di analizzare il grado di biodiversità dei microartropodi edafici anche attraverso i più utilizzati e noti indici biologici sono stati calcolati l'indice di Shannon (Shannon, 1948; Shannon e Weaver, 1962), l'indice di Brillouin (1956), l'indice di Evenness (Pielou, 1969) e la diversità α (Whittaker, 1972) per quel che riguarda la ricchezza di specie, mentre l'indice di Simpson (1949) e quello di Berger-Parker (1970) per la dominanza di specie.

L'indice di *Shannon* (H') misura la diversità in termini di ricchezza ed è rappresentato dalla frequenza con cui la specie i -esima è presente in una comunità. Il suo valore massimo è dato dal logaritmo naturale del numero di specie, raggiunto ipoteticamente quando tutte le specie sono equiripartite. In teoria assume valori compresi tra 0 ed ∞ , ma generalmente il suo range va da 1,5 a 3,5, superando raramente il 4,5 (Margalef, 1972). Il suo valore viene determinato dalla seguente formula :

$$H' = - \sum p_i \ln (p_i)$$

dove p_i è il rapporto tra il numero di individui della specie i -esima ed il numero totale degli individui rilevati (n_i/n).

L'indice di *Brillouin* è un indice di biodiversità basato sul numero di *taxa* presenti in una comunità e la loro abbondanza relativa. Generalmente il grado di diversità rappresentato da questo indice è dato da valori alti quando sono presenti molti *taxa* con abbondanze equiripartite e valori bassi quando ci sono pochi *taxa* con abbondanze non equiripartite (Moore, 1987). Il suo intervallo di valori va da 0 a ∞ , ma generalmente i valori non superano il 5. L'indice di Brillouin può fornire informazioni sul grado di stress delle comunità e si calcola con la seguente formula:

$$HB = \frac{\ln(n!) - \sum_i \ln(n_i!)}{n}$$

dove n rappresenta il numero totale degli individui e n_i e il numero di individui della specie i -esima.

L'indice di *Evenness* anche noto come indice di omogeneità o equiripartizione misura il modo in cui gli organismi si distribuiscono all'interno della comunità e viene calcolato secondo la formula:

$$E = H'/H_{max} = H'/\ln S$$

dove H_{max} è il valore massimo di diversità calcolata utilizzando l'indice di Shannon o il logaritmo naturale del numero di specie osservato, nel caso in cui tutte le specie abbiano uguali abbondanze (equidistribuzione o *evenness*); H' rappresenta il valore osservato dell'indice di Shannon e S il numero dei *taxa*. L'indice può assumere valori compresi tra 0 (una sola specie presente) e 1. Valori prossimi allo zero identificano comunità caratterizzate da specie dominanti che generalmente si riscontrano in situazioni di stress, mentre i valori prossimi (o uguali) a 1 sono tipici di comunità ben equiripartite.

L'*alpha diversity* (*Fisher's alpha*) è un indice che rappresenta la diversità di un *habitat* o di una comunità e si compone di due elementi distinti: la ricchezza specifica e l'*evenness*. Si basa su una serie logaritmica (Fisher *et al.*, 1943) che è caratterizzata dalla presenza di poche specie abbondanti e di tante specie rare (poco abbondanti). Essa sembra essere un modello applicabile in situazioni in cui uno o pochi fattori dominano l'ecologia di una comunità (Burgio, 1999). Si calcola con la seguente formula:

$$S = \alpha \times \ln [1+(n/\alpha)]$$

dove S rappresenta il numero dei *taxa*, n è il numero degli individui e α è l'*alpha* di Fisher.

L'indice di *Simpson* (D') viene calcolato sull'abbondanza delle specie dominanti ed esprime la probabilità che due individui presi a caso da una comunità appartengano alla stessa specie. Il suo intervallo di valori va da 0 a 1 e sovente si esprime nella sua forma complementare $1-D$ o $1/D$, in cui D è dato dalla seguente formula:

$$D = \sum p_i^2$$

dove p_i rappresenta l'abbondanza relativa dell' i -esima specie.

Questo indice è utile per descrivere la varianza nella distribuzione delle abbondanze specifiche (Magurran, 2004) ed il valore che si ottiene aumenta all'aumentare dell'equiripartizione nella comunità esaminata: più il valore si aggira intorno all'1 più tutte le specie risulteranno ugualmente frequenti.

L'indice di *Berger-Parker* è un indice intuitivo della dominanza ed è influenzato dall'abbondanza delle specie più comuni. Sovente viene utilizzato il reciproco dell'indice in modo che il suo valore cresca al crescere della diversità e al decrescere della dominanza di una singola specie o di un gruppo di specie. Esso è dato dal rapporto del numero di individui della specie più comune (N_{max}) rispetto al numero totale di individui (n):

$$d = 1 - N_{max}/n$$

L'indice di Berger-Parker può essere ritenuto un valido strumento per il monitoraggio del suolo poiché in grado di evidenziare situazioni di stress, infatti, secondo Caruso e collaboratori (2007), i suoi valori tendono a crescere in presenza di perturbazioni sia di origine naturale o antropica.

Al fine di verificare se il passaggio del fuoco possa aver influito sulle variazioni degli indici biologici riscontrate tra i siti controllo e i siti percorsi dal fuoco una o più volte nel corso degli anni o nei primi cinque mesi dall'incendio è stato applicato l'Unequal variance test, conosciuto anche come Welch's t-Test (Welch, 1947). Tale analisi mette a confronto le varianze degli indici calcolati. La scelta di questo test è dovuta alle differenti deviazioni standard che si sono riscontrate tra i vari campioni presi in esame per quest'analisi.

5 RISULTATI

5.1 La comunità di microartropodi forestali

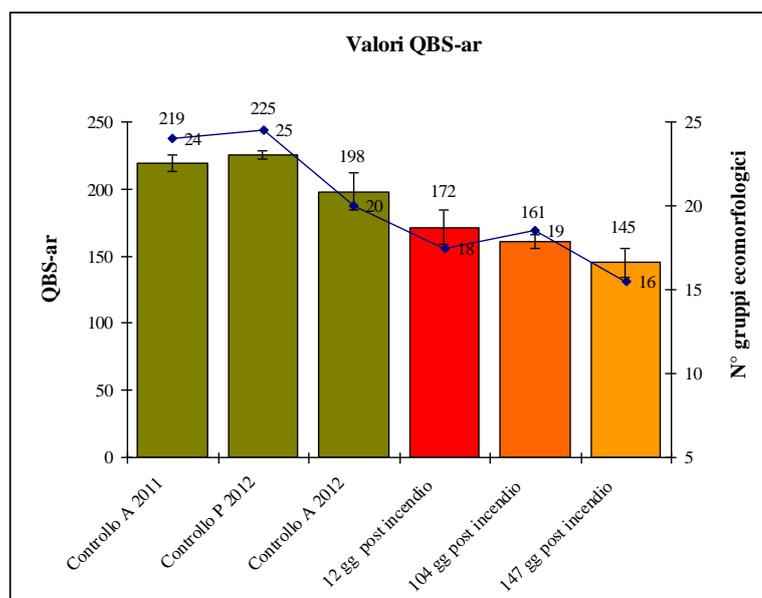
Nei suoli esaminati all'interno della Riserva Naturale di Montefalcone e nella pineta situata in località Cerretti sono stati riconosciuti e utilizzati per il calcolo dell'indice QBS-ar 26 gruppi di microartropodi. Il subphylum chelicerata è rappresentato dagli aracnidi, opilioni, scorpioni, pseudoscorpioni e acari, mentre il subphylum crustacea è rappresentato dagli isopodi. Tra i mandibolati si sono trovati i pauropodi, i sinfili, i chilopodi geofilomorfi e litobiomorfi, mentre tra i diplopodi è stata identificata anche l'ordine dei *Polyxenida*. Tra gli insetti oltre che ai collemboli, che sono il gruppo più numeroso, sono presenti i proturi e i dipluri dove è stata identificata anche la famiglia Japigidae. Sempre tra gli insetti troviamo anche i coleotteri, gli imenotteri, i tisanotteri, gli psocotteri, i ditteri, gli emitteri, i blattodei, gli embiotteri, gli isotteri e gli ortotteri. Per quel che riguarda i coleotteri, i ditteri e i lepidotteri sono stati rinvenuti nel suolo anche esemplari allo stadio larvale. Gli acari e i collemboli sono presenti in tutti i siti di campionamento, mentre gli scorpioni, gli opilioni e gli ortotteri solamente nei suoli caratterizzati da latifoglie.

Le caratteristiche morfologiche ed ecologiche dei microartropodi trovati nei campioni di suolo esaminati per questo studio sono descritte nell'allegato numero 2.

Nell'allegato numero 3 invece sono state riportate tutte le schede utilizzate indicanti i gruppi ecomorfologici ed il numero degli individui trovati per ogni area esaminata nel periodo che va dalla primavera 2011 all'autunno 2012.

5.2 Disturbo dell'incendio sulla qualità biologica del suolo nella pineta percorsa dal fuoco nel 2012

I valori QBS-ar ottenuti dall'analisi dei suoli percorsi da incendio subito dopo il passaggio del fuoco (12 gg.) e nel breve periodo (104 gg., 147gg.) sono rispettivamente 172, 161 e 145. I risultati ottenuti sono stati poi confrontati con i valori di QBS-ar ottenuti per i campioni controllo della pineta (non percorso da incendio) prelevati nell'autunno 2011, nella primavera e nell'autunno 2012 (Fig.24).



A= Autunno; P = Primavera; gg = giorni

Figura 24: Grafico valori QBS-ar pineta - Località Cerretti.

Il t-Test effettuato tra i valori QBS-ar del sito controllo e i valori dei siti esaminati 12 gg., 104 gg., 147 gg. dopo il passaggio del fuoco mostrano differenze significative (Tab.8). I valori riscontrati nei siti controllo nelle diverse stagionalità (autunno, primavera) non risultano significativamente diversi. Lo stesso si verifica confrontando i risultati ottenuti nei campioni prelevati nei diversi periodi post incendio, mentre i valori ottenuti nel sito percorso da incendio ed il sito di controllo sono significativamente diversi. In particolare il campione prelevato 12 gg. dopo l'incendio risulta significativamente diverso nei confronti del controllo sia nell'autunno 2011 sia nella primavera 2012. In questo caso il test di significatività è stato effettuato sia nei confronti dell'autunno 2011 che della primavera 2012 in quanto essendosi verificato l'incendio, nel marzo 2012, tale periodo non poteva essere riferibile a nessuna delle due stagionalità. Il valore del campione prelevato a 104 gg. dopo l'incendio risulta altamente significativo quando confrontato con il suo periodo di riferimento (Primavera 2012). Infine il valore del campione prelevato a 147 gg. dall'incendio è significativamente diverso quando confrontato con il periodo di riferimento autunno 2012.

Nonostante si riscontrino valori di QBS-ar inferiori nel periodo post-incendio, la qualità biologica del suolo mantiene valori ancora associabili a soprassuoli boschivi con una buona qualità biologica del suolo (valori superiori a 130). Si evidenzia comunque come tra i valori di QBS-ar ed il numero di *taxa* ecomorfologici si possa riscontrare una significativa correlazione positiva ($R^2 = 0,8728$): all'aumentare dei valori di QBS-ar si ha un aumento del numero di *taxa* (Fig.25). La massima ricchezza di *taxa* (25 gruppi

ecomorfologici) è stata riscontrata nel campione controllo primavera 2012 a cui è associato il massimo valore QBS-ar, mentre la minima diversità tassonomica, pari a 16 gruppi ecomorfologici, è associata ai campioni di suolo prelevati 147 giorni dopo l'incendio.

Tabella 8: t-Test con i valori di QBS-ar.

Campioni di suolo	t-Test (QBS-ar)
Controllo Autunno 2011 Controllo Primavera 2012	n.s. ($p=0,32$)
Controllo Primavera 2012 Controllo Autunno 2012	n.s. ($p=0,18$)
Controllo Autunno 2011 Incendio 12 giorni	$p=0,05$ *
Controllo Primavera 2012 Incendio 12 giorni	$p=0,03$ *
Controllo Primavera 2012 Incendio 104 giorni	$p=0,003$ **
Controllo Autunno 2012 Incendio 147 giorni	$p=0,01$ **
Incendio 12 giorni Incendio 104 giorni	n.s. ($p=0,39$)
Incendio 12 giorni Incendio 147 giorni	n.s. ($p=0,53$)
Incendio 104 giorni Incendio 147 giorni	n.s. ($p=0,78$)

$p \leq 0,05$ *; $p \leq 0,01$ **; $p \leq 0,001$ ***; n.s.= non significativo

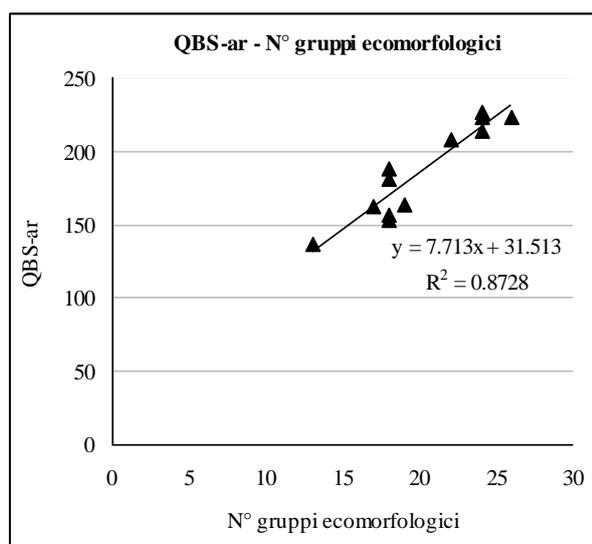


Figura 25: Correlazione tra valori QBS-ar e numero di gruppi ecomorfologici.

L'analisi non parametrica MANOVA basata sulla misura della distanza di dissimilarità di Bray Curtis svolta tra i campioni controllo e i campioni incendiati nei differenti intervalli di tempo risulta altamente significativa. Il livello di significatività è stato corretto secondo la statistica di Bonferroni con un valore di $F = 10,09$ e un valore di $p = 0,0002$, confermando quanto osservato precedentemente che accanto ad una apparente non variazione della qualità biologica del suolo si ha una consistente variazione della biodiversità dei suoli (Tab.9).

Tabella 9: NP-MANOVA tra campioni controllo e campioni percorsi da incendio.

NPMANOVA	Controllo	12 gg. post incendio	104 gg. post incendio	147 gg. post incendio
Controllo	-	0,2148	0,2484	0,21
12 gg. post incendio	0,2148	-	1	1
104 gg. post incendio	0,2484	1	-	1
147 gg. post incendio	0,21	1	1	-

gg. = giorni

5.2.1 Indici di biodiversità

Gli indici di biodiversità di Shannon, Brillouin, Evenness, e la diversità α mostrano un'influenza del passaggio del fuoco prevalentemente dopo 12 giorni dall'evento, mentre nel periodo successivo gli indici tendono a tornare alla situazione iniziale tranne che per la diversità α che nei confronti dell'indice di Shannon è meno influenzata dall'abbondanza delle specie più comuni. Quest'ultima raggiunge il suo valore minimo (1,7) dopo 147 giorni, ma va evidenziato che tra i due campioni esaminati (147 gg.) è presente una considerevole variazione con una deviazione standard di 0,5 (Fig.26).

Per quanto riguarda gli indici di biodiversità di dominanza, pesati per l'abbondanza, si riscontra un trend paragonabile a quello degli indici di ricchezza, fatta eccezione per la diversità α per quanto concerne l'indice di Simpson (Fig.27). Infatti troviamo un valore dopo i primi 12 giorni pari a 0,3 che sta ad indicare una minor frequenza di *taxa* presenti. Questo valore tende a riportarsi sui valori riscontrati nel sito di controllo nei successivi 5 mesi. L'indice di dominanza di Berger-Parker che tende ad aumentare con

il disturbo raggiunge il suo massimo dopo 12 giorni dall'incendio (0,8) e torna al suo valore iniziale (0,5) nei 5 mesi successivi (Fig.27).

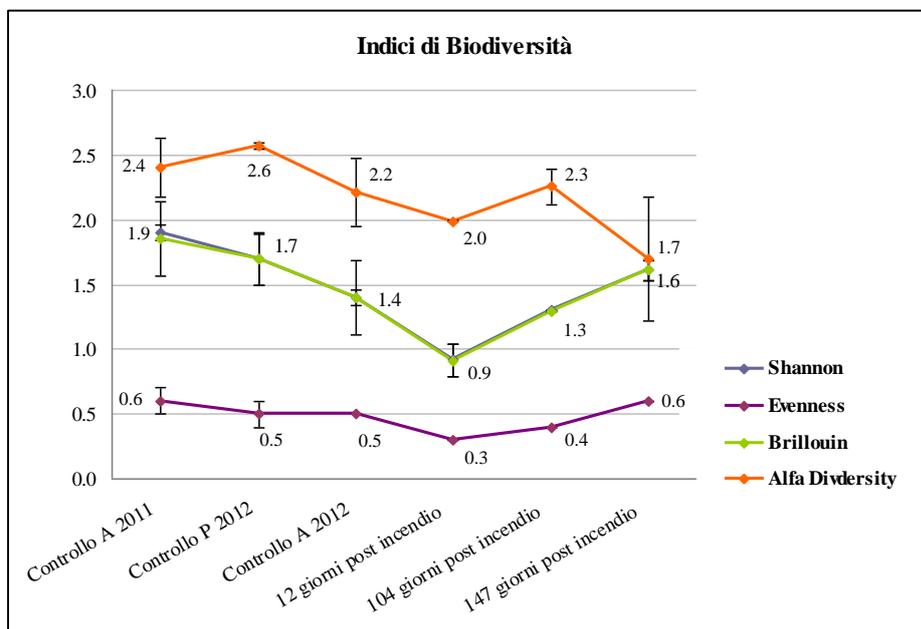


Figura 26: Indici di ricchezza di specie.

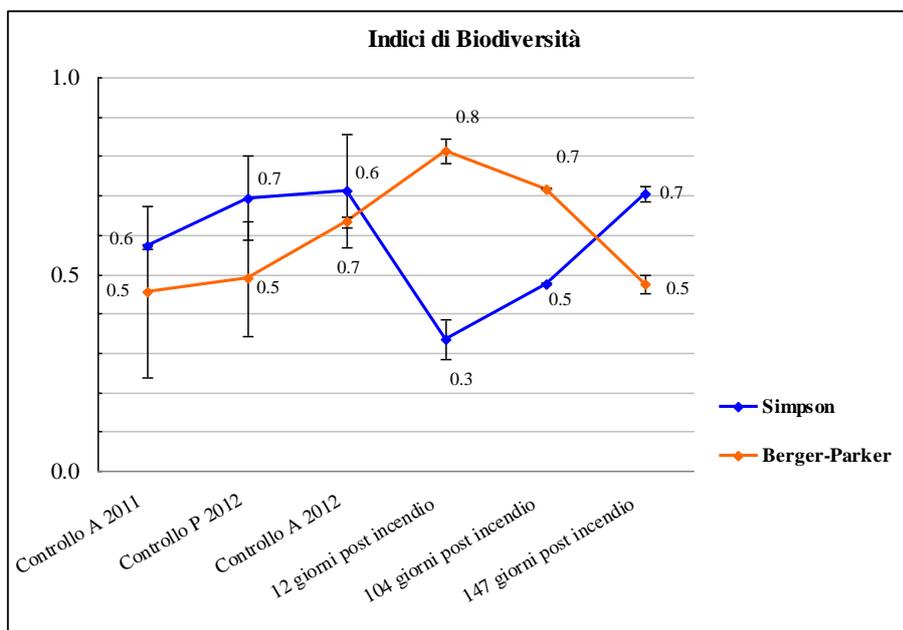


Figura 27: Indici di dominanza di specie.

I risultati ottenuti applicando l'Unequal variance test (Welch's t-Test) alle varianze degli indici biologici calcolati (Tab.10) mostrano differenze significative per gli indici di Shannon, Brillouin, Evenness e diversità α solo tra il campione prelevato a 12 giorni ed il campione prelevato a 147 giorni. Gli indici di biodiversità di dominanza mostrano

invece differenze significative sia tra il campione prelevato a 147 giorni con il proprio controllo (Autunno 2012) sia tra questo campione ed i campioni prelevati a 12 e a 104 giorni dal passaggio del fuoco. Contrariamente da ciò che si evidenzia dal trend dei valori assoluti per quel che riguarda i vari indici di biodiversità, il passaggio del fuoco non sembra influenzare significativamente la biodiversità (ricchezza di specie e dominanza) nei primi 12 giorni post incendio, mentre emergono significative differenze dopo 5 mesi.

Tabella 10: Analisi Unequal variance test per gli indici biologici.

Unequal variance test	Controllo	Controllo	Controllo	12 gg.	104 gg.	147 gg.
Indice di SHANNON	A 2011	P 2012	A 2012	post fuoco	post fuoco	post fuoco
Controllo A 2011	--	0,60	0,26	0,10	0,22	0,44
Controllo P 2012		--	0,27	0,06	0,22	0,66
Controllo A 2012			--	0,07	0,24	0,10
12 gg. post incendio				--	0,14	0,03*
104 gg. post fuoco					--	0,11
Unequal variance test	Controllo	Controllo	Controllo	12 gg.	104 gg.	147 gg.
Indice di BRILLOUIN	A 2011	P 2012	A 2012	post fuoco	post fuoco	post fuoco
Controllo A 2011	--	0,59	0,26	0,10	0,24	0,43
Controllo P 2012		--	0,27	0,06	0,21	0,66
Controllo A 2012			--	0,07	0,24	0,10
12 gg. post fuoco				--	0,14	0,03*
104 gg. post fuoco					--	0,10
Unequal variance test	Controllo	Controllo	Controllo	12 gg.	104 gg.	147 gg.
EVENNESS	A 2011	P 2012	A 2012	post fuoco	post fuoco	post fuoco
Controllo A 2011	--	0,57	0,33	0,11	0,28	0,91
Controllo P 2012		--	0,38	0,06	0,28	0,35
Controllo A 2012			--	0,11	0,09	0,08
12 gg. post fuoco				--	0,13	0,02*
104 gg. post fuoco					--	0,06
Unequal variance test	Controllo	Controllo	Controllo	12gg.	104gg.	147gg.
DIVERSITÀ α	A 2011	P 2012	A 2012	post fuoco	post fuoco	post fuoco
Controllo A 2011	--	0,59	0,26	0,10	0,22	0,44
Controllo P 2012		--	0,27	0,60	0,22	0,66
Controllo A 2012			--	0,07	0,24	0,10
12 gg. post fuoco				--	0,14	0,03*
104 gg. post fuoco					--	0,10
Unequal variance test	Controllo	Controllo	Controllo	12 gg.	104 gg.	147 gg.
SIMPSON	A 2011	P 2012	A 2012	post fuoco	post fuoco	post fuoco
Controllo A 2011	--	0,89	0,40	0,14	0,26	0,95
Controllo P 2012		--	0,35	0,09	0,21	0,91
Controllo A 2012			--	0,09	0,01**	0,05*
12 gg. post fuoco				--	0,16	0,04*
104 gg. post fuoco					--	0,04*
Unequal variance test	Controllo	Controllo	Controllo	12 gg.	104 gg.	147 gg.
BERGER-PARKER	A 2011	P 2012	A 2012	post fuoco	post fuoco	post fuoco
Controllo A 2011	--	0,88	0,46	0,25	0,34	0,92
Controllo P 2012		--	0,39	0,18	0,27	0,91
Controllo A 2012			--	0,05*	0,08	0,03*
12 gg. post fuoco				--	0,15	0,01**
104 gg. post fuoco					--	0,04*

$p \leq 0,05^*$; $p \leq 0,01^{**}$; $p \leq 0,001^{***}$; gg = giorni.

5.2.2 Analisi delle Componenti Principali e Cluster Analysis

L'analisi delle Componenti Principali (PCA) è stata condotta utilizzando una matrice rettangolare: siti campionati x gruppi EMI (ecomorfologici). Le componenti principali più significative secondo la tecnica del *broken stick* sono le prime tre (Fig.28).

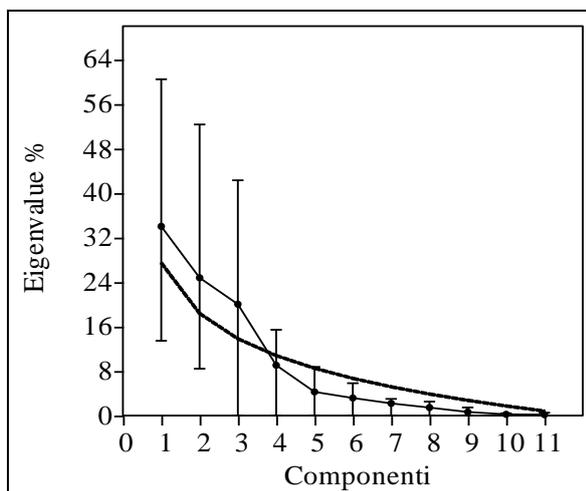


Figura 28: Rappresentazione delle componenti principali più significative con tecnica *broken stick*.

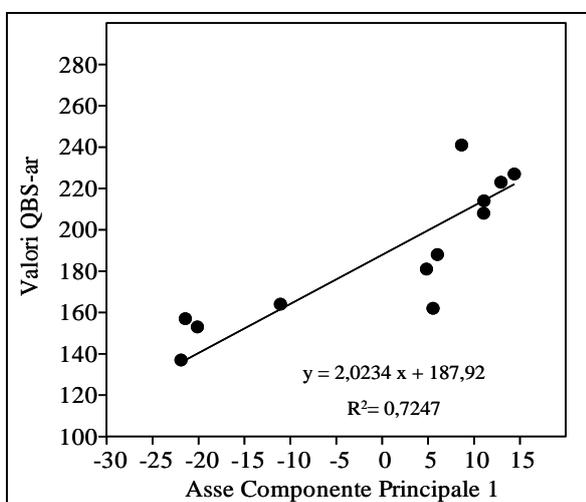


Figura 29: Relazione PC1 - QBS-ar.

Nel complesso le prime due componenti spiegano il 59% della varianza, la PC1 spiega il 34% della varianza totale e la PC2 il 25%. Inoltre la PC1 risulta significativamente correlata positivamente con i valori di QBS-ar ($R^2 = 0,72$) e può essere interpretata come un gradiente di qualità dei suoli disturbati e non disturbati dal passaggio del fuoco (Fig.29). La PC1 risulta influenzata principalmente da tre gruppi ecomorfologici, fortemente adattati alla vita edafica, gli pseudoscorpioni, i diplopodi ed i dipluri

(Fig.30). La PC2 risulta correlata invece al ruolo centrale dei collemboli adattati alla vita edafica ed ai sinfili. Nel quadrante formato dai due semiassi positivi delle due componenti principali sono presenti i soli siti controllo non disturbati dall'incendio. A 12 gg. dall'incendio si presenta una lieve diminuzione della varianza associata alla PC1, mentre maggiore è la riduzione rispetto alla seconda componente principale, entrambe influenzate da gruppi ecomorfologici fortemente adattati alla vita edafica. A 104 giorni si nota un'evidente diminuzione della varianza associata sia alla PC1 sia alla PC2 ed infatti i campioni si collocano nei due semiassi negativi delle componenti principali. A 147 giorni i campioni di suolo si collocano nel semiasse negativo della componente principale 1, ma si nota un aumento della varianza associata alla seconda componente principale rispetto ai campioni esaminati dopo 104 giorni (Fig.31).

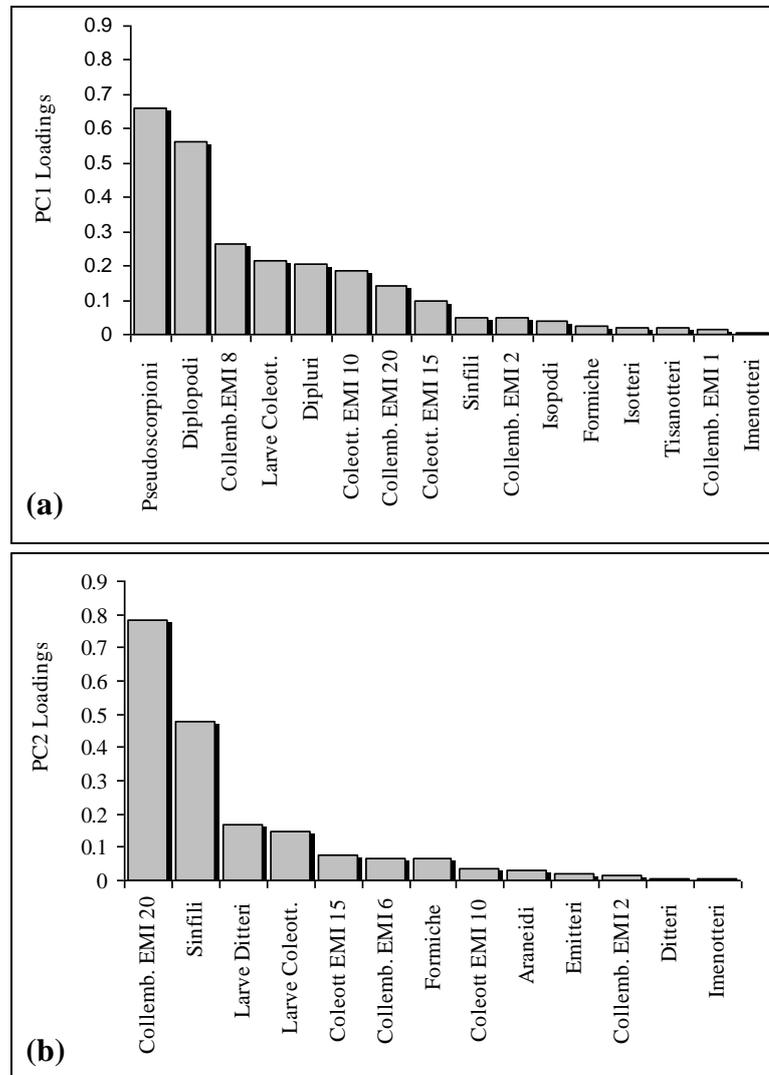


Figura 30: Loadings PC1 (a); loadings PC2 (b)

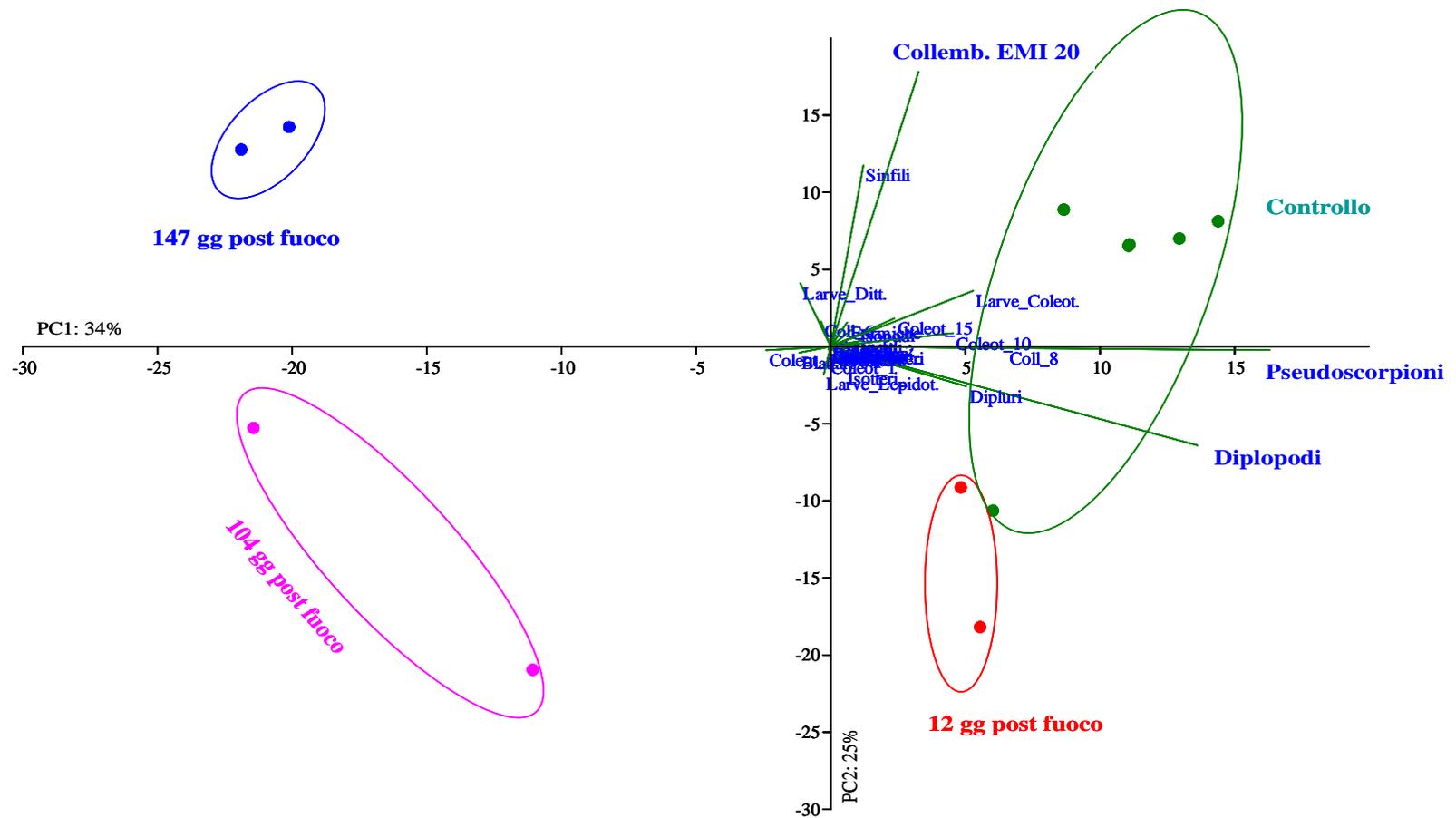


Figura 31: Analisi delle Componenti Principali con i gruppi EMI.

Da una cluster analysis (Fig.32) condotta sulla stessa matrice ottenuta con i gruppi EMI ed utilizzando la distanza euclidea (coefficiente di correlazione pari a 0,92) emerge che vi è una maggiore differenza tra i campioni non percorsi da incendio ed i campioni esaminati a 104 e 147 giorni dopo il passaggio del fuoco. Mentre i campioni esaminati dopo 12 giorni post incendio risultano più simili a quelli derivanti dalla situazione non disturbata, confermando quanto ottenuto con l'analisi delle componenti principali.

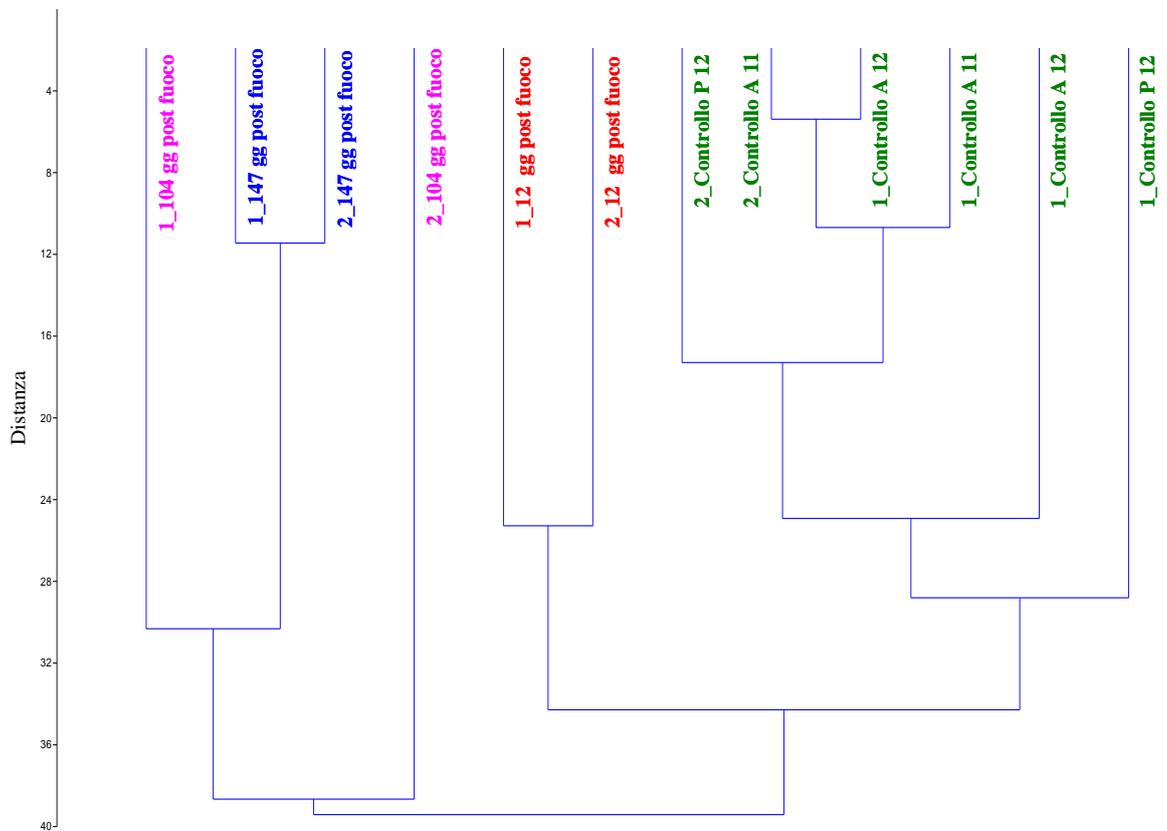


Figura 32: Cluster Analysis coi gruppi EMI.

5.2.3 SIMPER Analysis

Dalla SIMPER analysis condotta sulla matrice siti x gruppi EMI è emerso che le principali differenze tra il sito non percorso da incendio ed i campioni prelevati post incendio sono date dai seguenti gruppi ecomorfologici: collemboli (EMI 20), diploplodi, dipluri, pseudoscorpioni, sinfili che sono tutti gruppi con un forte adattamento alla vita edafica. Con la stessa analisi si evidenzia che le differenze presenti nella struttura delle comunità edafiche nei vari periodi di tempo analizzati dopo

l'incendio (12, 104 e 147 giorni) sono influenzate maggiormente da: collemboli (EMI 20), diplopodi, dipluri e pseudoscorpioni, come già evidenziato dall'analisi delle Componenti Principali.

5.2.4 Disturbo dell'incendio sull'abbondanza dei microartropodi edafici

Le analisi svolte sulle abbondanze degli individui presenti nei campioni di suolo esaminati per ogni sito (ind./m²) mostrano un maggior numero di microartropodi edafici nella situazione di controllo rispetto ai campioni prelevati a 12, 104 e 147 giorni dopo il passaggio del fuoco, anche se si evidenzia una grande variabilità nel campione di controllo prelevato nell'autunno 2011 (Fig.33).

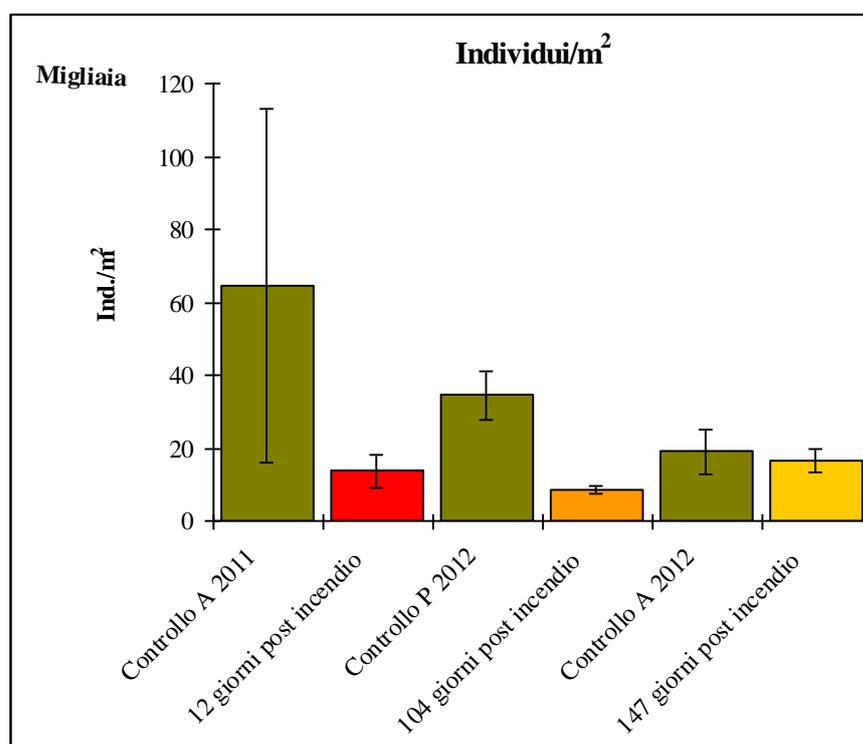


Figura 33: Grafico delle abbondanze dei gruppi EMI.

Inoltre i valori riscontrati a 104 giorni risultano inferiori a quelli rilevati a 12 e a 147 giorni. È da notare che a dispetto dell'alta variabilità riscontrata nel campione di controllo dell'autunno 2011 non ci sono differenze significative tra le diverse stagionalità del sito di controllo, mentre si riscontrano differenze significative tra il prelievo effettuato a 12 giorni rispetto al controllo sia dell'autunno 2011 sia della primavera 2012. Si riscontrano differenze significative anche tra il campione esaminato a 104 giorni dal passaggio del fuoco ed il proprio controllo (Primavera 2012), mentre

non si evidenziano differenze significative per quel che riguarda il campione a 147 giorni ed il rispettivo controllo (Autunno 2012). Anche tra i campioni prelevati subito dopo l'incendio(12 gg.) e nel breve periodo successivo (104 gg. e 147 gg.) non si riscontrano differenze significative (Tab.11).

Tabella 11: t-Test con le abbondanze normalizzate dei gruppi EMI.

t-TEST (abbondanza normalizzata)	Controllo A 2011	Controllo P 2012	Controllo A 2012	12 gg. post fuoco	104 gg. post fuoco	147 gg. post fuoco
Control A 2011		0,5	0,13	0,05*	0,05*	0,06
Control P 2012			0,13	0,03*	0,02*	0,04*
Control A 2012				0,30	0,32	0,34
12 gg. post incendio					0,67	0,93
104gg. post incendio						0,78

$p \leq 0,05^*$; $p \leq 0,01^{**}$; $p \leq 0,001^{***}$; gg = giorni.

Anche in questo caso è stata effettuata l'analisi MANOVA basata sulla misura della distanza di dissimilarità di Bray Curtis (Tab.12). L'analisi è stata applicata alla matrice dell'abbondanza dei gruppi ecomorfologici normalizzata. L'analisi è risultata altamente significativa con un F paria 5,844 e un valore di $p = 0,0001$. Il livello di significatività è stato corretto secondo la statistica di Bonferroni (Tab.12).

Tabella 12: MANOVA con abbondanze normalizzate dei gruppi EMI.

MANOVA	Controllo	12 gg post incendio	104 gg post incendio	147 gg post incendio
Controllo	-	0,2058	0,1932	0,2184
12 gg post incendio	0,2058		1	1
104 gg post incendio	0,1932	1		1
147 gg post incendio	0,2184	1	1	

gg = giorni

L'analisi multivariata è stata condotta su una matrice rettangolare data dai siti campionati x le abbondanze normalizzate dei gruppi ecomorfologici. Secondo la tecnica del *broken stick* sono tre le componenti maggiormente significative (Fig.34). Le prime due componenti principali spiegano più del 50% della varianza totale: la PC1 il 32% mentre la PC2 il 19% (Fig.35).

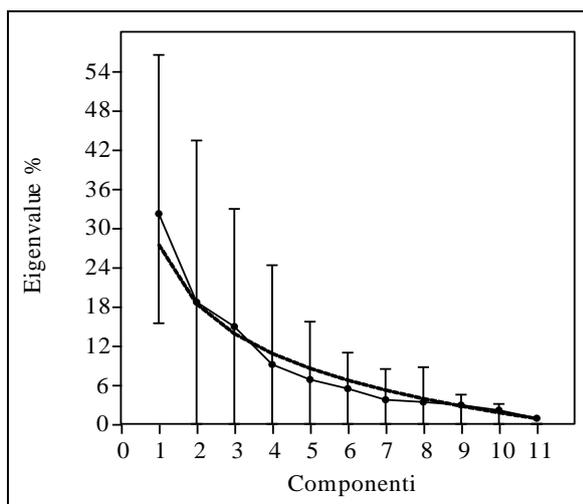


Figura 34: Rappresentazione delle Componenti Principali più significative con tecnica *broken stick*.

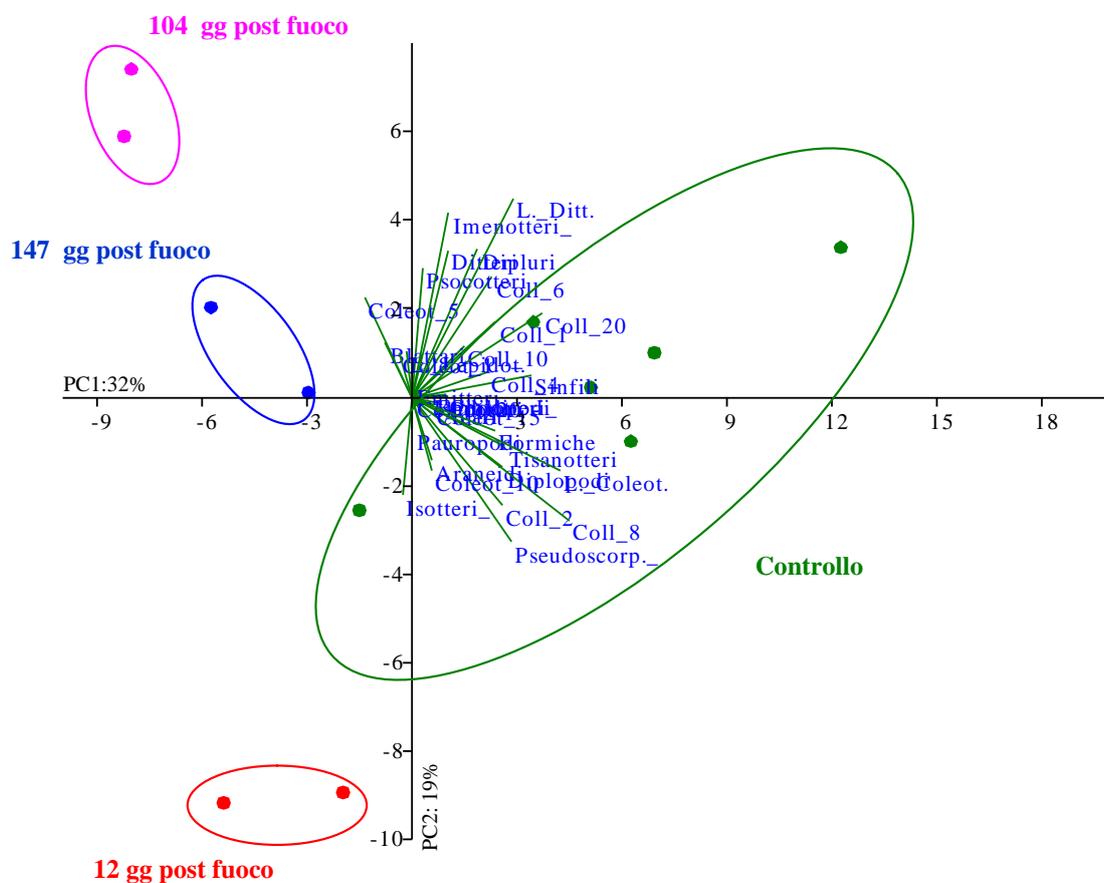


Figura 35: Analisi delle Componenti Principali con le abbondanze dei gruppi EMI.

Sulla prima componente principale il *taxa* che ha maggior peso per la propria abbondanza è rappresentato dai collemboli emiedafici (EMI 8), dalle larve di coleotteri e in misura minore anche dagli pseudoscorpioni e dai sinfili. Il gruppo ecomorfologico che pesa maggiormente per la propria abbondanza sulla seconda componente principale è quello costituito dalle larve di ditteri. Tutti i campioni di suolo esaminati dopo il passaggio del fuoco si vanno a collocare nel semiasse negativo della componente principale 1, con i campioni esaminati a 3 e 5 mesi dall'incendio che risultano meno influenzati dall'abbondanza dei gruppi ecomorfologici legati alla seconda componente principale.

L'analisi multivariata cluster, condotta utilizzando la distanza di similarità di Jaccard, ha dimostrato, con un coefficiente di correlazione pari a 0,877, un'elevata similarità tra i campioni controllo (Fig.36). Come per la cluster svolta sui gruppi ecomorfologici anche per la densità i campionamenti prelevati a 12 giorni dopo l'incendio sembrano essere più simili al sito di controllo che a quelli esaminati 147 giorni dopo l'incendio. I campioni esaminati 104 giorni dopo il passaggio del fuoco clusterizzano isolati evidenziando una maggior differenza di numero di individui rispetto all'altro cluster.

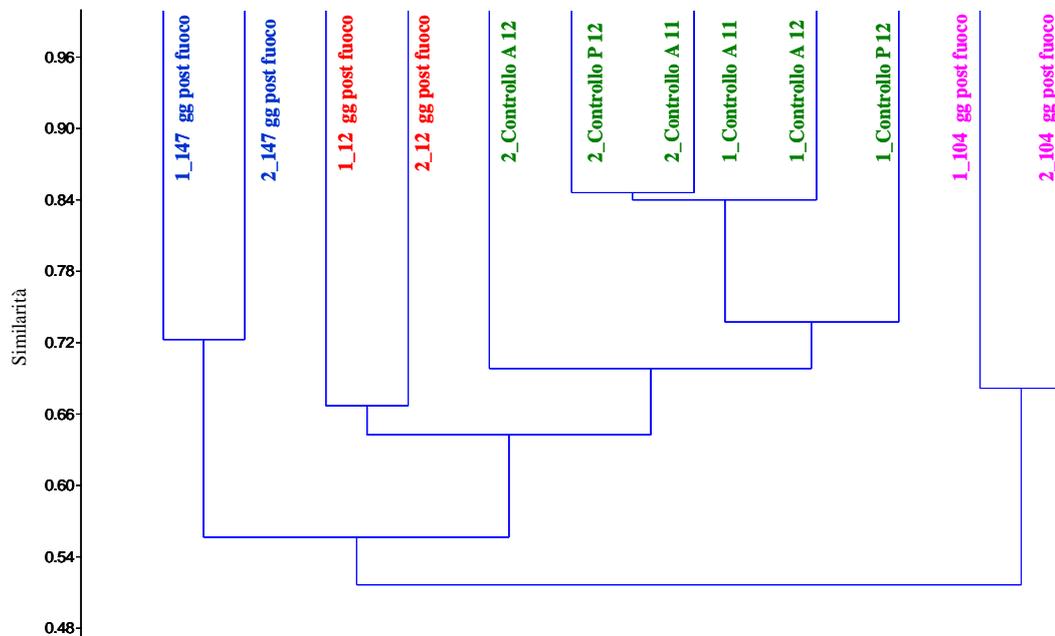


Figura 36: Cluster analysis con le abbondanze dei gruppi EMI.

Dalla SIMPER analisi condotta sulla matrice siti campionati x densità riscontrata per ogni gruppo EMI (ind./m²) emerge che la maggior differenza è tra i campioni di controllo (Autunno 2011 e Primavera 2012) e i siti analizzati dopo 104 giorni, con un contributo percentuale rispettivamente di 65,6% e 58,9%. Il contributo maggiore di questa dissimilarità è dato per lo più dall'abbondanza di acari e collemboli. Tra i campioni analizzati 12 giorni dopo il fuoco e i 104 giorni la dissimilarità risulta del 38,2%, mentre con i campioni analizzati dopo 147 giorni la differenza è del 41,6% data nel primo caso prevalentemente dagli acari (57,6%), mentre nel secondo caso dai collemboli (46,1%). Tra i 104 e i 147 giorni la differenza risulta del 43,9% ed è data in prevalenza dai collemboli. Non si riscontrano rilevanti differenze tra le abbondanze degli individui presenti in ogni *taxa* per quel che riguarda la stagionalità con una dissimilarità massima tra autunno 2011 e primavera 2012 del 41,2 % data prevalentemente dalle larve di dittero. Minor differenza (23,3%) si riscontra tra la Primavera 2012 e l'Autunno 2012. In questo caso la dissimilarità è data per lo più dall'abbondanza dei collemboli.

5.2.5 Analisi chimico - fisiche e qualità biologica del suolo

Dalle analisi svolte non emergono relazioni significative tra l'umidità e la qualità biologica del suolo con un coefficiente di determinazione pari a 0,001. Nemmeno la temperatura risulta correlata con i valori di QBS-ar ottenuti ($R^2 = 0,111$). Inoltre dalle analisi non emergono correlazioni tra l'umidità e la temperatura del suolo rispetto alle abbondanze dei microartropodi edafici con un coefficiente di determinazione rispettivamente di 0,05 e di 0,004. Nella tabella 13 sono riportati tutti i dati relativi alle misurazioni dell'umidità e della temperatura del suolo effettuate in località Cerretti subito dopo il passaggio del fuoco (12 gg.) e nel breve periodo successivo (104 gg. e 147 gg.).

Una correlazione significativa esiste invece tra la quantità di sostanza organica e i valori di QBS-ar con un coefficiente di determinazione (R^2) pari a 0,8367 (Fig.37), mentre non risulta alcuna relazione significativa tra la qualità biologica del suolo e il pH (H₂O) con un R^2 pari a 0,002. La quantità di individui su metro quadrato non risulta in relazione con il pH ($R^2 = 0,198$), mentre la sostanza organica rileva un coefficiente di determinazione maggiore ($R^2 = 0,691$). In questo caso il pH e la quantità di sostanza organica sono stati confrontati anche con i valori ottenuti nell'area controllo nella primavera 2011 in modo da poter osservare i cambiamenti dei parametri chimici del

suolo dopo il passaggio del fuoco. Si osserva un aumento dell'alcalinità del terreno subito dopo il passaggio del fuoco dovuta alla presenza di cenere e una riduzione della quantità di sostanza organica. Mentre il pH tende a tornare alla situazione iniziale nell'arco dei cinque mesi la riduzione di sostanza organica è maggiormente evidente nei rilievi svolti a 104 e 147 giorni dal passaggio del fuoco .

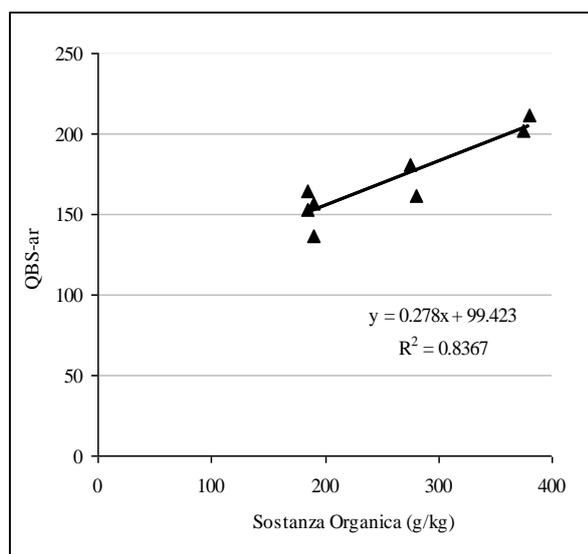


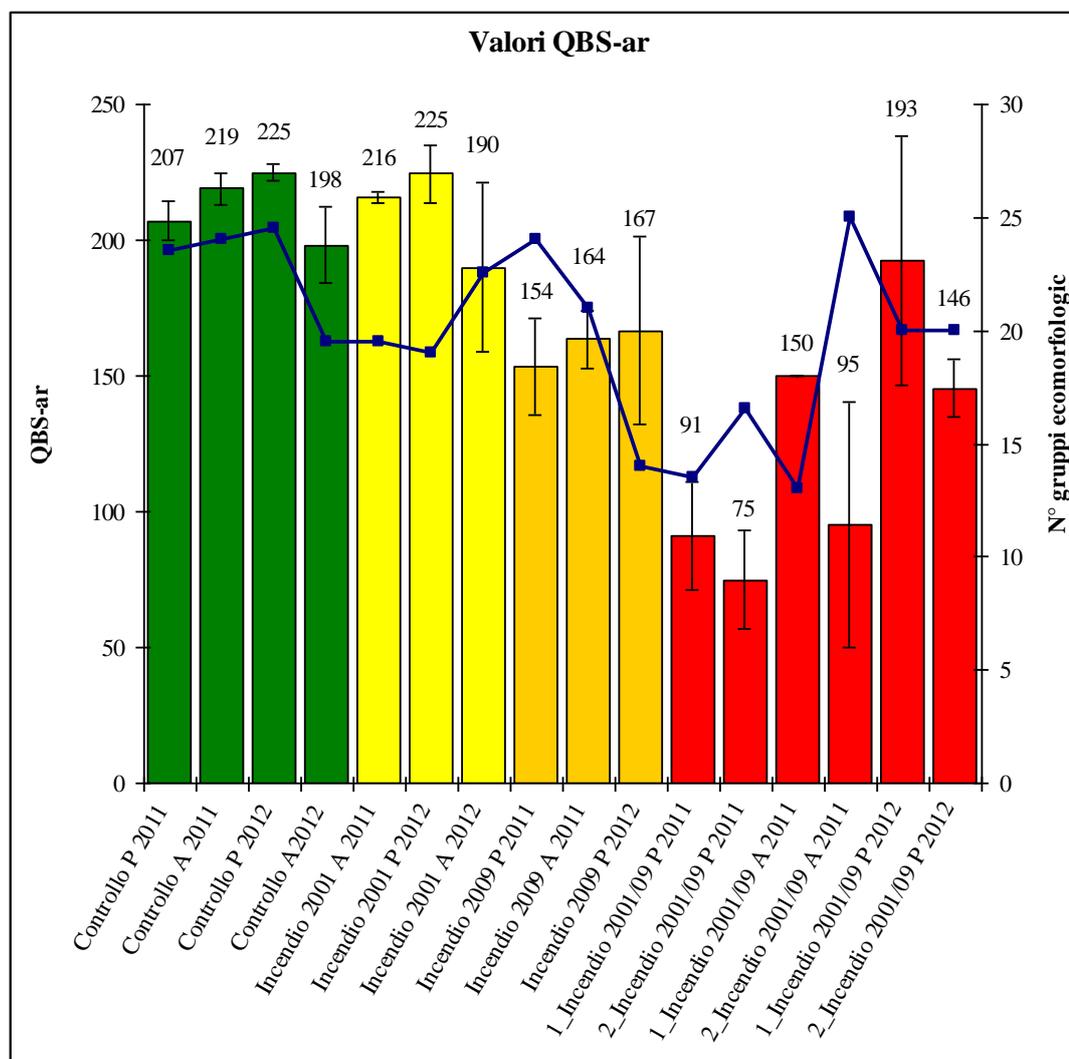
Figura 37: Correlazione tra QBS-ar e sostanza organica.

Tabella 13: Dati dell'umidità e della temperatura del suolo.

Siti campionamento	Umidità suolo	Deviazione Standard	Temperatura suolo	Deviazione Standard
	% Vol		degC	
1 - 12 gg. punto 1	4,27	0,06	18,27	1,06
1 - 12 gg. punto 2	14,70	0,00	13,67	0,50
1 - 12 gg. punto 3	3,80	0,00	15,83	0,35
2 - 12 gg. punto 1	8,90	0,00	20,20	0,50
2 - 12 gg. punto 2	6,30	0,00	21,17	0,25
2 - 12 gg. punto 3	9,10	0,00	19,07	0,42
1 - 104 gg. punto 1	7,23	0,06	28,43	0,45
2 - 104 gg. punto 2	6,43	0,06	28,20	0,72
3 - 104 gg. punto 3	7,00	0,00	27,93	0,35
2 - 104 gg. punto 1	7,20	0,00	32,30	0,75
2 - 104 gg. punto 2	6,90	0,00	30,23	0,55
2 - 104 gg. punto 3	8,50	0,00	28,73	1,01
1 - 147 gg. punto 1	5,80	0,00	26,60	1,08
1 - 147 gg. punto 2	5,33	0,06	26,30	0,40
1 - 147 gg. punto 3	7,70	0,00	25,80	0,46
2 - 147 gg. punto 1	7,50	0,00	25,53	0,35
2 - 147 gg. punto 2	12,50	0,00	24,30	0,30
2 - 147 gg. punto 3	6,40	0,00	26,30	0,40

5.3 Disturbo dell'incendio sulla qualità biologica del suolo nelle pinete percorse dal fuoco nel 2001, nel 2009 e nel 2001/2009

I valori di QBS-ar sono risultati più elevati nel controllo e nei campioni riferiti all'incendio 2001. Per il controllo il range di valori ottenuti va da 198 a 225, mentre per i campioni riferiti al 2001 va da 190 a 225. Il valore massimo per entrambi i campioni lo si riscontra nella primavera del 2012. I campioni riferiti all'incendio del 2009 sono rappresentati da valori intermedi :154; 164; 167, mentre i campioni scelti per le aree percorse dal fuoco sia nel 2001 che nel 2009 mostrano i valori minimi (91; 75) durante la primavera 2011. Nell'autunno 2011 questi valori tendono ad aumentare (150; 95) sino a raggiungere per entrambi i campioni, nella primavera 2012, valori associabili a suoli occupati da boschi (Fig.38).



A = Autunno; P = Primavera

Figura 38: Grafico valori QBS-ar.

Non sempre il maggior numero di gruppi ecomorfologici riscontrato equivale ad un maggior valore di QBS-ar, ciò nonostante la correlazione che esiste fra questi due parametri risulta ancora molto forte con un R^2 pari a 0,818 (Fig.39) che aumenta ulteriormente nelle diverse stagionalità prese in esame (Primavera, Autunno) con un R^2 rispettivamente di 0,87 e di 0,84. (Fig. 40). Il minor numero di *taxa* (13) si riscontra nel primo campione di suolo percorso due volte dal fuoco (Autunno 2011), mentre il maggior numero di *taxa* (25) nel secondo campione bruciato sia nel 2001 sia nel 2009 e prelevato nell'autunno 2011. Sebbene in quest'ultimo campione si rilevi un maggior numero di *taxa* sia nella primavera che nell'autunno del 2011, i gruppi ecomorfologici che lo rappresentano non mostrano particolari adattamenti alla vita ipogea ed infatti il QBS-ar risulta appena di 75 e di 95.

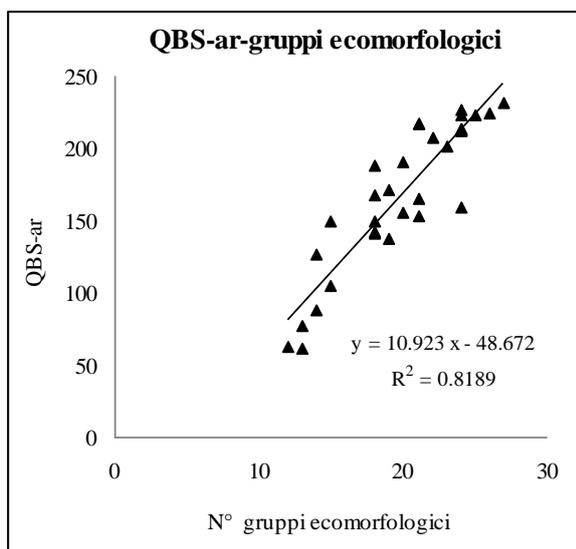


Figura 39: Correlazione tra valori QBS-ar e numero di gruppi ecomorfologici.

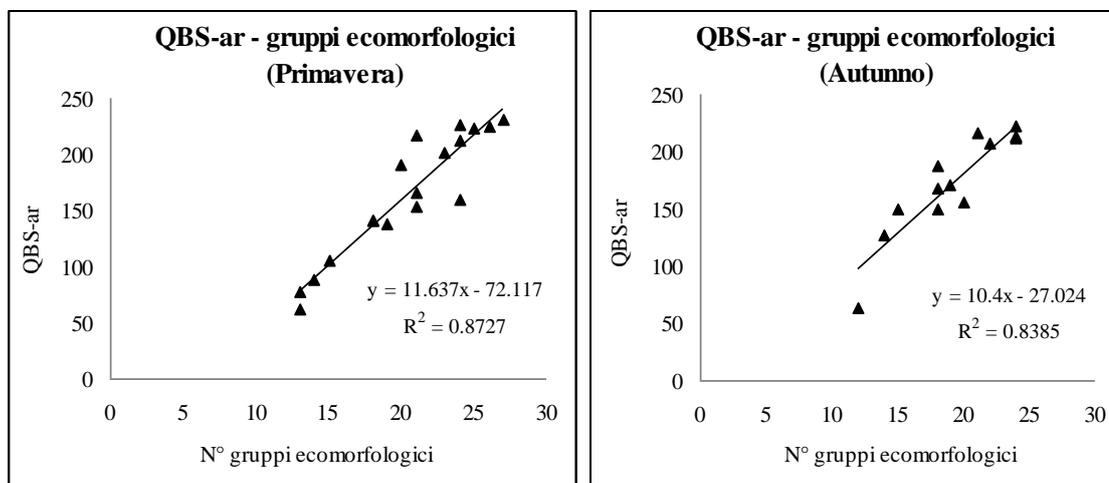


Figura 40: Correlazione QBS-ar e numero di gruppi ecomorfologici nelle diverse stagioni; (a) Primavera; (b)Autunno.

Il test parametrico (t-Test) svolto tra la qualità biologica del suolo rinvenuta nei campioni controllo nelle diverse stagionalità non evidenzia differenze significative. La stessa analisi è stata fatta per i campioni 2001 e 2009 che mostrano i medesimi risultati sopra descritti. L'unica differenza significativa emerge nel gruppo di campioni incendiati due volte ed in particolare tra la primavera 2011 e la primavera 2012. Infatti i valori di QBS-ar, riscontrati nella primavera 2011, risultano molto più bassi rispetto a quelli riscontrati nel 2012, dove si ottengono ormai valori associabili ai boschi (Tab.14).

Dal t-Test effettuato tra i campioni controllo e i vari campioni percorsi da incendio nei diversi intervalli di tempo (2001, 2009) e nelle diverse frequenze (2001/2009) (Tab.15) sono emerse significative differenze per quel che riguarda il confronto tra controllo e i suoli incendiati nel 2009 sino alla primavera del 2012 dove il QBS-ar torna ad assumere valori paragonabili al controllo. L'unico caso in cui si ha una differenza non significativa, con un $p = 0,06$, è tra il campione incendiato nel 2009 e il suo rispettivo controllo (Primavera 2011).

Tabella 14: t-Test valori QBS nelle diverse stagionalità.

t-Test QBS-ar	Controllo P11	Controllo P12	Controllo A11	Controllo A12
Controllo P11	-	0,08	0,23	0,50
Controllo P12	-	-	0,32	0,12
Controllo A11			-	0,20
t-Test QBS-ar	Bruciato 2009 P11	Bruciato 2009 P12	Bruciato 2009 A11	
Bruciato 2009 P11	-	0,68	0,56	
Bruciato 2009 P12		-	0,92	
Bruciato 2009 A11			-	
t-Test QBS-ar	Bruciato 2001/09 P 11	Bruciato 2001/09 P 12	Bruciato 2001/09 A11	Legenda
Bruciato 2001/09 P11		0,007**.	0,13	= P/A
Bruciato 2001/09 A11			0,15	= P/P
				= A/A
t-Test QBS-ar	Bruciato 2001 A 11	Bruciato 2001 A12	Bruciato 2001 P 12	A = Autunno P = Primavera
Bruciato 2001 A11	-	0,37	0,36	
Bruciato 2001 A 12		-	0,28	

$p \leq 0,05^*$; $p \leq 0,01^{**}$; $p \leq 0,001^{***}$

Tabella 15: t-Test valori QBS nel medio-lungo periodo e con diverse frequenze d'incendio.

t-Test QBS-ar	Bruciato 2001 P12	Bruciato 2001 A11	Bruciato 2001 A12
Controllo P11	0,19	0,25	0,53
Controllo P12	0,95	0,06	0,25
Controllo A11	0,56	0,59	0,33
Controllo A12	0,17	0,23	0,77
t-Test QBS-ar	Bruciato 2009 P11	Bruciato 2009 P12	Bruciato 2009 A11
Controllo P11	0,06	0,25	0,04*
Controllo P12	0,03*	0,14	0,02*
Controllo A11	0,04*	0,17	0,02*
Controllo A12	0,11	0,35	0,11
t-Test QBS-ar	Bruciato 2001/09 P11	Bruciato 2001/09 P12	Bruciato 2001/09 A11
Controllo P11	0,001***	0,26	0,05*
Controllo P12	0,0004***	0,12	0,03*
Controllo A11	0,001***	0,16	0,04*
Controllo A12	0,17	0,23	0,77
t-Test QBS-ar	Bruciato 2009 P11	Bruciato 2009 P12	Bruciato 2009 A11
Incendio 2001 A11	0,04*	0,18	0,02*
Incendio 2001 A12	0,29	0,55	0,37
Incendio 2001 P12	0,04*	0,38	0,03*
t-Test QBS-ar	Bruciato 2001/09 P11	Bruciato 2001/09 P12	Bruciato 2001/09 A11
Incendio 2001 A11	0,001***	0,18	0,04*
Incendio 2001 A12	0,005**	0,54	0,12
Incendio 2001 P12	0,001***	0,13	0,03*

$p \leq 0,05^*$; $p \leq 0,01^{**}$; $p \leq 0,001^{***}$; n.s.= non significativo

L'analisi fatta per confrontare i campioni incendiati nel 2001 rispetto a quelli bruciati nel 2009 mostra differenze significative molto simili a quelle riscontrate tra i campioni controllo e i campioni bruciati nel 2009, ma dall'analisi sono stati esclusi i dati che non è stato possibile rilevare per il 2001 (Primavera 2011).

Anche per il confronto tra controllo e i campioni percorsi due volte dall'incendio si riscontrano differenze significative sino alla primavera 2012 dove, invece, il suolo ritorna ad essere paragonabile al controllo. Dal confronto tra controllo e suoli percorsi due volte dal fuoco si riscontrano differenze maggiormente significative nella primavera 2011 rispetto ai dati ottenuti nella stagione autunnale dello stesso anno

Il confronto tra i campioni incendiati nel 2001 e i campioni percorsi due volte dal fuoco mostra differenze significative così come per il confronto tra controllo ed incendiato 2001/2009 ad esclusione di quei valori non confrontabili a causa della mancanza di dati. L'analisi non parametrica MANOVA effettuata tra i gruppi ecomorfologici dei campioni controllo rispetto ai campioni di suolo percorsi dal fuoco ha mostrato differenze significative (Tab.16). Inizialmente sono stati messi a confronto il gruppo dei campioni controllo con il gruppo dei campioni percorsi dal fuoco nelle diverse stagionalità e l'analisi ha messo in evidenza significative differenze ($p = 0,01$) Successivamente si sono confrontate le comunità edafiche del controllo rispetto a quelle presenti nel gruppo dei campioni incendiati due volte, rilevate nelle diverse stagionalità, e in questo caso è emersa una differenza altamente significativa con un $p = 0,001$. Dove l'analisi ha mostrato valori significativi è stata effettuata una correzione con Bonferroni. Non sono invece emerse differenze significative ($p = 0,339$) per il confronto tra il gruppo controllo e i campioni incendiati una volta sola, nel 2001 o nel 2009.

Tabella 16: NP-MANOVA tra campioni controllo e campioni percorsi da incendio.

Campioni (Primavera 2011, Autunno 2011) (Primavera 2012, Autunno 2012)	F	NP-MANOVA
Controllo Incendio (2001,2009, 2001/2009)	4,108	0,01 *
Controllo Incendiati 2 volte (2001 e 2009)	8,931	0,001 ***
Controllo Incendiati 1 volta sola (2001, 2009)	1,236	$p = 0,35$ n.s.

$p \leq 0,05^*$; $p \leq 0,01^{**}$; $p \leq 0,001^{***}$; n.s.= non significativo.

5.3.1 Analisi delle Componenti Principali e Cluster Analysis

Anche l'Analisi delle Componenti Principali mostra come il passaggio del fuoco influenzi in modo differente le componenti edafiche del suolo a seconda della frequenza dell'incendio. La varianza spiegata dalle due componenti principali è nel complesso pari a 56%: 40% per la prima componente e 16% per la seconda. Le componenti che risultano maggiormente significative secondo la tecnica del *broken stick* sono le prime tre. I gruppi ecomorfologici che influiscono maggiormente sulla prima componente principale sono: pseudoscorpioni, diplopodi, sinfili, chilopodi, pauropodi, proturi; mentre quelli che influenzano sulla seconda componente sono: pauropodi, sinfili,

collemboli EMI 20. (Fig.41). Nel quadrante positivo della componente principale 1 troviamo tutti i campioni controllo e la maggior parte dei campioni incendiati nel 2001.

I campioni incendiati due volte invece si distribuiscono tutti sull'asse negativo della componente principale 1, ma mentre la maggior parte dei campioni prelevati nella primavera 2012 si distribuiscono sull'asse positivo della componente 2, la maggior parte di quelli prelevati nella primavera 2011 si posizionano sull'asse negativo (Fig.42).

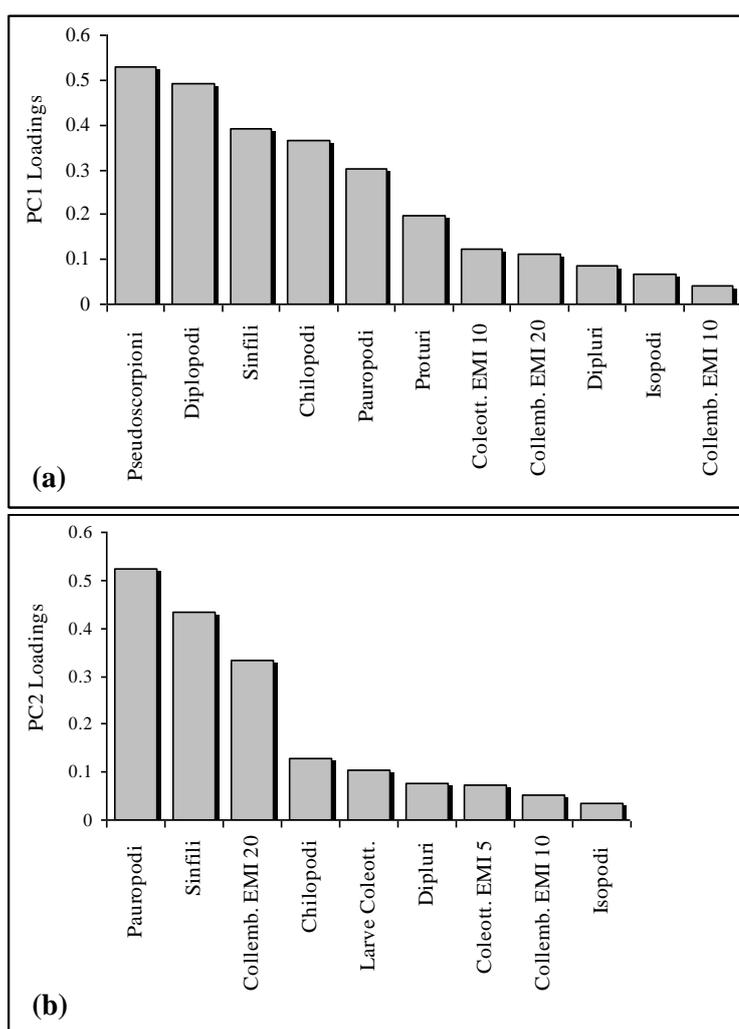


Figura 41: Loadings PC1 (a) e Loadings PC2 (b).

Anche la cluster analysis (Fig.43) condotta sulla matrice ottenuta con i gruppi EMI, utilizzando la distanza euclidea (coefficiente di correlazione pari a 0,865), conferma le differenze tra le comunità di microartropodi edafici presenti nei siti esaminati, a seconda del tipo di incendio subito. In particolare i campioni controllo e i campioni 2001 sono meno distanti fra loro rispetto ai campioni incendiati due volte che tendono ad essere più simili tra loro.

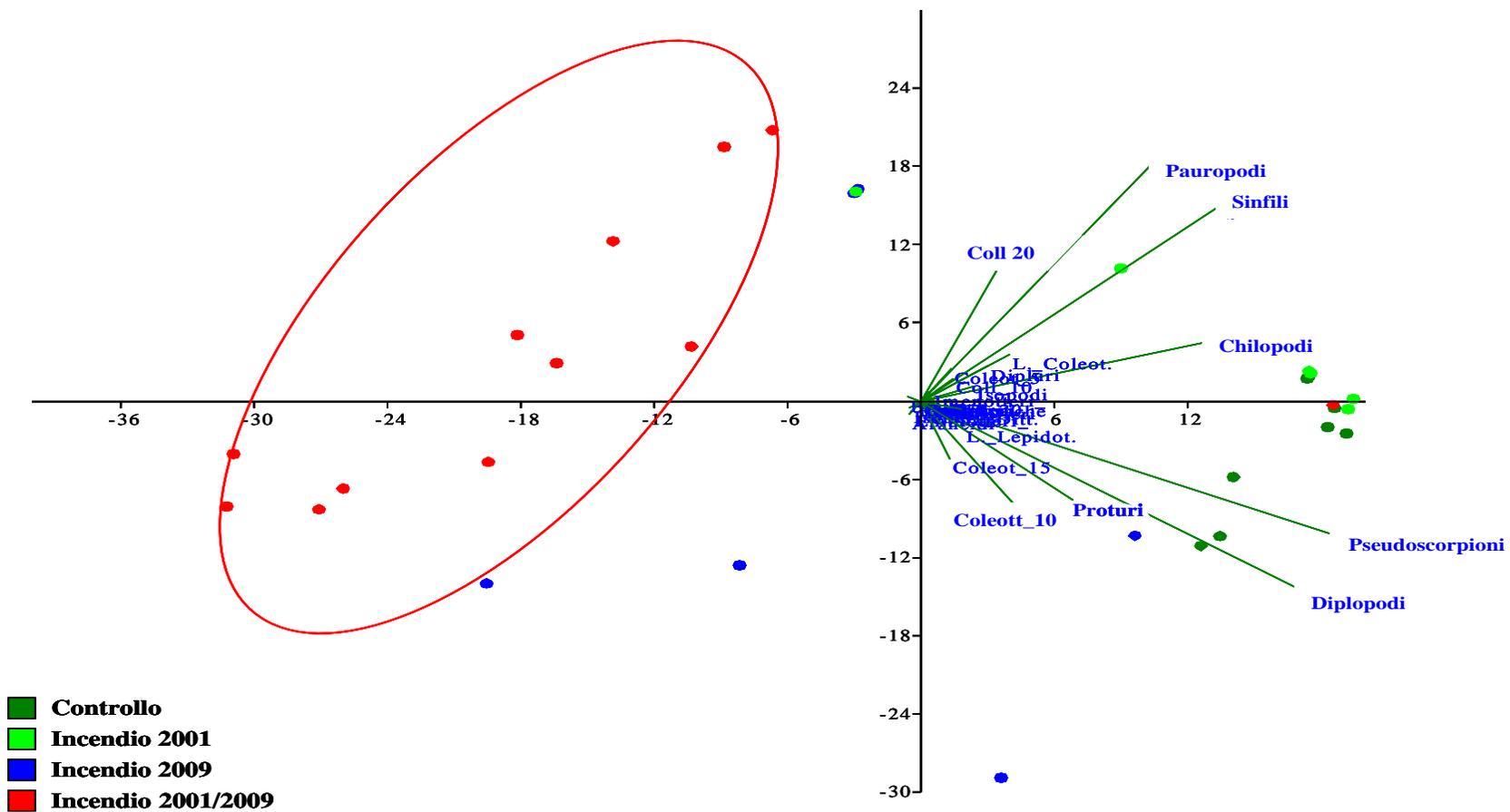


Figura 42: Analisi delle Componenti Principali con i gruppi EMI.

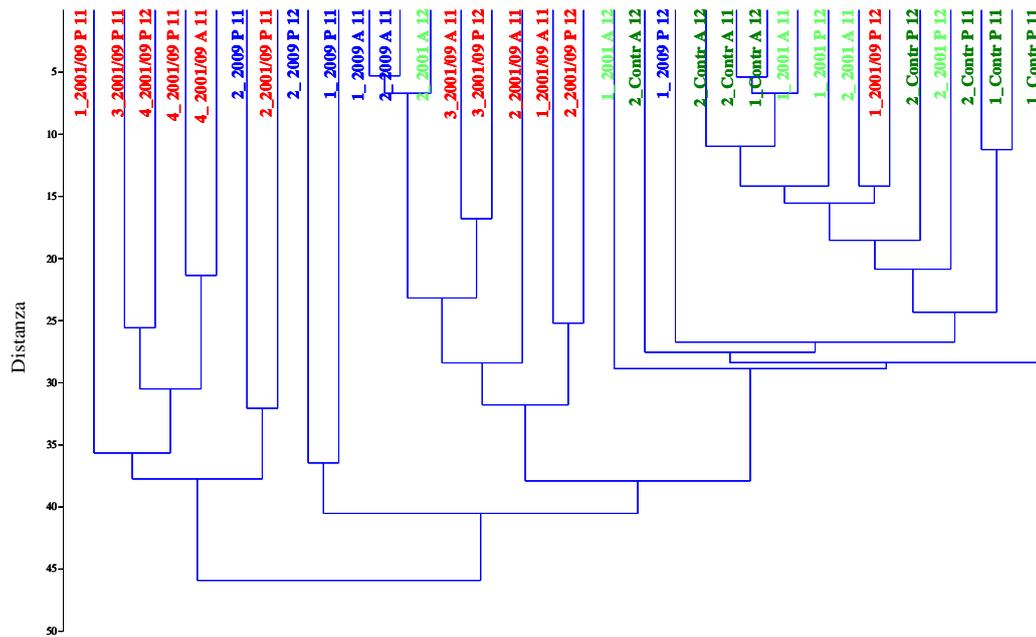


Figura 43: Cluster Analysis con i gruppi EMI.

5.3.2 SIMPER Analysis

Dall'analisi SIMPER emerge che la maggior dissimilarità è tra il gruppo controllo rispetto al gruppo incendiato due volte con una percentuale pari al 32%. Una dissimilarità minore (15%) la si riscontra tra il gruppo controllo rispetto al gruppo dei campioni incendiati una volta sola.

La dissimilarità percentuale riscontrata invece tra il gruppo controllo e il gruppo dei campioni incendiati, indipendentemente se una o due volte, è risultata pari al 24%.

I gruppi ecomorfologico che differenziano maggiormente i siti incendiati da quelli non percorsi dal fuoco sono quello degli pseudoscorpioni e dei diplopodi che pesano sulla dissimilarità tra incendiati e non, con una percentuale pari circa al 14%, mentre tra i siti controllo e i siti incendiati due volte il loro peso è pari al 15%.

5.3.3 Indici di biodiversità

Dal calcolo dei maggiori indici di biodiversità è emerso che il maggior valore riscontrato per l'indice di Shannon e Brillouin (1,9) lo si ha nei campioni controllo prelevati nel 2011 e nel campione di suolo bruciato nel 2001 prelevato nella primavera 2012. Il valore minimo è dato invece dal campione 1 percorso due volte dal fuoco (1,4)

(Fig.44). Lo stesso *trend* vale per l'Evenness con il valore massimo pari a 0,6 e il valore minimo pari a 0,3. La diversità α nel punto 1 percorso due volte dal fuoco vale 2,7 (Primavera 2012), mentre il suo valore minimo è rappresentato dal campione 2 incendiato due volte e prelevato nell'autunno 2011 (1,4) (Fig.45).

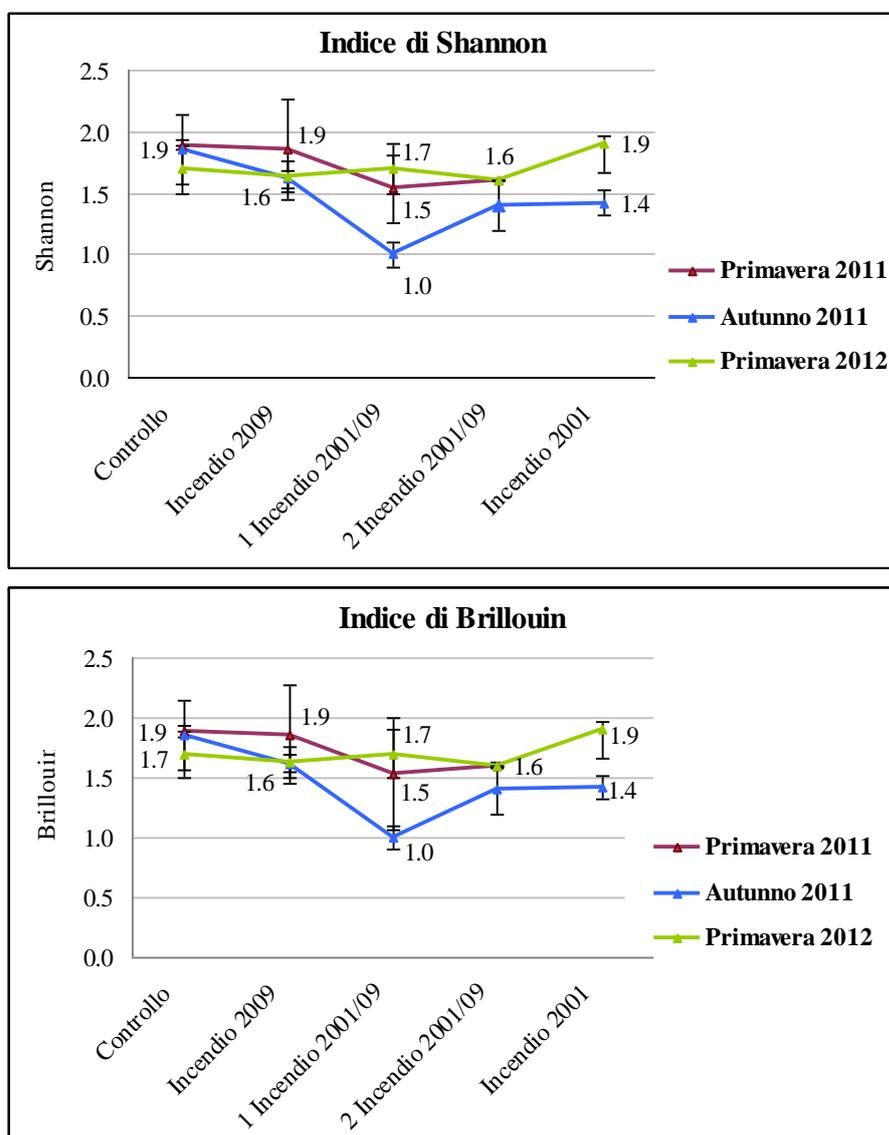


Figura 44: Indici di biodiversità – ricchezza di specie.

Gli indici di Simpson e Berger-Parker presentano un andamento opposto tra loro ed in particolare ciò si evidenzia per i valori riferiti al primo campione incendiato due volte. Mentre per Simpson esso è rappresentato dal valore minimo (0,4) nel secondo caso si ha invece il massimo valore raggiunto (0,8). I campioni controllo per quel che riguarda Simpson presentano un valore di 0,7, mentre per Berger-Paker il loro valore è di 0,5. (Fig.46).

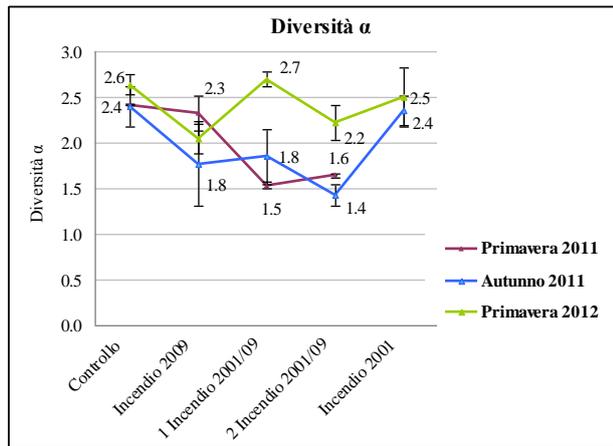
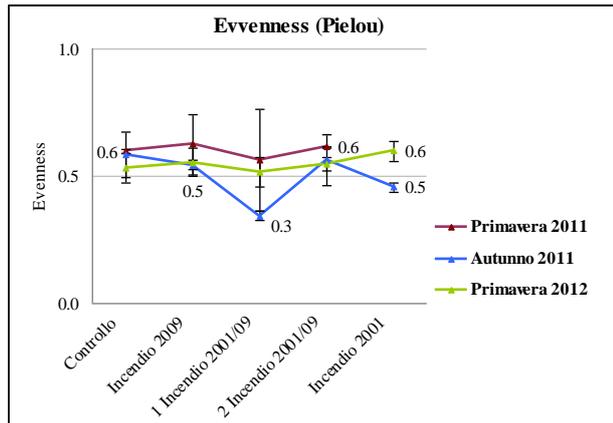


Figura 45: Indici di biodiversità – ricchezza di specie.

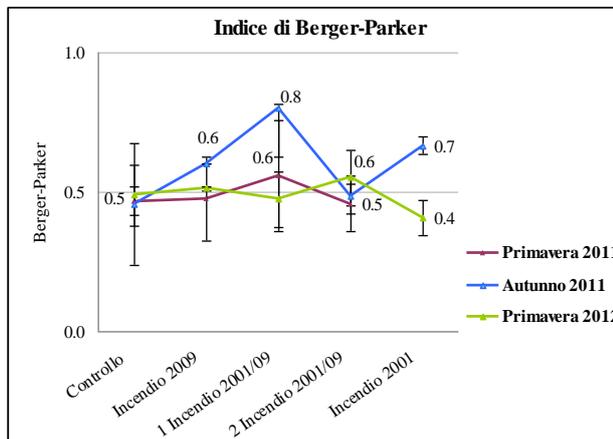
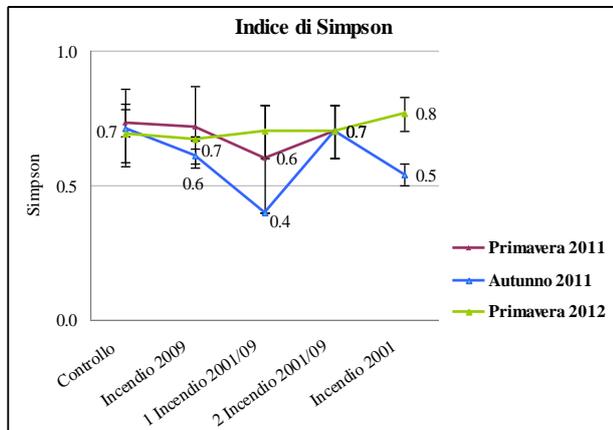


Figura 46: Indici di biodiversità – dominanza di specie.

Dai risultati ottenuti sembra che a risentire del passaggio del fuoco sulla ricchezza di specie e sull'abbondanza sia la prima area incendiata sia nel 2001 sia nel 2009, ma questa riduzione di biodiversità non risulta significativa. Allo stesso tempo però, l'Unequal variance t-Test tra i campioni controllo e i campioni incendiati due volte mostra significative differenze per l'indice di Shannon e Brillouin con valori di p pari a 0,01, mentre per la diversità α la significatività è rappresentata da una $p = 0,03$.

5.3.4 Disturbo dell'incendio sull'abbondanza dei microartropodi edafici

Dai dati ottenuti durante il campionamento primaverile ed autunnale del 2011, il numero di microartropodi su metro quadrato risulta minore nei campioni percorsi dal fuoco rispetto ai campioni controllo e la differenza risulta ancor più rilevante rispetto ai campioni incendiati due volte. Ciò nonostante il campionamento effettuato durante l'autunno 2012 evidenzia un aumento degli individui nei suoli bruciati nel 2009 e nel 2001/2009 rispetto ai rilievi precedenti. La maggior abbondanza di microartropodi si riscontra nel campione controllo prelevato nell'autunno 2011 con 64683 individui, mentre l'abbondanza minore la si trova nel campione 2 percorso dal fuoco due volte (Primavera 2011) con 6582 individui (Fig.47).

I dati delle abbondanze, dopo essere stati normalizzati, sono stati utilizzati per effettuare l'analisi MANOVA che ha mostrato differenze significative tra i gruppi ecomorfologici del controllo rispetto a quelli dei campioni bruciati ($p = 0,004$). Differenze maggiormente significative si sono riscontrate nel confronto effettuato tra il controllo e i campioni incendiati due volte ($p = 0,0003$) (Tab.17)

Tabella 17 MANOVA con abbondanze dei gruppi EMI.

Campioni (Primavera 2011, Autunno 2011, Primavera 2012, Autunno 2012)	F	MANOVA
Controllo Incendio (2001,2009, 2001/2009)	F=3,98	$p = 0,002^{**}$
Controllo Incendiato due volte (2001/2009)	F=6,836	$p = 0,0002^{***}$
Controllo Incendiato una volta sola (2001, 2009)	F=1,874	$P = 0,07$ n.s.

$p \leq 0,05^*$; $p \leq 0,01^{**}$; $p \leq 0,001^{***}$; n.s.= non significativo.

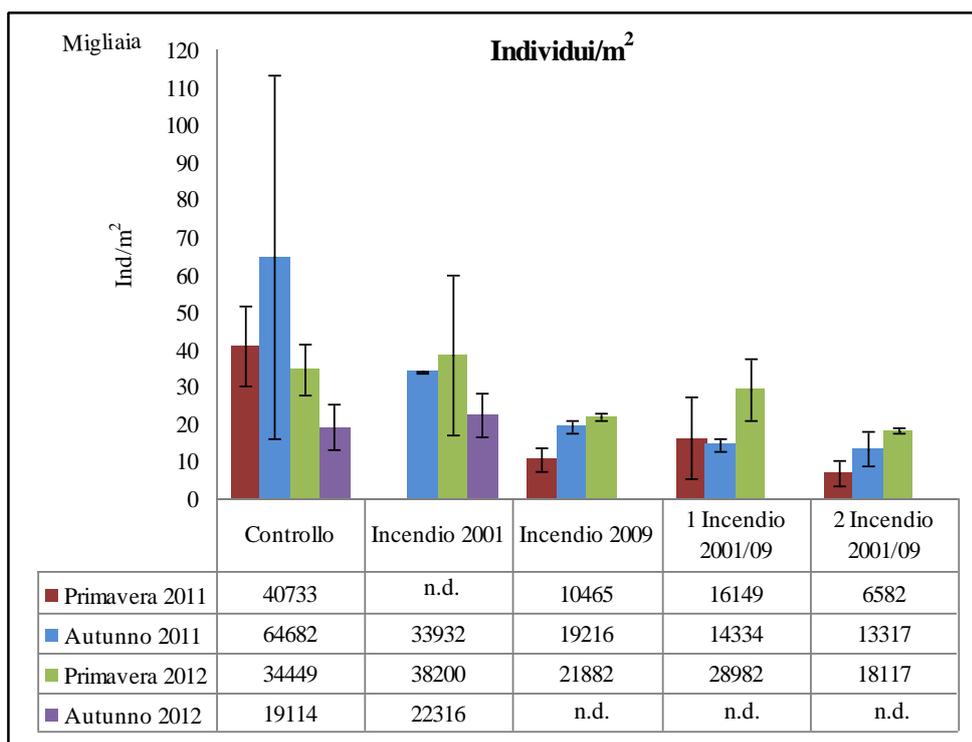


Figura 47: Grafico delle abbondanze dei gruppi EMI.

La SIMPER analisi, basata sul confronto tra i siti incendiati e i siti controllo, mostra una dissimilarità percentuale del 30% che aumenta sino al 36% se si paragonano i siti non bruciati con quelli percorsi due volte dal fuoco. I gruppi ecomorfologici che influenzano maggiormente tale diversità sono i sinfili, i diplopodi e i tisanotteri che nei siti percorsi una o più volte dal fuoco, tendono numericamente a diminuire.

L'Analisi delle Componenti Principali, basata sulla matrice delle abbondanze normalizzate, mostra una varianza complessiva del 39% con la PC1 che spiega il 29% e la PC2 che spiega il 10% della varianza complessiva. I gruppi controllo e i gruppi incendiati nel 2001 si vanno a posizionare quasi tutti sull'asse positivo della componente 1 mentre i gruppi rappresentati dai campioni incendiati nel 2009 e nel 2001/2009 sull'asse negativo (Fig.48).

Sebbene la varianza nel suo complesso non raggiunga il 50%, si è osservato che le abbondanze che influiscono maggiormente sulla prima componente sono quelle del gruppo dei sinfili, seguito da quello dei diplopodi e degli pseudoscorpioni.

La cluster analysis fatta con distanza euclidea e coefficiente di correlazione pari a 0,76 mostra anch'essa una differenza per quel che riguarda l'abbondanza tra i siti controllo e i siti incendiati. I siti controllo e i siti incendiati nel 2001 vanno a costituire lo stesso gruppo che si differenzia a sua volta dall'altro *cluster* costituito prevalentemente dai campioni incendiati solo nel 2009 e nel 2001/2009.

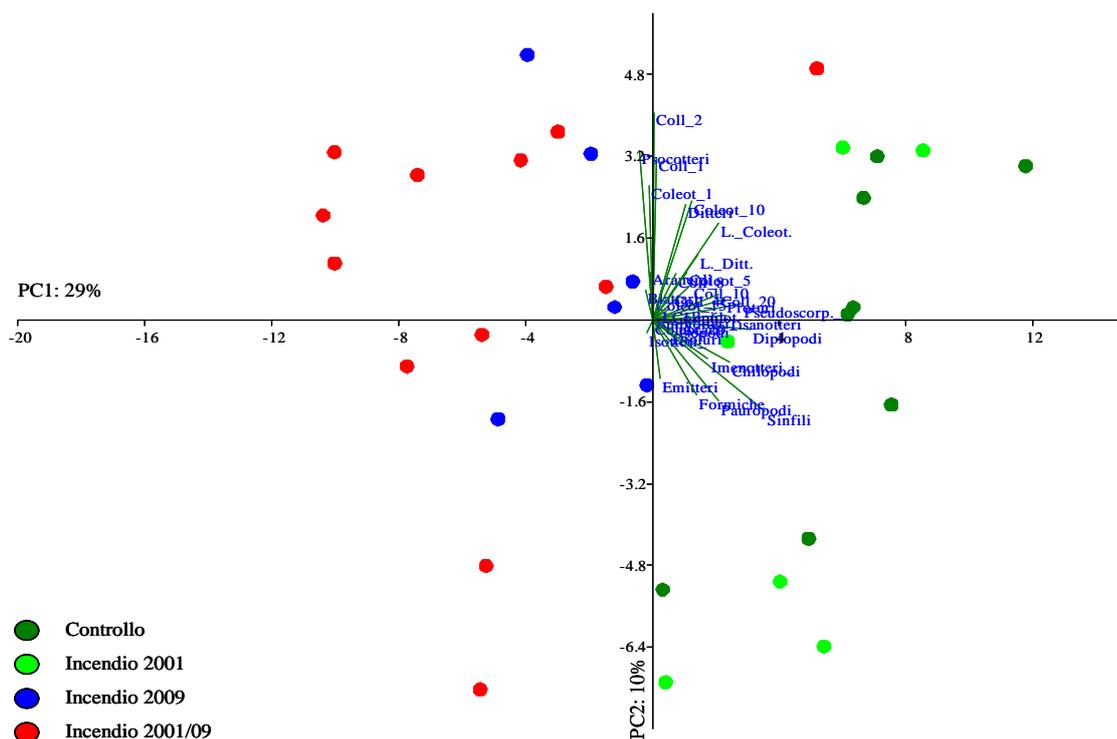


Figura 48: Analisi delle Componenti Principali con le abbondanze dei gruppi EMI.

5.3.5 Analisi chimico - fisiche e qualità biologica del suolo

Dalla relazione dei dati dell'umidità e della temperatura del suolo con i valori di QBS-ar non emergono correlazioni significative, con coefficienti di determinazione rispettivamente di 0,07 e 0,17. Anche per quel che riguarda le abbondanze dei microartropodi edafici nei confronti dell'umidità e della temperatura del suolo non emergono relazioni significative con R^2 rispettivamente di 0,02 e 0,03.

Tabella 18: Dati pH e Sostanza organica suolo.

Campioni di suolo	pH-H ₂ O	D.S.	pH-KCl	D.S.	Sostanza organica (g/kg)
	medio		medio		
1 Controllo	4,37	0,04	3,23	0,03	380
2 Controllo	5,18	0,01	4,03	0,00	375
1 Incendio 2001	4,77	0,06	3,67	0,09	385
2 Incendio.2001	5,07	0,01	3,97	0,00	380
1 Incendio 2009	4,83	0,00	3,67	0,00	390
2 Incendio 2009	5,07	0,01	3,92	0,00	390
1 Incendio 2001/09	5,03	0,00	3,88	0,00	350
2 Incendio 2001/09	5,47	0,08	4,29	0,06	360
3 Incendio 2001/09	4,72	0,01	3,53	0,00	365
4 Incendio 2001/09	4,99	0,00	4,01	0,00	360

Tra il pH, i valori di QBS-ar e le abbondanze di individui non emergono relazioni significative con coefficienti di determinazione di 0,1. Un maggior coefficiente di determinazione (0,56) si ottiene mettendo in relazione la qualità biologica del suolo con il quantitativo di sostanza organica, mentre quest'ultima non risulta legata al numero di microartropodi.

I valori medi di pH e del quantitativo di sostanza organica sono riportati in tabella 18.

5.4 Disturbo dell'incendio sulla qualità biologica del suolo in boschi misti di latifoglie percorsi dal fuoco nel 2001, nel 2009 e nel 2001/2009

I risultati ottenuti dal campionamento del suolo delle latifoglie (Fig.49) mostrano valori di QBS-ar elevati sia per quel che riguarda i campioni controllo che per quel che riguarda i campioni percorsi dal fuoco in diversi intervalli e frequenze di tempo (2001, 2009, 2001/2009).

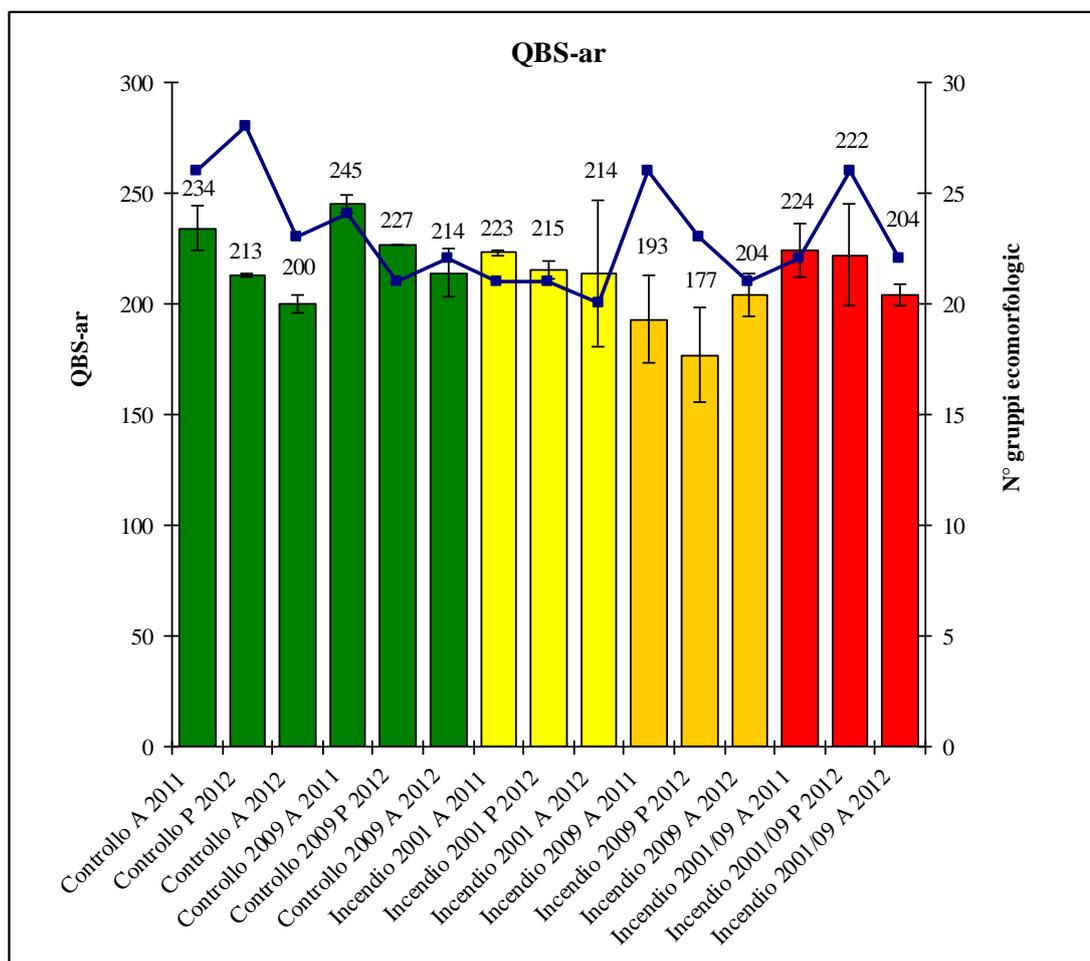


Figura 49: Grafico valori QBS-ar.

Dal grafico emerge che il valore più elevato si riscontra nel campione controllo 2009 prelevato nell'autunno 2011, mentre il valore minore è rappresentato dal campione bruciato 2009 prelevato nella primavera 2012. Il range dei valori riscontrati in tutti i siti esaminati risultano comunque tutti ampiamente superiori ai valori che in letteratura vengono associati ai boschi (>130). La correlazione tra i valori QBS-ar e il numero di *taxa* mostra un R^2 pari a 0,622 (Fig.50).

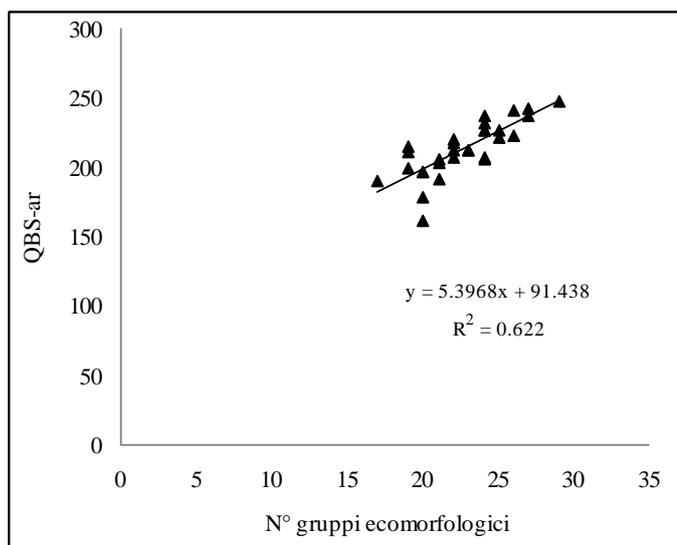


Figura 50: Correlazione QBS-ar e numero di gruppi ecomorfologici.

Dal t-Test svolto sui valori QBS (Tab.19) non emergono significative differenze per quel che riguarda i campioni bruciati nel 2009 rispetto a tutti i campioni percorsi da incendio nel 2001 e nel 2001/2009, indipendentemente dalla stagionalità o annualità considerata. Emergono invece significative differenze tra i campioni controllo (Primavera e Autunno 2012) nei confronti dei campioni percorsi da incendio sia nel 2001 sia nel 2009. Per quel che riguarda il controllo riferito all'incendio del 2009 e i campioni di suolo percorsi dal fuoco nello stesso anno emergono differenze significative sia nella stagione autunnale che in quella primaverile del 2012. Il controllo riferito all'incendio del 2009 risulta inoltre significativamente diverso dai campioni percorsi due volte dal fuoco nella stagione autunnale riferita al 2012. L'unica differenza significativa che emerge per quel che riguarda i campioni autunnali percorsi dal fuoco nel 2001 è nei confronti del campione incendiato due volte (2001/2009) nella stagione autunnale 2012. I campioni percorsi dal fuoco nel 2001, nel 2009 e in entrambi gli anni non mostrano differenze significative per quel che riguarda la diversa stagionalità e annualità del campionamento. Anche per i campioni riferiti al controllo dell'incendio del 2009 non emergono differenze per quel che riguarda la qualità biologica del suolo

nelle differenti stagioni esaminate, mentre emergono significative differenze tra il campionamento del controllo effettuato nell'autunno 2011 rispetto a quello effettuato nella stagione (Primavera 2012) e l'annualità successiva (Autunno 2012) con valori di p uguali a 0,05.

Tabella 19: t-Test valori QBS-ar.

t-Test QBS-ar	Controllo 2009 A11	Controllo 2009 P12	Controllo 2009 A12
Controllo A11	0,28 n.s.	Varianza =0	0,184 n.s.
Controllo P12	0,01**	Varianza =0	0,91 n.s.
Controllo A12	0,01**	Varianza =0	0,30 n.s.
t Test QBS-ar	Incendio 2001 A11	Incendio 2001 P12	Incendio 2001 A12
Controllo A11	0,24 n.s.	0,13 n.s.	0,49 n.s.
Controllo P12	0,01**	0,50 n.s.	0,95 n.s.
Controllo A12	0,02**	0,08 n.s.	0,61 n.s.
t Test QBS-ar	Incendio 2009 A11	Incendio 2009 P12	Incendio 2009 A12
Controllo A11	0,12 n.s.	0,07 n.s.	0,09 n.s.
Controllo P12	0,30 n.s.	0,14 n.s.	0,35 n.s.
Controllo A12	0,67 n.s.	0,27 n.s.	0,65 n.s.
t Test QBS-ar	Incendio 2001/09 A11	Incendio 2001/09 P12	Incendio 2001/09 A12
Controllo A11	0,44 n.s.	0,56 n.s.	0,06 n.s.
Controllo P12	0,32 n.s.	0,61 n.s.	0,13 n.s.
Controllo A12	0,12 n.s.	0,31 n.s.	0,52 n.s.
t Test QBS-ar	Incendio 2001 A11	Incendio 2001 P12	Incendio2001 A12
Controllo 2009 A11	0,08	0,19	0,31
Controllo 2009 P12	Varianza=0	Varianza=0	Varianza=0
Controllo 2009 A12	0,35	0,86	0,98
t Test QBS-ar	Incendio 2009 A11	Incendio 2009 P12	Incendio2009 A12
Controllo 2009A11	0,07	0,05*	0,03**
Controllo 2009 P12	Varianza=0	Varianza=0	Varianza=0
Controllo 2009 A12	0,33	0,21	0,45
t Test QBS-ar	Incendio 2001/09 A11	Incendio 2001/09 P12	Incendio2001/09 A12
Controllo 2009 A11	0,14	0,29	0,01**
Controllo 2009 P12	Varianza=0	Varianza=0	Varianza=0
Controllo 2009 A12	0,47	0,68	0,35
t Test QBS-ar	Incendio 2001/09 A11	Incendio 2001/09 P12	Incendio2001/09 A12I
Incendio 2001 A11	0,91 n.s.	0,98 n.s.	0,03**
Incendio 2001 P12	0,45 n.s.	0,71 n.s.	0,13 n.s.
Incendio 2001 A12	0,70 n.s.	0,80 n.s.	0,74 n.s.
t Test QBS-ar	Incendio 2001 A11	Incendio 2001 P12	Incendio2001A12
Incendio 2009 A12	0,17 n.s.	0,26 n.s.	0,52 n.s.
Incendio 2009 A12	0,09 n.s.	0,13 n.s.	0,31 n.s.
Incendio 2009 A12	0,12 n.s.	0,28 n.s.	0,71 n.s.
t Test QBS-ar	Incendio 2001/09 A11	Incendio 2001/09 P12	Incendio 2001/09 A12
Incendio 2009 A11	0,20 n.s.	0,31 n.s.	0,54 n.s.
Incendio 2009 P12	0,11 n.s.	0,18 n.s.	0,23 n.s.
Incendio 2009 A12	0,22 n.s.	0,41 n.s.	0,95 n.s.

$p \leq 0,05^*$; $p \leq 0,01^{**}$; $p \leq 0,001^{***}$; n.s.= non significativo

L'analisi non parametrica MANOVA basata sulla matrice dei gruppi EMI con distanza di dissimilarità di Bray Curtis è stata effettuata tra il gruppo dei campioni controllo ed il gruppo dei campioni percorsi da incendio nei differenti intervalli di tempo presi in esame (2001, 2009, 2001/2009). L'analisi non ha evidenziato differenze significative con un $F = 1,007$ e un p pari a $0,443$.

5.4.1 Analisi delle Componenti Principali

L'analisi delle Componenti Principali è stata condotta su una matrice rettangolare: siti campionati x Gruppi EMI (ecomorfologici). L'asse PC1, al contrario di quello che si è riscontrato per la pineta e la località Cerretti, in questo caso, non risulta correlato positivamente in modo significativo con i valori di QBS-ar ($R^2 = 0,4831$) (Fig.51).

Nel complesso le prime due componenti spiegano solamente il 42% della varianza, la PC1 spiega il 27% della varianza totale e la PC2 il 15% (Fig.52). I gruppi ecomorfologici che comunque influenzano maggiormente la Componente Principale 1 sono gli pseudoscorpioni, i Collemboli EMI 20, i proturi e i dipluri. La componente principale 2 risulta influenzata sempre dalla presenza degli pseudoscorpioni e da quella dei pauropodi. Sebbene entrambe le componenti principali risultino influenzate da gruppi ecomorfologici altamente adattati alla vita edafica, esse spiegano nel loro complesso meno del 50% della varianza dei campioni esaminati.

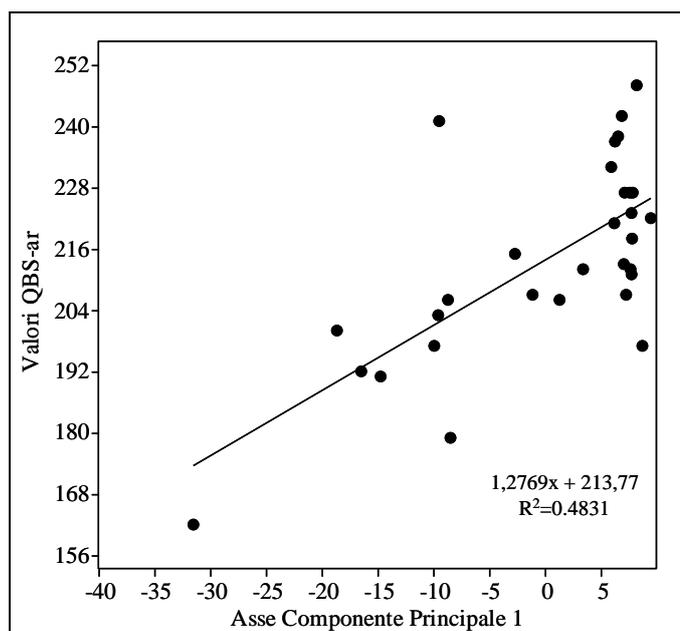


Figura 51: Relazione QBS-ar - PC1

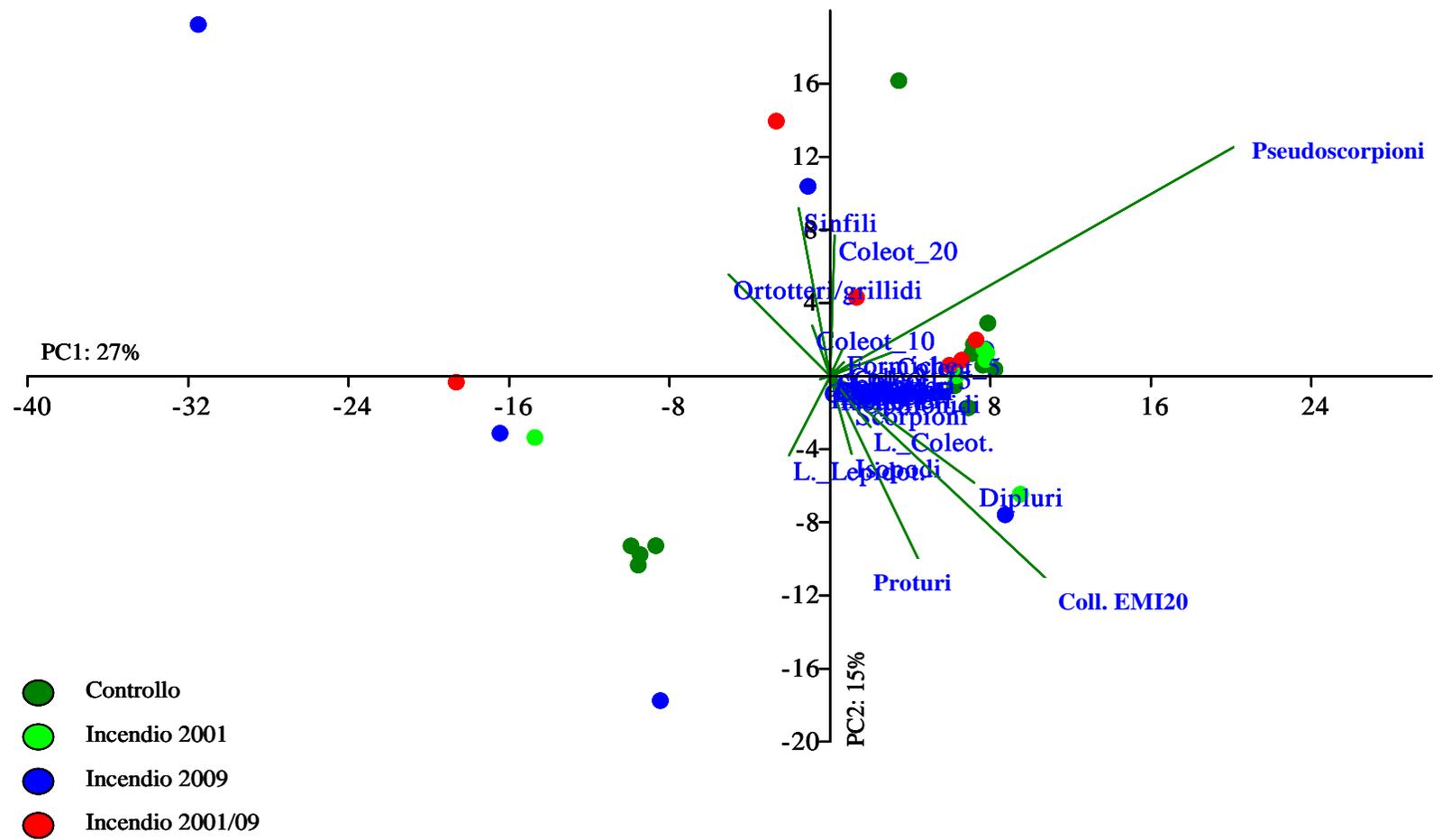


Figura 52: Analisi delle Componenti Principali con i gruppi EMI.

La distribuzione eterogenea dei campioni sugli assi delle componenti principali non fa emergere rilevanti influenze del fuoco su particolari tipologie di campioni rispetto ad altre (controllo-incendiati). Si potrebbe dunque supporre che, sul soprassuolo forestale occupato da latifoglie, il passaggio del fuoco non sembra aver influito, in modo rilevante, sulle comunità edafiche presenti.

5.4.2 Indici di biodiversità

Per quanto riguarda lo studio della biodiversità presente nei suoli occupati da latifoglie sono stati calcolati gli indici di biodiversità basati sulle specie e quelli basati sulla dominanza. I valori riscontrati per gli indici di Shannon, Brillouin (Fig.53), Evenness (Pielou) (Fig.54) manifestano le medesime fluttuazioni date dalla variazione del campione (controllo-bruciato, bruciato 2 volte) e dalla stagionalità.

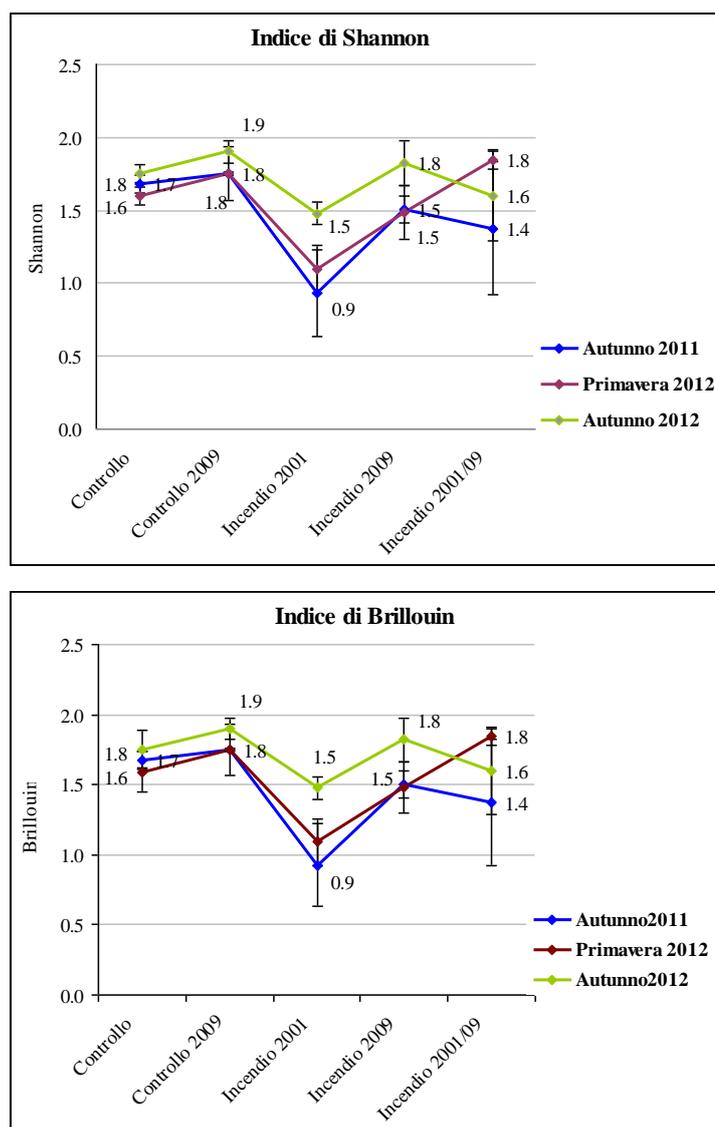


Figura 53: Indici di biodiversità – ricchezza di specie.

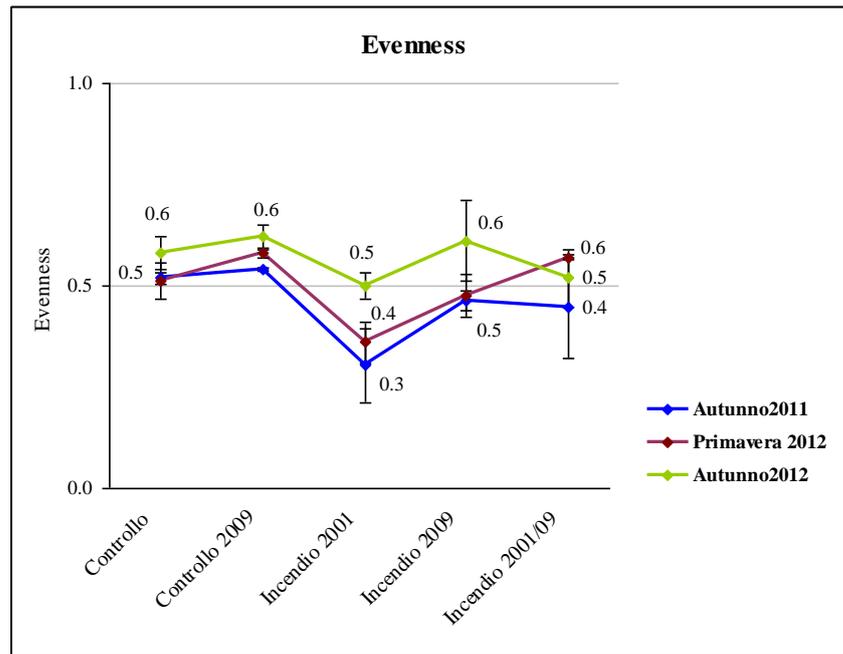


Figura 54: Indice di Evenness.

In tutti gli indici calcolati emerge una riduzione, indipendente dalla stagionalità, del livello di biodiversità nei campioni incendiati nel 2001.

Un andamento differente dell'indice lo si ha per la diversità α che mostra il valore maggiore (2,9) nel campione controllo 2009 (Autunno 2011) ed il valore minore (2,2) nei campioni percorsi dal fuoco nel 2001 (Autunno 2011) e nel 2009 (Autunno 2012) (Fig.55).

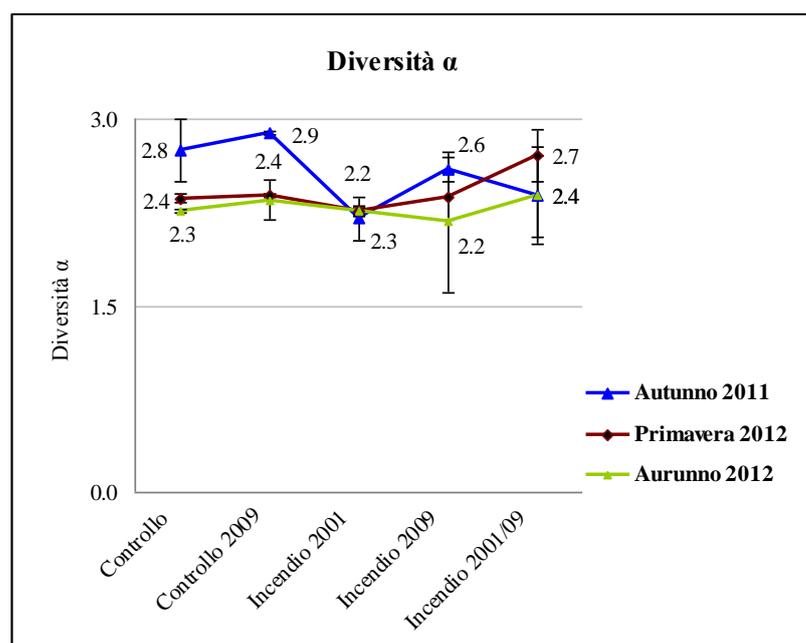


Figura 55: Diversità α .

Per quel che riguarda gli indici di Simpson i valori maggiori si riscontrano nel campionamento effettuato nell'autunno 2012, mentre i valori più bassi si riscontrano nel campione incendiato nel 2001 sia per l'autunno 2011 (0,3), sia per la primavera 2012 (0,4).

L'indice di Berger Parker mostra una minor biodiversità legata alla dominanza sempre nel sito incendiato nel 2009 (Autunno 2011) con un valore di 0,8 mentre il maggior livello lo manifesta nel sito di controllo 2009 (Primavera 2012) con 0,5 (Fig.56). I campioni che manifestano una minor biodiversità sono quelli prelevati nel sito incendiato nel 2001, quelli con maggior biodiversità fanno riferimento invece ai campioni controllo dell'incendio 2009.

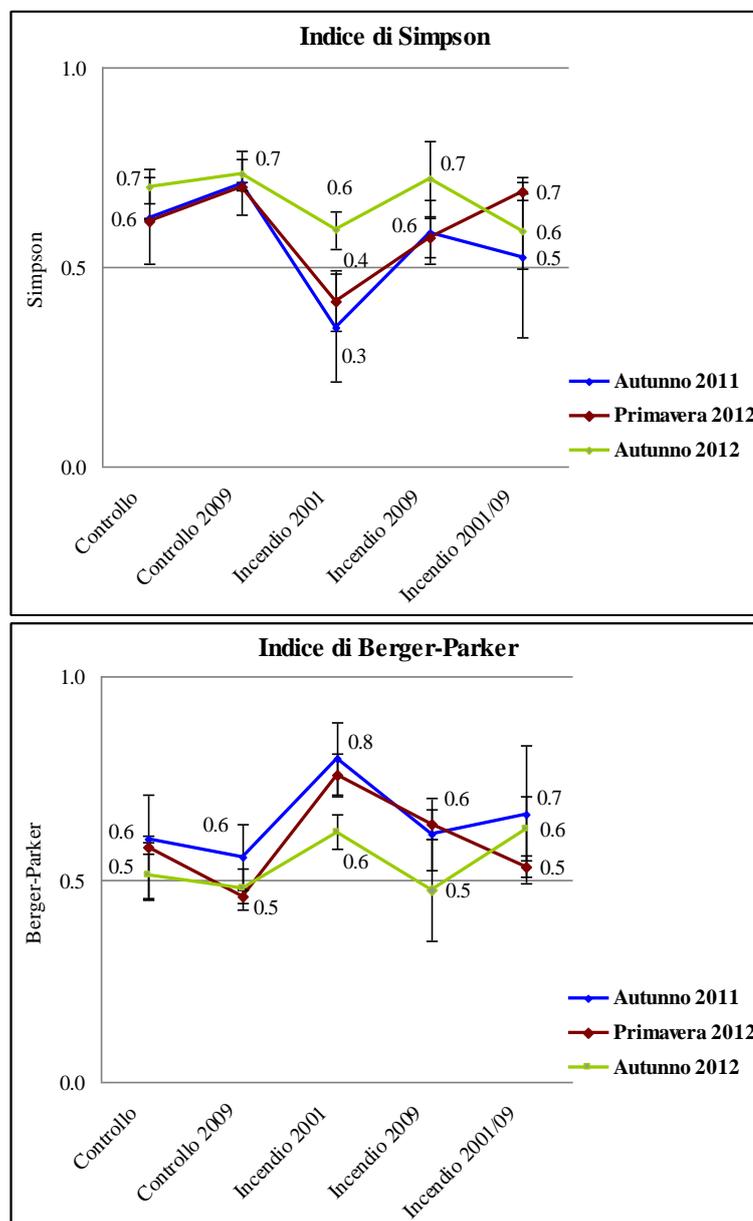


Figura 56:Indici di biodiversità –dominanza di specie.

5.4.3 Disturbo del fuoco sull'abbondanza di microartropodi edafici

Per quel che riguarda l'abbondanza di individui riscontrata nei siti esaminati, il maggior valore lo si osserva nel campione bruciato nel 2009 (Autunno 2011) con 56351 individui, mentre la minore abbondanza di microartropodi edafici è rappresentata dal campione bruciato nel 2001 (Autunno 2012) con 13361 individui (Fig.57).

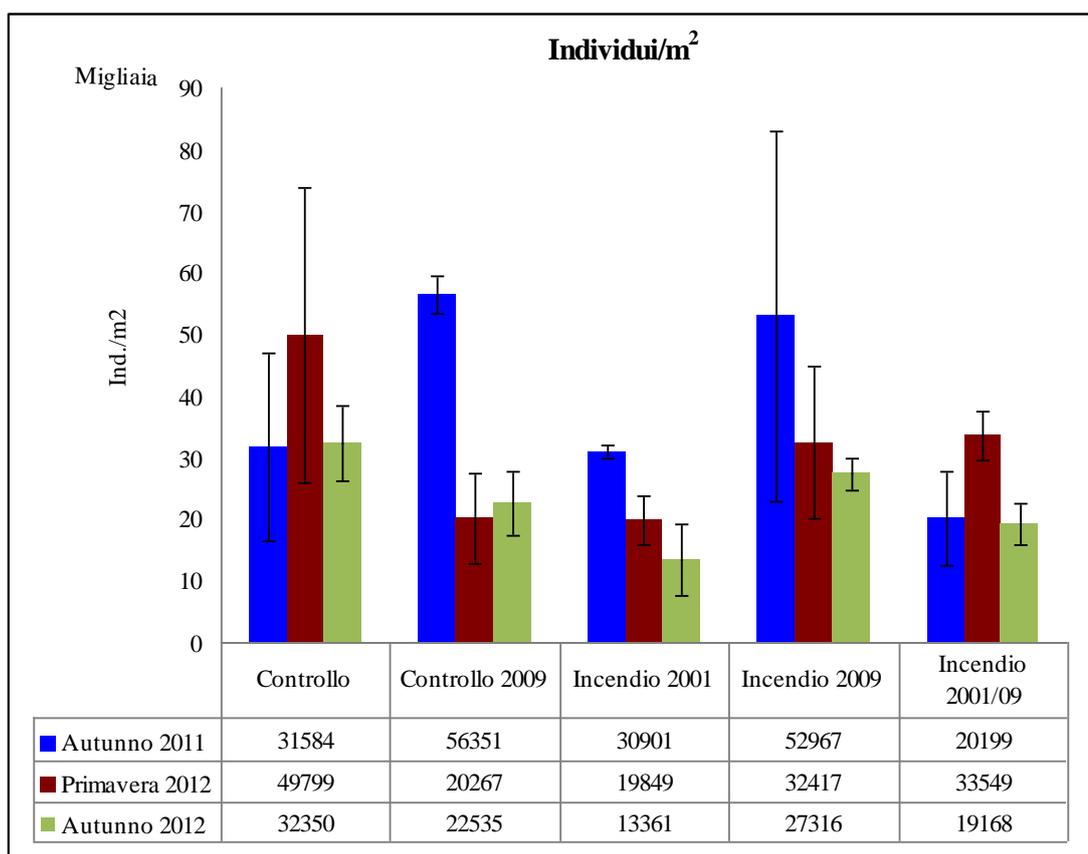


Figura 57: Grafico delle abbondanze dei gruppi EMI.

5.4.4 Analisi chimico - fisiche e qualità biologica del suolo

I parametri fisici del suolo, umidità e temperatura, non risultano essere in relazione né con la qualità biologica del suolo (QBS-ar), né con l'abbondanza di microartropodi edafici. I coefficienti di determinazione risultano infatti sempre inferiori a 0,1.

Anche per i parametri chimici, pH e quantità di sostanza organica, non emergono relazioni né con i valori di QBS-ar né con l'abbondanza di individui.

Per il pH la relazione mostra coefficienti di determinazione inferiori a 0,01, mentre la sostanza organica, mostra un R^2 pari a 0,26 se messa in relazione con la qualità biologica del suolo e un R^2 pari a 0,001 se messa in relazione con l'abbondanza di microartropodi. I valori medi di pH e di sostanza organica riferiti ai campioni di suolo prelevati nell'autunno 2011 sono riportati nella tabella 20.

Tabella 20: valori del pH e del contenuto di sostanza organica nel suolo.

Autunno 2011	pH-H ₂ O	Deviazione Standard	pH-KCl	Deviazione Standard
1 Controllo	4,87	0,04	3,62	0,03
2 Controllo	5,68	0,01	4,42	0,00
1 Controllo 2009	5,22	0,24	3,94	0,26
2 Controllo 2009	5,64	0,26	4,55	0,26
1 Incendio 2001	5,39	0,13	4,08	0,15
2 Incendio 2001	5,54	0,16	4,38	0,20
1 Incendio 2009	5,33	0,17	4,08	0,20
2 Incendio 2009	5,54	0,16	4,29	0,20
1 Incendio 2001/09	5,53	0,00	4,28	0,00
2 Incendio 2001/09	5,96	0,08	4,69	0,06

5.5 Disturbo dell'incendio sulla qualità biologica del suolo nelle pinete percorse dal fuoco nel 2012, nel 2001, nel 2009 e nel 2001/2009

5.5.1 Analisi delle Componenti Principali

L'analisi delle Componenti Principali è stata condotta sui dati ottenuti dai campioni di suolo prelevati nella pineta subito dopo il passaggio del fuoco (12 gg.), nel breve periodo (3 mesi, 5 mesi, 2-3 anni) e nel medio-lungo periodo (10-11 anni). utilizzando la seguente matrice rettangolare: siti campionati x gruppi EMI (ecomorfologici).

Le componenti principali più significative secondo la tecnica del *broken stick* sono cinque (Fig.58) e tra queste la prima componente risulta correlata positivamente con i valori di QBS-ar con un coefficiente di determinazione pari a 0,885 (Fig.59)

La varianza spiegata dalle due componenti principali è nel complesso pari al 51%: 34% per la prima componente e 17% per la seconda.

La PC1 risulta influenzata principalmente da sei gruppi ecomorfologici, fortemente adattati alla vita edafica, gli pseudoscorpioni, i diplopodi, i sinfili, i chilopodi, i pauropodi e i proturi (Fig.60). La PC2 risulta invece correlata al ruolo dei sinfili, dei collemboli edafici (EMI 20), dei pauropodi e dei chilopodi (Fig.61). Le due componenti principali risultano inoltre influenzate, anche se in minor misura, da microartropodi allo stadio larvale come coleotteri e lepidotteri per la prima componente e ditteri e coleotteri per la seconda componente.

Nel quadrante formato dai due semiassi positivi delle due componenti principali sono presenti i campioni controllo non disturbati dall'incendio e la maggior parte dei i campioni percorsi una volta sola dal fuoco 10 anni prima.

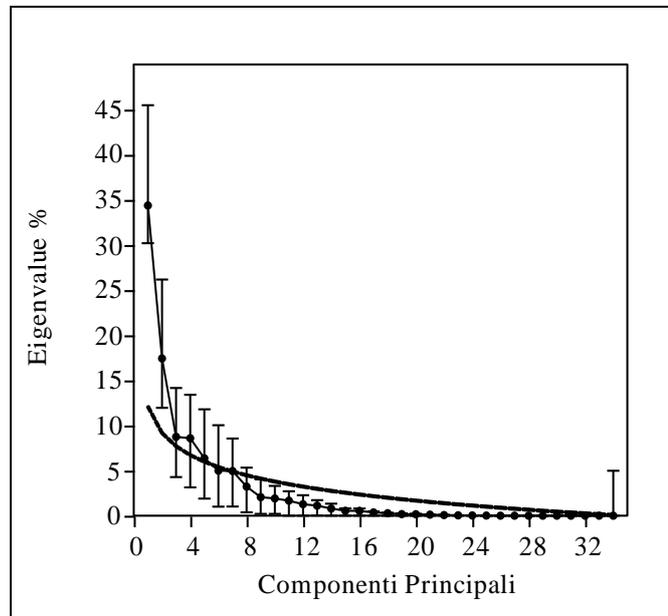


Figura 58: Rappresentazione delle componenti principali più significative con tecnica *broken stick*.

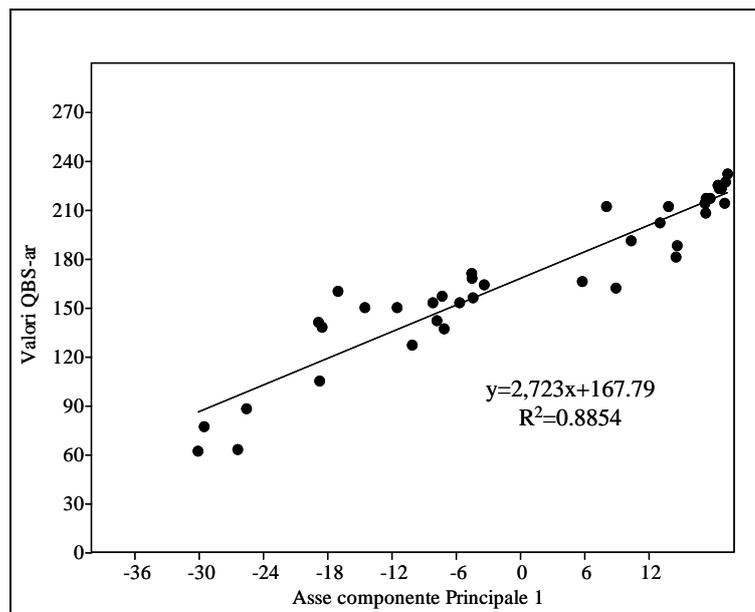


Figura 59: Relazione PC1 - QBS-ar.

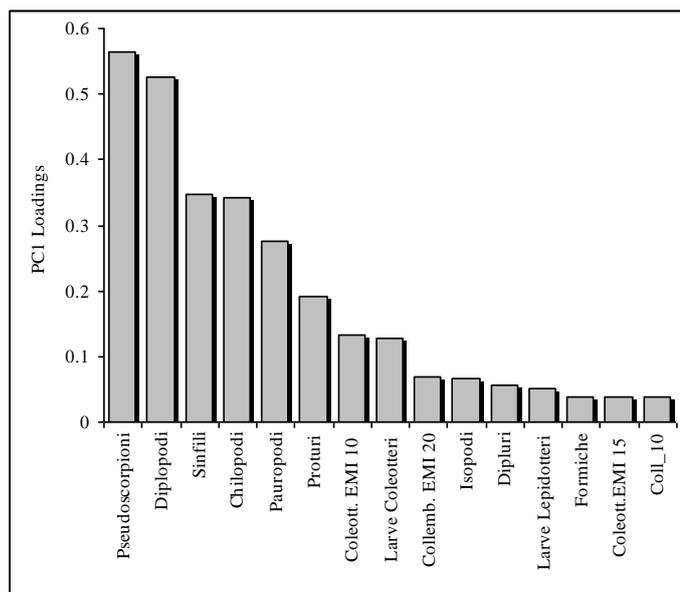


Figura 60: Loadings PC1.

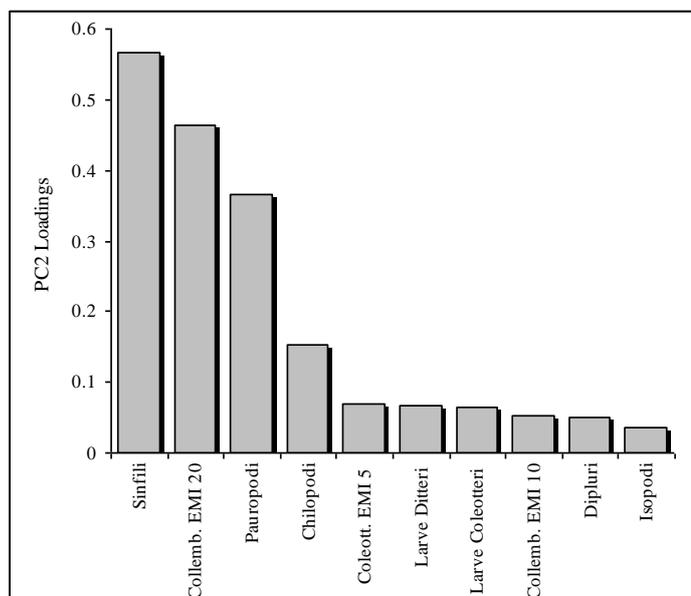


Figura 61: Loadings PC2.

Sull'asse negativo della seconda componente principale si trovano i campioni di suolo analizzati subito dopo il passaggio del fuoco che però non sembrano aver subito grandi variazioni sulla componente principale 1, mentre a 3 e 5 mesi dall'incendio la qualità biologica del suolo subisce maggiori variazioni rispetto alla prima componente principale ed in particolar modo si registra la scomparsa degli pseudoscorpioni (Fig.62). I campioni di suolo analizzati dopo 2 e 3 anni dall'incendio del 2009 e percorsi una sola volta dal fuoco non presentano ancora una qualità biologica paragonabile a quella riscontrata nel controllo e nei primi 10-11 anni dal passaggio del fuoco. Alcuni campioni rivelano una maggior varianza rispetto alla componente 1, mentre altri sono

più influenzati dalla seconda componente principale, indipendentemente dal tempo trascorso dall'incendio.

I campioni percorsi due volte dal fuoco e analizzati dopo 10 e 11 anni dal primo incendio (2001) si trovano nel semiasse negativo della componente principale 1 risultando quindi maggiormente influenzati dai gruppi ecomorfologici maggiormente adattati alla vita edafica (pseudoscorpioni, dai diplopodi, dai sinfili, dai chilopodi, dai pauropodi e dai i proturi). Mentre però i campioni analizzati a 10 anni dal primo incendio mostrano anche una maggior varianza rispetto ai gruppi ecomorfologici che caratterizzano la componente principale 2, quelli analizzati a 11 anni si trovano sul semiasse positivo della seconda componente (Fig.62).

5.5.2 SIMPER Analysis

La SIMPER analisi, basata sulla matrice dei gruppi EMI, non evidenzia differenze percentuali rilevanti tra le comunità dei microartropodi edafici riscontrate nei campioni controllo rispetto ai campioni di suolo percorsi 10 e 11 anni prima dal fuoco. I valori percentuali sono rispettivamente dell'8% e del 12%. Subito dopo il passaggio del fuoco (12 gg.) la differenza percentuale risulta del 20% aumentando a 27% nei 3 mesi successivi. Nei 5 mesi dopo l'incendio la differenza percentuale tra i gruppi ecomorfologici è invece uguale al 24%. Nei 2 e 3 anni successivi all'incendio del 2009 la differenza tra le comunità di microartropodi edafici varia dal 21% al 16%.

La maggior differenza però la si nota tra il controllo e i campioni percorsi due volte dal fuoco e analizzati dopo dieci anni dal primo incendio (2001). La dissimilarità percentuale delle comunità di microartropodi edafici a 10 anni è del 37%, mentre dopo undici anni si riduce al 21%. I gruppi ecomorfologici che influenzano maggiormente tale differenza sono soprattutto gli pseudoscorpioni e i diplopodi.

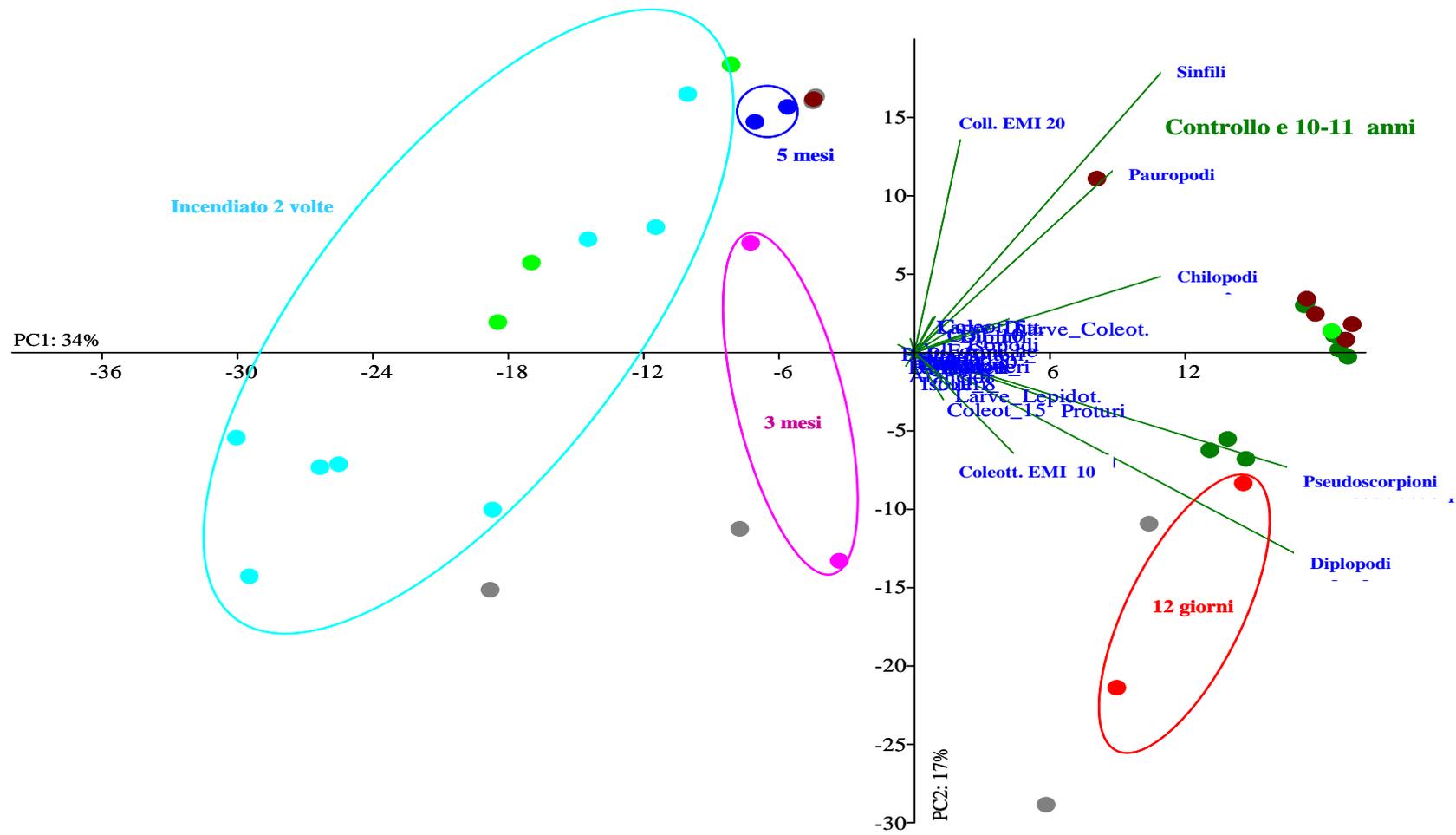


Figura 62 : Analisi delle Componenti Principali con i gruppi EMI.

6 DISCUSSIONE

Il suolo che caratterizza la pineta non percorsa dal fuoco mostra un'elevata attività biologica con un valore medio di QBS-ar pari a 212 che supera ampiamente i valori generalmente associati ai suoli forestali (150) (Menta, 2008). La qualità biologica in suoli non percorsi da incendio e caratterizzati da soprassuoli di latifoglie mostra invece valori di QBS-ar mediamente maggiori rispetto alla pineta (223) sebbene le differenze non siano statisticamente significative. Tuttavia, la maggior qualità biologica rinvenuta nei boschi misti conferma i risultati ottenuti da Callaham e collaboratori (2006) e, più recentemente da Blasi (2009), in cui si riscontra una riduzione della comunità di invertebrati edafici passando da popolamenti di latifoglie a quelli di pino.

Dal punto di vista della biodiversità, le comunità di microartropodi edafici considerate in questo studio presentano alcune differenze a seconda della tipologia di soprassuolo considerato, infatti alcuni gruppi ecomorfologici come gli scorpioni, gli opilionidi e gli ortotteri sono stati rinvenuti solo nei boschi misti di latifoglie e non nelle pinete di pino marittimo.

Per quel che riguarda l'effetto del fuoco sulle comunità di microartropodi edafici i risultati ottenuti mostrano una riduzione della qualità biologica dei suoli percorsi una o più volte dal fuoco nelle aree forestali caratterizzate da pino marittimo, mentre non si evidenziano rilevanti riduzioni nei boschi misti di latifoglie. Ciò probabilmente deriva dal diverso impatto che può avere il fuoco sulle due differenti tipologie di vegetazione. Infatti, alcuni studi riportano che il fuoco può causare una maggior mortalità in soprassuoli di conifere rispetto a boschi caratterizzati da latifoglie (vedi Franklin *et al.*, 2006; Quevedo *et al.*, 2007) verosimilmente dovuta al maggiore grado di infiammabilità e alla maggiore intensità di fiamma dei soprassuoli di resinose.

L'indice biologico QBS-ar si riduce nelle pinete percorse dal fuoco sia subito dopo l'incendio, sia nel breve e medio-lungo periodo successivo, e in modo più significativo nelle aree percorse due volte dal fuoco. Questi risultati mostrano come in condizioni di disturbo, si abbia una diminuzione di biodiversità e, conseguentemente, una diminuzione della qualità biologica del suolo, dimostrata dal fatto che esiste una significativa correlazione positiva tra l'indice biologico e la ricchezza di gruppi ecomorfologici. Nonostante i valori di QBS-ar subiscano una diminuzione progressiva

nei primi cinque mesi dopo il passaggio del fuoco, va però evidenziato che tali valori sono ancora associabili a soprassuoli boschivi poiché sempre maggiori di 130 (Codurri *et al.*, 2005), mentre nei suoli percorsi due volte dal fuoco, caratterizzati oggi da una densa copertura arbustiva, i valori riscontrati nei 10 anni successivi al primo incendio (2001) sono più simili a quelli osservati in biocenosi non boschive e meno complesse, come ad esempio campi coltivati e prati stabili (Codurri *et al.*, 2005).

Nell'area incendiata nel 2012, sebbene si sia riscontrata ancora una buona qualità biologica del suolo, i dati indicano che comunque il passaggio del fuoco ha influito sulla riduzione della biodiversità e, in particolar modo, sulla variazione della diversa composizione specifica delle comunità di microartropodi edafici.

Nel complesso si può quindi affermare che, nelle condizioni esaminate, la qualità biologica del suolo sembra tornare ai livelli precedenti all'incendio entro i 10 anni, mentre, nei due o tre anni successivi al passaggio del fuoco, dove si sono riscontrati valori superiori a 150, il QBS-ar risulta ancora inferiore a quello rilevato nel controllo che presenta valori maggiori di 200.

Quando invece si verificano più incendi in una stessa area forestale, così come per la vegetazione, l'attività biologica del suolo ne risente maggiormente e si riscontra, anche per il suolo, un effetto a mosaico (*mosaic fire* o *patch-mosaic burning*) (Bovio, 2011), con aree maggiormente danneggiate e aree meno colpite dagli effetti diretti ed indiretti del fuoco.

Va inoltre fatto osservare che il cambiamento della composizione e della struttura vegetale dopo il duplice passaggio del fuoco, non garantisce alle comunità di microartropodi situazioni di soprassuolo paragonabili alle aree percorse una volta sola dall'incendio. Infatti, la presenza quasi totale di specie pirofite e leguminose quali cisto, erica e ginestra dove l'incendio è passato due volte, non può essere paragonata alla vegetazione presente nelle aree incendiate solo nel 2009, dove dominano le felci, pochi pini scampati all'incendio e numerosi pini morti in piedi, o a quelle incendiate solo nel 2001, dove è ormai presente una affermata rinnovazione di pino. Nei suoli percorsi due volte dal fuoco non si è in grado quindi di valutare l'effettivo recupero delle comunità edafiche tramite il QBS-ar poiché i valori riscontrati a 3 anni dal secondo incendio, e prossimi a 150, potrebbero anche rappresentare la qualità biologica ottimale in soprassuoli arbustivi mediterranei, ma purtroppo sono carenti studi e riferimenti bibliografici che consentano di fare questo confronto

Per valutare i tempi di recupero delle comunità di microartropodi edafici è necessario quindi considerare anche gli effetti indiretti del fuoco che possono essere più o meno lunghi anche a seconda del recupero delle altre componenti ecologiche.

Le comunità di microartropodi maggiormente influenzate dal passaggio del fuoco subito dopo l'incendio e nei cinque mesi successivi sono costituite da pseudoscorpioni, diplopodi, collemboli euedafici (EMI 20) e sinfili. Anche nei primi 2-3 anni dall'incendio le comunità maggiormente sensibili al passaggio del fuoco non cambiano se non per la presenza anche di chilopodi, pauropodi, proturi e dei dipluri, anche se con minor rilevanza. Proprio alcuni di questi gruppi ecomorfologici (proturi, dipluri, sinfili e pauropodi) secondo Badano e collaboratori (2006) sono legati per lo più a suoli stabili e a favorevoli condizioni trofiche. Anche per Blasi (2009), tali gruppi tassonomici sono maggiormente sensibili al costipamento del suolo dovuto ad azione antropiche e questo li rende dei validi bioindicatori anche nel caso di suoli percorsi da incendio.

In particolar modo gli pseudoscorpioni nel nostro studio sono stati rinvenuti in un solo campione su 12 nelle aree percorse due volte dal fuoco, e in 2 soli campioni su 6 in quelle incendiate una volta sola nel 2009. Ciò potrebbe far pensare ad essi come validi bioindicatori dei suoli percorsi da incendio poiché la loro riduzione è fortemente legata al passaggio del fuoco, in accordo con gli studi fatti da York (1999) in eucalitteti australiani.

Oltre che a influire sulla qualità biologica del suolo, dai risultati ottenuti emerge che gli incendi forestali influiscono anche sull'abbondanza dei microartropodi edafici, in accordo con i numerosi studi svolti in differenti tipologie forestali (Athias-Binche 1987; Broza *et al.*, 1993, 1997; York, 1999; Koponen, 1995; Tajovský, 2002; Bezkorovainaya *et al.*, 2007; Buddle *et al.*, 2006; Malmström *et al.*, 2008).

In particolar modo si evidenzia nella pineta una riduzione del numero di microartropodi edafici più significativa ($p = 0,0002$) nei suoli percorsi due volte dal fuoco rispetto ai suoli percorsi una volta sola, dove la riduzione risulta più significativa nei primi 5 mesi rispetto agli anni successivi.

I *taxa* maggiormente sensibili, per quanto riguarda la loro abbondanza relativa, al passaggio del fuoco nei 10 anni successivi all'incendio sono i sinfili, i diplopodi e i pseudoscorpioni, mentre nei 5 mesi successivi al passaggio del fuoco i gruppi più colpiti sono i collemboli emiedafici (EMI 8) e i microartropodi alla stadio larvale (coleotteri e ditteri).

Nel complesso l'abbondanza di alcuni gruppi tassonomici sembra mostrare una maggior sensibilità per gli organismi che hanno un ruolo attivo nel suolo solamente allo stadio larvale e che quindi utilizzano l'ambiente edafico solo per questa fase del loro sviluppo. Questo dato potrebbe far pensare che subito dopo il passaggio del fuoco l'ambiente edafico non risulti accogliente per gli organismi *edafoxeni* che ripopolano il suolo negli anni successivi. Gruppi tassonomici come gli psocotteri, indicati da Broza (1997) come specie pioniere, non mostrano nel nostro caso rilevanti aumenti nei suoli percorsi dal fuoco. Acari e collemboli che risultano in bibliografia i gruppi maggiormente studiati (Camann *et al.*, 2008; Dindal e Metz, 1977; Huebne *et al.*, 2012; Malmström, 2012; Dress e Boerner, 2003; Kim e Joung, 2008) mostrano una maggior riduzione di acari rispetto ai collemboli nei suoli incendiati nel 2012, mentre negli anni successivi all'incendio la riduzione maggiore di entrambi i gruppi si manifesta nei campioni di suolo incendiati solamente nel 2009.

Gli impatti del fuoco sull'ecosistema forestale sono dati dall'interazione di molteplici fattori tra cui l'intensità del fuoco, le proprietà chimico-fisiche del suolo e le proprietà fisiologiche della fauna e della flora (Sever *et al.*, 2001). Tra le proprietà fisiche del suolo (umidità e temperatura) non sono emerse relazioni significative con la qualità biologica del suolo né subito dopo il passaggio del fuoco, e neppure nei mesi e anni successivi, indipendentemente dalla frequenza degli incendi. Nemmeno l'aumento dell'alcalinità del suolo dovuta alla presenza di cenere (Saarsalmi *et al.*, 2001; Khanna *et al.*, 1994) nei primi tre mesi dopo l'incendio influenza in modo significativo i valori di QBS-ar, mentre la riduzione di sostanza organica che si verifica immediatamente dopo il passaggio del fuoco sembra avere un ruolo rilevante sulla struttura delle comunità di microartropodi edafici.

In accordo con quanto osservato da Jalaluddin (1969), cinque mesi dopo il passaggio del fuoco il pH tende a tornare ai livelli rilevati prima dell'incendio. Secondo Certini (2005) i tempi di recupero della sostanza organica generalmente avvengono nel lungo periodo, mentre i risultati ottenuti nel presente lavoro indicano che già nei 2-3 anni dal passaggio del fuoco, indipendentemente dalla frequenza, la sostanza organica è ritornata ai livelli precedenti l'incendio.

L'abbondanza delle comunità edafiche sembra essere influenzata per lo più dagli effetti indiretti del fuoco (perdita di vegetazione e di lettiera) più che dai cambiamenti delle proprietà del suolo provocati dal passaggio delle fiamme, come osservato da Sever e i

suoi collaboratori (2001) per quel che riguarda gli acari e i collemboli. Nel nostro caso la mancanza di relazioni significative tra l'abbondanza delle comunità edafiche e i dati chimico-fisici rilevati subito dopo il passaggio del fuoco confermerebbero tale ipotesi. Ancor più la mancata relazione tra questi due parametri (abbondanza di individui e dati chimico-fisici) negli anni successivi all'incendio, fa pensare che ad influire negativamente sul numero degli individui sia per lo più l'interazione fra le molteplici variabili ecosistemiche condizionate dal passaggio del fuoco. Nonostante ciò alcuni autori (Kim e Jung, 2008) hanno riscontrato relazioni significative tra l'abbondanza di acari e collemboli rispetto alla sostanza organica e all'umidità del suolo in aree percorse da incendio.

7 CONCLUSIONI

La maggiore difficoltà incontrata in questo studio riguarda la scarsa bibliografia esistente relativamente all'applicazione di indici biologici sintetici per la valutazione del disturbo causato dal passaggio del fuoco sulle comunità di microartropodi edafici. A oggi gli studi condotti non solo si sono concentrati sull'analisi di singoli o pochi gruppi tassonomici, ma sono stati rivolti a diverse tipologie di habitat e metodologie di campionamento non confrontabili fra un autore e un altro. D'altronde la matrice suolo e l'ecosistema forestale offrono innumerevoli variabili che possono essere influenzate dagli incendi in modo diretto ed indiretto.

Lo studio condotto applicando il QBS-ar su soprassuoli percorsi da incendi ha dato riscontri positivi nella valutazione dell'impatto del fuoco sulle comunità di microartropodi edafici in differenti tipologie forestali, confermando l'importanza del biomonitoraggio come strumento per acquisire informazioni sullo stato e sull'evoluzione ecologica di habitat, popolamenti e specie.

Il QBS-ar, metodo non quantitativo che serve a valutare la Qualità Biologica del Suolo (QBS-ar) tramite i microartropodi edafici, si è dimostrato una tecnica in grado di fornire informazioni sintetiche che riguardano sia le caratteristiche delle comunità di microartropodi edafici, sia la biodiversità presente nelle aree studiate. Il metodo basandosi sul concetto di ecomorfologia (Parisi, 2001) consente di superare le difficoltà dell'analisi tassonomica a livello di specie rendendo l'indice talmente versatile nelle sue applicazioni da poterlo utilizzare in varie tipologie di suoli e in differenti condizioni ambientali.

Il fuoco è risultato un importante fattore di disturbo soprattutto per le comunità di microartropodi presenti nelle pinete, rispetto ai soprassuoli di latifoglie che hanno mantenuto sempre un'elevata qualità biologica del suolo, indipendentemente dal tempo trascorso dall'incendio e dalla frequenza del passaggio del fuoco.

Differente è stata la risposta delle comunità di microartropodi in soprassuoli a prevalenza di conifere in cui si è rilevata una riduzione della qualità biologica del suolo sia subito dopo il passaggio del fuoco, sia nel breve e medio-lungo periodo successivo, anche se la maggior perdita di biodiversità la si riscontra nelle aree percorse due volte dall'incendio.

I *taxa* maggiormente sensibili al passaggio del fuoco sono risultati quei gruppi ecomorfologici maggiormente adattati alla vita ipogea (pseudoscorpioni, diplopodi, sinfili, collemboli euedafici (EMI 20), chilopodi, pauropodi, proturi, dipluri). A risentire invece maggiormente dell'effetto del fuoco sull'abbondanza, nei primi mesi successivi all'incendio, sono per lo più gli organismi *edafoxeni* oltre ai sinfili, ai diplopodi e agli pseudoscorpioni nel medio-lungo periodo.

L'indice biologico è risultato uno strumento di valutazione del suolo percorso da incendi più utile del monitoraggio strumentale dei parametri chimico-fisici quali la temperatura, il pH, l'umidità e il quantitativo di sostanza organica. Infatti, mentre questi ultimi non hanno mostrato differenze significative tra suoli incendiati e suoli non incendiati, la qualità biologica edafica è diminuita nei suoli percorsi dal fuoco.

Ciò nonostante va rilevato che a tutt'oggi il QBS-ar, pur essendo un valido metodo per la valutazione biologica del suolo, necessita del supporto delle analisi chimico-fisiche per consentire una completa valutazione d'insieme della qualità del suolo.

Le comunità di microartropodi edafici, poiché sono risultate particolarmente sensibili al passaggio del fuoco, soprattutto quando questo percorre la stessa superficie forestale più di una volta, sembrano fornire risposte interessanti.

In questo studio il biomonitoraggio continuo e programmato nel tempo ha fornito informazioni utili per una gestione forestale sostenibile evidenziando il maggior danno del duplice passaggio del fuoco sull'ecosistema forestale.

Da ciò ne deriva l'importanza di una gestione forestale tesa a pianificare le attività di prevenzione degli incendi boschivi attraverso un approccio selvicolturale sistemico. Nelle aree analizzate e percorse una volta sola dal fuoco a distanza di 10 anni, dove si è lasciato sviluppare la rinnovazione naturale, la qualità biologica del suolo è tornata a livelli ante incendio, confermando così la tendenza delle componenti ecosistemiche legate al suolo e al soprassuolo a riorganizzarsi per tornare ad un nuovo stato di equilibrio dinamico.

Questo non solo nelle pinete, ma anche, e soprattutto, nei soprassuoli a prevalenza di latifoglie che hanno mostrato di essere in grado di rigenerarsi senza la necessità di intervento alcuno.

Diversa è la situazione nell'area percorsa due volte dal fuoco nella pineta in cui la rinnovazione naturale, ostacolata dalla densa presenza di specie arbustive pirofite andrebbe favorita da interventi selvicolturali.

La rilevanza dei dati ottenuti in questi 3 anni di lavoro, attraverso il biomonitoraggio del suolo ha confermato come sia fondamentale un approccio ecosistemico nello studio dei soprassuoli percorsi da incendio, non solo per valutarne i danni, ma anche per evitare il suo ripetersi nel tempo.

I risultati di questo studio evidenziano inoltre l'importanza di:

- attuare misure preventive, sia di tipo selvicolturale sia operative (sorveglianza e pattugliamento nei periodi a maggior rischio), mirate alla tutela delle aree già percorse da incendio;
- introdurre le aree già percorse da incendio come ulteriore fattore di analisi da parte dei Direttori delle Operazioni di Spegnimeto (DOS) per la definizione delle priorità degli obiettivi da difendere in fase di estinzione.

BIBLIOGRAFIA

- ABBOTT I. (1984) - *Changes in the abundance and activity of certain soil and litter fauna in the Jarrah Forest of western Australia after a moderate intensity fire*. Australian Journal of Soil Research, 22 (4): 463-469.
- ALMENDROS G.E. e GONZÁLEZ-VILA F.J. (2012) - *Wildfires, soil carbon balance and resilient organic matter in Mediterranean ecosystems. A review*. Spanish Journal of Soil Science, 2 (2): 8-33. DOI: 10.3232/SJSS.2012.V2.N2.01.
- ALMENDROS G., GONZÁLES-VILA F.J., MARTÍN F. (1990) - *Fire-induced transformation of soil organic matter from an oak forest: an experimental approach to the effects of fire on humic substances*. Soil Science 149: 158-168.
- ANDERSEN A.N. (1991) - *Response of ground-foraging ant communities to three experimental fire in savanna forest of tropical Australia*. Biotropica 23: 575–585.
- ANDERSEN A.N. (1995) – *A classification of Australian community, based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance*. Journal of Biogeography, 22:15-29.
- ANDERSEN A.N. (1997) - *Using Ants as Bioindicators: Multiscale Issues in Ant Community Ecology*. Conservation Ecology, 1(1): 8.
Scaricabile dal sito web: <http://www.ecologyandsociety.org/vol1/iss1/art8/>.
- ANDERSEN A.N. e YEN A.L. (1985) - *Immediate effects of fire on ants in the semi-arid mallee region of northwestern Victoria*. Australian Journal of Ecology 10: 25–30.
- ANDERSON M.J. (2001) - *A new method for non-parametric multivariate analysis of variance*. Austral Ecology, 26:32-46.
- ANDERSON R.V., COLLEMAN D.C., COLE C.V. (1981) - *Effect of saprotrophic grazing on net mineralization*. In: F.E.Clarks, Trosswall Ed. - Terrestrial Nitrogen cycles, Ecological Bulletin (Stockolm), 33:201-216.
- ANDREU V., IMESON A.C., RUBIO J.L. (2001) - *Temporal changes in soil aggregates and water erosion after a wildfire in a Mediterranean pine forest*. Catena 44: 69 84.
- AOKI J., HARADA H., MIYAWAKI A. (1977) - *Relation between Fauna of Soil Mites (Oribatei) and Human Impacts in Four Main Natural Forest Regions in Kanagawa Prefecture, Central Japan*. Bulletin of the Institute of Environmental Science and Technology, 3 (1): 121-133.
- A.N.P.A.. (2000) - *Indicatori e indici ecotossicologici e biologici applicati al suolo – Stato dell’arte*. ANPA, RTI CTN_SSC 3/2000, pp: 21.
- A.N.P.A.. (2001) – *I.B.L. indice di biodiversità lichenica-Manuali e linee guida 2/2001*. ISBN 88-488-0256-2 I.G.E.R., Roma. Scaricabile on line:
<http://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003500/3536-manuali-2001-02.pdf/view>.

- ASTON A.R. e GILL A.M. (1976) - *Coupled soil moisture, heat and water vapor transfers under simulated fire conditions*. Australian Journal of Soil Research. 14: 55-66.
- ARIANOUTSOU-FARAGGITAKI M. (1984) - *Post-fire successional recovery of a phryganic (East Mediter ranean) ecosystem*. Acta Oecologica, Oecologia Plantarum 5: 387-394.
- ATHIAS-BINCHE F. (1987) - *Regeneration patterns of Mediterranean ecosystems after fire: the case of some soil arthropods: uropodid mites*. Vie et Milieu 37:39-52.
- BACCI E. e MARCHETTI R. (1998) - *Misura della tossicità*. In: Ecologia applicata, Città Studi edizioni, 6: 805-834.
- BACHELIER G. (1986) - *La vie animale dans le sol*. O.R.S.T.O.M., Paris. pp: 171-196.
- BARBATI A., ARIANOUTSOU M., CORONA P., DE LAS HERAS J., FERNANDES P., MOREIRA F., PAPAGEORGIOU K., VALLEJO R., XANTHOPOULOS G. (2010) - *Post-fire forest management in southern Europe: a COST action for gathering and disseminating scientific knowledge*. iForest 3:5-7.
- BAYNE B.L., BROWN D.A., BURNS K., DIXON D.R., IVANOVICI A., LIVINGSTONE D.R., LOWE D.M., MOORE M.N., STEBBING A.R.D., WIDDOWS J. (1985) - *The effects of stress and pollution on marine animals*. Prager Scientific.
- BELLI M. (2002) - *Il progetto Soil Samp*. Giornate di lavoro - Campionamento e analisi su suoli e sedimenti. Società Italiana Scienze del Suolo, Verbania-Pallanza (4-5 aprile).
- BENTO GONÇALVES A., VIEIRA A., ÚBEDA X., MARTIN D. (2012) - *Fire and soils: Key concepts and recent advances*. Geoderma, 191:3-13.
- BERGER W.H., PARKER F.L. (1970) - *Diversity of planktonic foraminifera in deep-sea sediments*. Science 168: 1345-134.
- BERNETTI G. (1995) - *Selvicoltura speciale*. UTET, Torino.
- BEZKOROVAINAYA I.N., KRASNOSHCHKOVA E.N., IVANOVA G.A. (2007) - *Transformation of soil invertebrate complex after surface fires of different intensity*. Biology Bulletin, 34 (5): 517-522.
- BHADAURIA T., RAMAKRISHNAN P.S., SRIVASTAVA K.N. (2000) - *Diversity and distribution of endemic and exotic earthworms in natural ecosystems in the central Himalayas, India*. Soil Biology and Biochemistry 32:2045-2054.
- BIAGINI B., BARBUTO M., ZALLINI A. (2006) - *Bioindicatori della qualità del suolo*. Biologia ambientale 20 (2): 19-41.
- BIANCHI L., GIOVANNINI G., MALTONI A., MARIOTTI B., PACI M. (2005) - *La selvicoltura delle pinete della Toscana*. Supporti tecnici alla Legge Regionale Forestale della Toscana, Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel settore Agricolo-forestale, Firenze. pp. 173.

- BLANKENSHIP B.A., ARTHUR M.A. (1999) - *Microbial and soil nutrient response to prescribed fire in an oak-pine ecosystem in eastern Kentucky*. In: Stringer J.W., Loftis, D.L. (Eds.) - *Proceedings of the Twelfth Central Hardwood Forest Conference*, Lexington, KY, February 28–March 2, USFS Gen. Tech. Rep. SRS-24. Asheville, NC, pp. 39–47.
- BLASI C., BOVIO G., CORONA P., MARCHETTI M., MATURANI A., DI MARZIO P. (2005) - *Executive summary fires and ecosystem complexity – from forest assessment to habitat restoration*. Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, Palombi Editore, pp.60.
- BLASI S. (2009)- *Valutazione dell'impatto antropico sulla comunità di microartropodi del suolo in alcune aree forestali dell'Italia centrale* - Tesi di dottorato in Scienze e Tecnologie per la Gestione Forestale ed Ambientale, Università degli Studi della Tuscia, Viterbo.
- BOERNER R.E.J., BRINKMAN J.A. (2004) - *Spatial, temporal, and restoration treatment effects on soil resources in Ohio hardwood forests*. In: Yaussy D.A. (Ed.) - *Proceedings of the 14th Central Hardwood Forest Conference*. USDA Forest Service General Technical Report NE-316, Newtown Square, pp. 241–254.
- BOLD H.C., WYNNE M.J. (1978) - *Introduction to the algae: structure and reproduction*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, pp. 573.
- BONFERRONI C.E. (1935) - *Il calcolo delle assicurazioni su gruppi di teste*. In: *Studi in onore del Professore Salvatore Ortu Carboni*” Rome, Italy: 13-60.
- BONFERRONI C.E. (1936) - *Teoria statistica delle classi e calcolo delle probabilità*. Pubblicazioni dell'Istituto Superiore di Scienze Economiche e Commerciali di Firenze 8, 3-62.
- BONGERS T. (1990) - *The maturity index: An ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition*. *Oecologia* 83: 14-19.
- BOUCHE' M.B. (1977) - *Strategies lombriciennes*. In: *Soil organisms as components of ecosystems*. *Ecological Bulletin (Stockholm)*, 25: 122-132.
- BOVIO G. (2011 a) - *Indagine sulle caratteristiche degli incendi boschivi e sulle dinamiche di risposta degli ecosistemi forestali*. Rapporto di ricerca. Regione Piemonte. Scaricabile on-line: <http://www.regione.piemonte.it/montagna/pubblicazioni/pubblicazioni.htm>
- BOVIO G. (2011 b) - *Indagine sulle caratteristiche degli incendi boschivi e sulle dinamiche di risposta degli ecosistemi forestali. Caso di studio su Pinus nigra Arn. A Val della Torre (To)*. Rapporto di Ricerca. Regione Piemonte. Scaricabile on line: <http://www.regione.piemonte.it/montagna/pubblicazioni/pubblicazioni.htm>.
- BOVIO G. (2011 c) - *Forest fires and systemic silviculture*. *L'Italia Forestale e Montana*, 66: 239–243.
- BOVIO G., MELONI F., ZERBINI M. (2007) – *Gli effetti del fuoco sul suolo*. *Ricerca forestale, Portale della ricerca scientifica e della pratica forestale*. <http://www.ricercaforestale.it/index.php?module=CMpro&func=viewpage&pageid=483> Consultato il 10/12/2012.

- BOVIO G., ASCOLI D., VALSECCHI C., BOTTERO A. (2011) - *Indagine sulle caratteristiche degli incendi boschivi e sulle dinamiche di risposta degli ecosistemi forestali. Gestione post-incendio in popolamenti di Fagus sylvatica L. del Piemonte*. Rapporto di ricerca. Regione Piemonte. Scaricabile on line: <http://www.regione.piemonte.it/montagna/pubblicazioni/pubblicazioni.htm>.
- BRILLOUIN L. (1956) - *Science and Information Theory*, Academic Press, New York.
- BROZA M. e IZHAKI I. (1997) - *Post-fire arthropod assemblages in Mediterranean forest soils in Israel*. *International Journal of Wildland Fire*, 7 (4): 317–325.
- BROZA M., POLIAKOV D., WEBER S., IZHAKI I. (1993) - *Soil microarthropods on post-fire pine forest on Mount Carmel, Israel*. *Water Science & Technology*, 27 (7-8): 533-538.
- BUDDLE C.M., LANGOR D.W., POHL G.R., SPENCE J.R. (2006) - *Arthropod responses to harvesting and wildfire: Implications for emulation of natural disturbance in forest management*. *Biological Conservation*, 128 (3): 346-357.
- BULLINI L., PIGNATTI S., VIRZO DE SANTO (1998) – *Ecologia generale* – UTET, Torino, pp. 519.
- BURGIO G. (1999) - *La misurazione della biodiversità, con particolare riferimento all'entomologia agraria*. *Boll. Ist. Ent. "G. Grandi" Univ. Bologna*, 53: 1-27.
- BUTLER B.W., COHEN J., LATHAM D.J., SCHUETTE R.D., SOPKO P., SHANNON K.S., JIMENEZ D., BRADSHAW L.S. (2004a) *Measurements of radiant emissive power and temperature in crown fires*. *Canadian Journal of Forest Research* 34, 1577-1587.
- CAMANN M.A., GILLETTE N.E., LAMOCHA L, MORI S.R. (2008) - *Response of forest soil Acari to prescribed fire following stand structure manipulation in the southern Cascade Range*. *Canadian Journal of Forest Research*, 38: 956-968. DOI: 10.1139/X07-241.
- CAMPBELL G.S., JUNGBAUER J.D.JR, BIDLAKE W.R., HUNGERFORD R.D. (1994) - *Predicting the effect of temperature on soil thermal conductivity*. *Soil Science*, 158:307–313.
- CAPPELLI F. (2004) - *Vegetazione, boschi e gestione forestale*. In: *La Riserva Naturale di Montefalcone: storia, ambiente e territorio* (Cappelli F., Cappelli V., Fabbrizzi F., Olivari S., Piussi P., Sbragia M., Stiavelli S.). *Tipografia La Grafica Pisana – Bientina (Pi)*: 63–78.
- CARUSO T., PIGINO G., BERNINI F., BARGAGLI R., MIGLIORINI M. (2007) - *The Berger–Parker index as an effective tool for monitoring the biodiversity of disturbed soils: a case study on Mediterranean oribatid (Acari: Oribatida) assemblages*. *Biodiversity and Conservation*, 16(12): 3277-3285. DOI: 10.1007/s10531-006-9137-3.
- CASARINI P., CAMERINI G., CARBONE M. (1990) - *Agricoltura ed alterazioni della fauna del suolo*. *Biologia Ambientale*, 3-4: 5-14.
- CENCI M. (1999) – *L'utilizzo di muschi indigeni e trapiantati per valutare in micro e macro aree ricadute al suolo di elementi in tracce: proposte metodologie*. In *Atti del Workshop Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale*, Roma, pp. 241-263.

- CERTINI G. (2005) - *Effects of fire on properties of forest soils: a review*. *Oecologia* 143: 1-10. DOI 10.1007/s00442-004-1788-8.
- CIANCIO O., CORONA P., IOVINO F., MENGUZZATO G., SCOTTI R. (1999) - *Forest management on a natural basis: the fundamentals and case studies*. *Journal of Sustainable Forestry*, 1/2: 59-72. DOI: 10.1300/J091v09n1_05.
- CIANCIO O e NOCENTINI S. (1996) - *La selvicoltura sistemica: conseguenze scientifiche e tecniche*. *L'Italia forestale e montana*, 51 (2): 112-130.
- CLARKE K.R. (1993) - *Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure*. *Australian Journal of Ecology* 18:117-143.
- CODURRI M., TRUZZI A., BERTONAZZI M.C. (2005) - *Microartropodi del terreno. Manuale da campo per il riconoscimento dei microartropodi del terreno come indicatori della qualità biologica del suolo (metodo QBS-ar)*. Consorzio del Parco Naturale dell' Oglio Sud, pp: 104.
- CALLAHAM M.A., RICHTER D.D., COLEMAN D.C., HOFMOCKEL M. (2006) - *Long-term land-use effects on soil invertebrate communities in Southern Piedmont soils, USA*. *European Journal of Soil Biology*, 42: 150–156.
- COLLETT N.G., NEUMANN F.G., TOLHURST K.G. (1993) - *Effects of two short rotation prescribed fires in spring on surface-active arthropods and earthworms in dry sclerophyll eucalypt forest of west-central Victoria*. *Australian Forestry* 56, 49–60.
- CORNELL R.M., SCHWERTMANN U. (1996) - *The iron oxides: Structure, properties, reactions, occurrence and uses*. VCH Weinheim, Berlin.
- COSTA J.J. e OLIVEIRA L.A. (1991) - *On the temperature distribution inside a tree under fire conditions*. *International Journal of Wildland Fire* 1(2): 87-96.
- COTECCHIA V., DAURÙ M., LIMONI P., POLEMIO M., SPIZZICO M., TADOLINI T. (1998) - *Il controllo idro-chimico-fisico della falda idrica carbonatica murgiano-salentina (Puglia)*. In Atti del Convegno - Acque sotterranee, risorsa invisibile, Giornata mondiale dell'acqua, ICID, CNR, Roma (23 marzo 1998) Pubbl. GNDCI n. 1861.
- COVINGTON W.W. e DEBANO L.F. (1990) - *Effects of fire on pinyon-juniper soils*. In: Krammes, J.S. (Technical Coordinator) - *Proceedings of a Symposium, Effects of Fire Management of Southwestern Natural Resources*, Tucson, AZ, November 15- 17, 1988, USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. RM-191, pp. 78-86.
- CROMER R.N. e VINES R.G. (1966) - *Soil temperatures under a burning windrow*. *Australian Forest Research*, 2 (2): 29-34.
- DAVIS J.C. (1986) - *Statistics and Data Analysis in Geology*. John Wiley and Sons, New York.
- DAVIS K.P. (1959) - *Forest fire control and use*. McGraw- Hill, New York.
- DEBANO L.F. (1981) - *Water repellent soils: a state of the art*. USDA Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, General Technical Report PSW-46, Berkeley, CA.

- DEBANO L.F. (1990) - *The effect of fire on soil properties*. In: Harvey A.E., Nevenschwander L.F. (Eds.), *Proceedings - Management and Productivity of Western-Montane Forest Soils*, April 10–12 Boise, ID. USDA Forest Service General Technical Report INT-280, Ogden, pp. 151–156.
- DEBANO L.F. (2000) - *The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review*. *Journal of Hydrology* 231/232:195– 206.
- DEBANO L.F., NEARY D.G., FFOLLIOTT P.F. (1998) - *Fire's Effects on Ecosystems*. New York, John Wiley and Sons.
- DE PHILIPPIS A. (1937) - *Classificazioni ed indici del clima in rapporto alla vegetazione forestale italiana*. *Nuovo Giornale Botanico Italiano*, 44: 1-169.
- DE RONDE C. (1990) - *Impact of prescribed fire on soil properties- comparison with wildfire effects*. In: The Hague, The Netherlands, Ed. SPB, Academic Publishing - *Fire Ecosystem Dynamics*.
- DICKINSON M.B. e. JOHNSON E.A. (2001) - *Fire effects on trees*. In: Johnson and Miyanishi K., editors - *Forest fires: behaviour and ecological effects, Chapter XIV*. Academic Press, New York, USA.
- DINDAL D.L. (1990) - *Soil Biology Guide*. John Wiley, New York, pp. 1349.
- DINDAL D.L. e METZ L.J. (1977) - *Community structure of Collembola affected by fire frequency*. In: Mattson, W.J. (ed). - *The Role of Arthropods in Forest Ecosystems*. Springer-Verlag, New York, pp. 88-95.
- DRESS W.J. e BOERNER R.E. (2003) - *Patterns of microarthropod abundance in oak-hickory forest ecosystems in relation to prescribed fire and landscape position*. *Pedobiologia*, 48 (1):1-8.
- DUNN P.H., BARRO S.C., POTH M. (1985) - *Soil moisture affects survival of microorganism in heated chaparral soil*. *Soil Biology and Biochemistry*, 17:143-148.
- DURGIN P.B. (1985) - *Burning changes the erodibility of forest soils*. *Journal of Soil Water Conservation*, 40:299–301.
- DURO A.(1987) - *Vocabolario della lingua italian, Treccani*. 4 voll., Roma.
- EFRON B. (1979) - *Bootstrap methods: Another look at jackknife*. *Ann. Stat.* 7: 1-26.
- ELIA M., LAFORTEZZA R., TARASCO E., COLANGELO G., SANESI G. (2011) - *Influenza degli incendi boschivi sulla biodiversità dell'entomofauna: un caso di studio in Puglia*. *Forest@* 8: 13-21.
- EVANS T.L., GUYNN D.C., WALDROP T.A. (1991) - *Effects of fell-and-burn site preparation on wildlife habitat and small mammals in the upper southeastern Piedmont*. In Nodvin S.C. e Waldrop T.A. - *Fire and the Environment: Ecological and Cultural Perspectives: Proceedings of an International Symposium*. Knoxville, TN. USDA Forest Service,

- Southeastern Forest Experiment Station, Asheville, NC, General Technical Report SE-69, p. 160-167.
- FAO (2007) - *Fire management global assessment. A thematic study prepared in the framework of the Global forest resources assessment 2005*. FAO Forestry Paper 151, Rome, Italy, pp: 8-30. Scaricabile on line:<http://www.fao.org/forestry/fra2005/en/>.
- FERRARI A., ALLIEVI L., GIGLIOTTI C., FONTANA A. (1998) - *I microrganismi del suolo come bioindicatori*. In: Sartori F. (eds): *Bioindicatori ambientali*. Fondazione Lombardia per l'ambiente, Milano, pp. 65-86.
- FERRETTI M. (1998) – *Descrizione e valutazione dello stato delle foreste* In: Ballarin-Denti A., Cocucci S.M., Sartori F. - *Monitoraggio delle Foreste sotto Stress Ambientale*, Ed. Fondazione Lombardia per l'Ambiente. ISBN 88-8134-041-0.
- FERRIS H., BONGERS T., DE GOEDE R.G.M. (2001) – *A framework for soil food web diagnostic: extension of the nematode of the nematode faunal analysis concept*. *Applied Soil Ecology*, 18: 13-29.
- FIORETTO A. e PAPA S. (2008) - *Effetti del fuoco sull'attività microbica del suolo*. In Menta C. (Perdisa ed.) - *Guida alla conoscenza della biologia e dell'ecologia del suolo. Funzionalità, diversità biologica, indicatori*, pp. 151-154.
- FIORDIGIGLI R. (2009) - *Analisi della qualità biologica del suolo attraverso il metodo QBS-ar in alcuni ambienti forestali della provincia di Rieti*. Tesi di Dottorato di Ricerca in scienze e tecnologie per la gestione forestale e ambientale (XXI ciclo), Università degli studi della Tuscia (Viterbo).
- FISHER R.A., CORBET A.S., WILLIAMS C.B. (1943) - *The Relation Between the Number of Species and the Number of Individuals in a Random Sample of an Animal Population*. *Journal of Animal Ecology*, 12 (1): 42-58.
- FISHER R.F. e BINKLEY D. (2000) - *Ecology and management of forest soils*. (3rd edition) Wiley, New York.
- FOSSI M.C. (2000) - *Biomarkers: strumenti di diagnosi e prognosi ambientale*. Rosini Editrice, Firenze.
- FOX M.D. e FOX B.J. (1987) - *The role of fire in the scleromorphic forests and shrublands of eastern Australia*. In: Ed. L. Trabaud - *The role of fire in ecological systems* (SPB Academic Publ.), pp. 23-48.
- FRANKLIN J., SPEARS-LEBRUN L.A., DEUTSCHMAN D.H., MARSDEN K.(2006) – *Impact of a high-intensity fire on mixed evergreen and mixed conifer forests in the Peninsular Ranges of southern California, USA*. *Forest Ecology and Management* 235: 18–29.
- FRANKLIN S.B., ROBERTSON P.A., FRALISH J.S. (1997) - *Small-scale fire temperature patterns in upland Quercus communities*. *Journal of Applied Ecology*, 34:613–630.
- FRIEND G. (1993) - *Impact of fire on small vertebrates in mallee woodlands and shrublands of temperate Australia- a review*. *Biological Conservation*, 65: 99-114.

- GARDI C., MENTA C., PARISI V. (2002) - *Use of microarthropods as biological indicators of soil quality: the BSQ sintethic indicator*. In: Zdruli P., Steduto P., Kapur S. (ed.) - 7th international meeting on soils with Mediterranean type of climate (selected papers). Bari, CIHEAM-IAMB, pp: 297-304.
- GHETTI P.F. (1997) - *Manuale di Applicazione: Indice Biotico Esteso – I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti*. Provincia Autonoma di Trento, Servizio Protezione Ambiente.
- GILLER K.E., BEARE M.H., LAVELLE P., IZAC A-M.N., SWIFT M.J. (1997) - *Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function*. Applied Soil Ecology 6: 3–16.
- GILLSON L. (2009) - *Landscapes in time and space*. Landscape Ecology, 24: 149-155. DOI: 10.1007/s10980-008-9315-7.
- GIORDANO A. (2002) – *La pedologia forestale e conservazione del suolo*. UTET, Torino.
- GIOVANNINI G., LUCCHESI S. e GIOCHETTI M. (1988) - Effect of heating on some chemical parameters related to soil aggregation and erodibility. Soil Science, 146: 255-261.
- GIOVANNINI G. e MARCHI E. (2009) - *Effetti dell'incendio e delle attività di ripristino ambientale sulla rinnovazione naturale in aree percorse da incendio*. In: MIUR-PRIN-COFIN 2005 - Tecniche di ripristino dei boschi percorsi da incendio, possibile uso del materiale legnoso e valutazione di impatto ambientale. Edizioni Sette Città, Viterbo, pp. 13–31.
- GISIN H. (1960) – *Collembolen fauna Europas*. Museum d'Histoire Naturelle, Geneve.
- GONZÁLEZ-PÉREZ J.A. GONZÁLEZ-VILA, F.J., ALMENDROS G.; KNICKER H. (2004) - *The effect of fire on soil organic matter - a review*. Environment International 30: 855–870.
- GRGIČ T. e KOS I. (2005) - *Influence of forest development phase on centipede diversity in managed beech forest in Slovenia*. Biodiversity and Conservation, 14: 1841-1862.
- GRIER C.C. (1975) - *Wildfire effects on nutrient distribution and leaching in a coniferous ecosystem*. Canadian Journal of Forest Research 5: 599–607.
- GUALDI V. (1977) - *R.N.B. di Montefalcone. Piano di assestamento per il decennio 1977-1986*, MAF-CFS, Gestione ASFD, Roma
- HADJIBIROU K. (2001) - *Setting priorities for wildfire suppression policy in Greece, using a relation between yearly burned areas and recovery time*. Global Nest: The International Journal, 3 (1): 37-43.
- HAMMER Ø., HARPER D.A.T., RYAN P.D. (2001) - *PAST: Palaeontological Statistics software package for education and data analysis*. Palaeontologia Electronica, 4 (1): 9.
- HARPER D.A.T. (1999) - *Numerical Palaeobiology*. John Wiley & Sons, Chichester.

- HENDERSON G.S. e GOLDING D.L. (1983) – *The effects of slash burning on the water repellence of forest soil at Vancouver, British Columbia*. Canadian Journal of Forest Research, 13:353-355.
- HILTY J.H., ELDRIDGE D., ROSENRETER R., WICKLOW-HOWARD M.C., PELLANT M. (2004) - *Recovery of biological soil crusts following wildfire in Idaho*. Journal Range Management, 57: 89-96.
- HUEBNE K.R., LINDO Z., LECHOWICZ M.J. (2012) - *Post-fire succession of collembolan communities in a northern hardwood forest*. European Journal of Soil Biology, 48: 59-65.
- HUFFMAN E.L., MACDONALD L.H., STEDNICK J.D. (2001) - *Strength and persistence of fire-induced soil hydrophobicity under ponderosa and lodgepole pine, Colorado Front Range*. Hydrological Process, 15:2877–2892.
- HUMPHREYS F.R. e LAMBERT M.J. (1965) - *Soil temperature profiles under slash and log fires of various intensities*. Australian Forest Research 1 (4): 23–29.
- HUMPHREY J., HAWES C., PEARCE A., FERRIS-KAAN R., JUKES M. (1999) - *Relationships between insect diversity and habitat characteristics in plantation forests*. Ecology and Management, 113: 11–21.
- HYVÄRINEN E., KOUKI J., MARTIKAINEN P., LAPPALAINEN H., (2005) – *Short-term effect of controlled burning and green-tree retention on beetle (Coleoptera) assemblages in managed boreal forests*. Forest Ecology and Management, 12 (1–3): 315–332.
- ISERENTANT R. e DE SLOOVERT J. (1976) - *Le concept de bioindicateur*. Mem. Soc. Roy. Bot., Belgium 7:15-24.
- IVANOVA G., CONARD S., BOGORODSKAJA A., IVANOV V., KOVALEVA N., KRASNOSHEKOVA E., ELENA KUKAVSKAYA E., TARASOV P., ZHILA S. (2011) - *Estimating and Monitoring Effects of Fire Severity on Ecosystem Components of Siberian Scots pine forests*. In: EGU General Assembly 2011 - Geophysical Research Abstracts, 13: 2796-2.
- JACOT A.P. (1940) - *The fauna of the soil* . Quart. Rev. BioI. 15: 28-58.
- JACKSON D.A. (1993) - *Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches*. Ecology, 74:2204-2214.
- JALALUDDIN M. (1969) - *Micro-organic colonization of forest soil after burning*. Plant and Soil 30: 150-152.
- KHANNA P.K., RAISON R.J. e FALKINER R.A. (1994) - *Chemical properties of ash derived from Eucalyptus litter and its effects on forest soils*. Forest Ecology and Management 66 (1–3): 107–125.
- KEELEY J.E. (2009) - *Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage*. International Journal of Wildland Fire 1: 116–126.

- KENNEDY N. e EGGER K.N. (2010) - *Impact of wildfire intensity and logging on fungal and nitrogen-cycling bacterial communities in British Columbia forest soils*. *Forest Ecology and Management*: 260 (5): 787-794. DOI: 10.1016/j.foreco.2010.05.037.
- KETTERINGS Q.M., BIGHAM J.M. e LAPERCHE V. (2000) - *Changes in Soil Mineralogy and Texture Caused by Slash-and-Burn Fires in Sumatra, Indonesia*. *Soil Science Society of America Journal* 64: 1108-1117.
- KIM J.W. e JUNG C. (2008) - *Abundance of soil microarthropods associated with forest fire severity in Samcheok, Korea*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 11 (2):77-81.
- KOLKWITZ R. e MARSSON M. (1902) - *Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna*. Mitt. Aus d. Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung u. Abwasserbeseitigung Berlin 1: 33–72.
- KOPONEN S. (1995) - *Postfire succession of soil arthropod groups in a subarctic birch forest*. *Acta Zoologica Fennica*, 196: 243-245.
- LANGLANDSA P.R., BRENNANA K.E.C., PEARSON D.J. (2006) - *Spiders, spinifex, rainfall and fire: Long-term changes in an arid spider assemblage*. *Journal of Arid Environments* 67: 36–59.
- LAL R. (1991) - *Soil conservation and biodiversity*. In: Hawksworth DL (ed) - *The Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates: Its Role in Sustainable Agriculture*, CAB International, London, UK, pp 89–104.
- LAVELLE P. e SPAIN A.V., (2001) - *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- LENTILE L.B., SMITH F.W. (2005) - *Patch structure, fire-scar formation, and tree regeneration in a large mixed-severity fire in the South Dakota Black Hills, USA*. *Canadian Journal of Forest research* 35: 2875-2885.
- LEONI A. (2008)- *Studio della biodiversità vegetale e del popolamento a microartropodi edafici nella riserva naturale di "Guadine Pardaccio"*. Tesi di Dottorato di Ricerca in biologia vegetale (Ciclo XX) Università degli Studi di Parma.
- LINDBERG N. e BENGTTSSON J. (2005) - *Population responses of oribatid mites and collembolans after drought*. *Applied soil ecology*, 28: 163-174.
- LINDENMAYER D.B. e LIKENS G.E. (2010) - *The science and application of ecological monitoring*. *Biological Conservation*, 143: 1317–1328.
- LINDENMAYER D.B., LIKENS G.E., HAYWOOD A. MIEZIS L. (2011) - *Adaptive monitoring in the real world: proof of concept*. *Trends in Ecology and Evolution* , 26 (12): 642-646.
- LOVREGGIO R., LEONE V., GIAQUINTO P., NOTARNICOLA A. (2010) - *Wildfire cause analysis: four case-studies in southern Italy*. *iForest* 3:8-15. DOI: 10.3832/ifor0521-003.
- MADGE D.S. (1965) - *The effects of lethal temperatures on Oribatid mites*. *Acarologia* 7:121-130.

- MAGURA T., HORNUNGA E., TÓTHMÉRÉSZ B. (2008) - *Abundance patterns of terrestrial isopods along an urbanization gradient*. Community Ecology: 9 (1): 115-120. DOI: 101556/ComEc.9.2008.1.13.
- MAGURRAN A.E. (1988) - *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton: Princeton University Press, New York. ISBN 9780691084916.
- MAGURRAN A.E. (2004) - *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing, Oxford. ISBN 0-632-05633-9.
- MAJER J.D. (1980) - *Report on a study of invertebrates in relation to the Kojonup Nature Reserve Fire Management Plan*. W.A. Inst. Tec. Dep. Biol. Bull. No. 2.
- MAJER J.D. (1984) – *Short term responses of soil and litter invertebrates to a cool autumn burn in Jarrah (Eucalyptus marginata) forest in Western Australia*. Pedobiologia, 26: 229-247.
- MALMSTRÖM A. (2008) – *Temperature tolerance in soil microarthropods: simulation of forest fire heating in the laboratory*. Pedobiologia, 51: 419-426.
- MALMSTRÖM A. (2010) - *The importance of measuring fire severity - Evidence from microarthropod studies*. Forest Ecology and Management, 260: 62-70.
- MALMSTRÖM A. (2012) - *Life-history traits predict recovery patterns in Collembola species after fire: a 10 year study*. Applied Soil Ecology, 56: 35-42. DOI: 10.1016/j.apsoil.2012.02.007.
- MALMSTRÖM A., PERSSON T., AHLSTRÖM K. (2008) - *Effects of fire intensity on survival and recovery of soil microarthropods after a clear-cut burning*. Canadian Journal of Forest Research, 38: 2465-2476.
- MANCINI F. (1966) - *Breve commento alla Carta dei suoli d'Italia in scala 1:1.000.000*. Tipografia R. Coppini & C., Firenze.
- MANH VU Q. e NGUYEN T.T. (2000) - *Microarthropod community structures (Oribatei and Collembola) in Tam Dao National Park, Vietnam*. Journal of Biosciences, 25:379-386.
- MARCOT B.G. (1997) – *Biodiversity of old forests of the west: a lesson from our elders*. In: Khom K. A., Franklin J. F. - *Creating a forestry for the 21st century*. Island Press, Washington D.C., pp. 87-105.
- MARGALEF R. (1972) - *Homage to Evelyn Hutchinson or why is there an upper limit to diversity*. Trans, Connect, Acadademy Arst. Sci., 44: 211-235.
- MARTIN D.A., MOODY J.A. (2001) - *Comparison of soil infiltration rates in burned and unburned mountainous watersheds*. Hydrological Process 15: 2893–2903.
- MATAIX-SOLERA J., CERDÀ A., ARCENEGUI V., JORDAN A., ZAVALA L.M. (2011) - *Fire effects on soil aggregation : A review*. Earth-Science Reviews 109:1-2. 44-60.

- MATAIX-SOLERA J., DOERR S.H. (2004) - *Hydrophobicity and aggregate stability in calcareous topsoils from fire-affected pine forest in southeastern Spain*. Geoderma 118: 77–88.
- MATLACK G.R. (2001) - *Factors determining the distribution of soil nematodes in a commercial forest landscape*. Forest Ecology and Management 146: 129–143.
- MAZZOLENI S. (1989) - *Fire and Mediterranean plants: germination responses to heat exposure*. Annals of Botany 47: 227-233.
- MAZZOLENI S. e PIZZOLONGO P. (1990) - *Post-fire regeneration patterns of Mediterranean shrubs in the Campania region, Southern Italy*. In: Goldammer J.G., Jenkins M.J., eds. - Fire in ecosystem dynamics. Proceedings of the third international symposium on fire ecology. Freiburg, May, 1989. SPB Academic Publishing, The Hague, pp.43-51.
- MCCANN A.E. e CULLIMORE D.R. (1979) - *Influence of pesticides on the soil algal flora*. Residue Revue, 72:1-31.
- MCCARTHY F. e SHUGART L.R. (1990) - *Biomarkers of environmental contamination*. Lewis Pub., Chelsea USA.
- MENTA C. (2004) - *La qualità biologica dei suoli attraverso l'uso di microartropodi*. In Atti del Convegno Nazionale: La conoscenza della qualità del suolo attraverso l'utilizzo di indicatori biologici ed eco tossicologici, Torino (13 maggio), pp. 22-26.
- MENTA C. (2008) - *Guida alla conoscenza della biologia e dell'ecologia del suolo Funzionalità diversità biologica, indicatori*. Perdisa editori Bologna.
- MENTA C, LEONI A., CONTI F.D. (2010) - *Il ruolo della fauna edafica nel mantenimento della funzionalità del suolo*. In: Dazzi C. - Atti del Workshop: La percezione del suolo, Palermo (2-3 dicembre), Ed Pasteur, pp:179-183.
- MILLER R.M., LODGE D.J. (1997) - *Fungal responses to disturbance: Agriculture and forestry*. In: The Mycota IV. Environmental and microbial Relationship, Wicklow/Soderstrom. Springer-Verlag Berlin, Heilderberg, pp: 65-79.
- MONDINO G.P., BERNETTI G. (1998) - *I tipi forestali*. Serie Boschi e Macchie di Toscana. Regione Toscana, Giunta Regionale, Dipartimento dello Sviluppo Economico.
- MOORE C.R. (1987) – *Determination of benthic-invertebrate indices and water-quality trends of selected streams in Chester County, Pennsylvania, 1969-80*. U.S.Geological Survey Water resources Investigations Report, 85-4177.
- MOORE J.C. e DE RUITER P.C. (1991) - *Temporal and spatial heterogeneity of trophic interactions within below-ground food webs*. Agriculture, Ecosystems and Environment 34: 371–397.
- MOORE J.C., WALTER D.E., HUNT H.W. (1988) – *Arthropod Regulation of Micro- and Mesobiota in Below-Ground Detrital Food Webs*. Annual Review of Entomology, 33: 418-439. DOI: 10.1146/annurev.en.33.010188.002223.

- MOREIRA F., FERREIRA P.G., REGO F.C., BUNTING S. (2001) - *Landscape changes and breeding bird assemblages in northwestern Portugal: the role of fire*. *Landscape Ecology* 16: 175-187. DOI: 10.1023/A:1011169614489.
- MORETTI M., OBRIST M.K., DUELLI P., (2004) -. *Arthropod biodiversity after forest fires: Winners and losers in the winter fire regime of the Southern Alps*. *Ecography*, 27:173-186.
- MORGAN P., HARDY C.C., SWETNAM T.W., ROLLINS M.G., LONG D.G. (2001) - *Mapping fire regimes across time and space: Understanding coarse and fine-scale fire patterns*. *International Journal of Wildland Fire*, 10: 329–342.
- NALI C. e LORENZINI G. (2007) - *Air Quality Survey Carried Out by Schoolchildren: An Innovative Tool for Urban Planning*. *Environmental Monitoring Assessment*, 131: 201–210. DOI 10.1007/s10661-006-9468-2.
- NANNIPIERI P. (1993) - *Ciclo della sostanza organica nel suolo*. Patron Editore, Bologna.
- NANNIPIERI P., GRECO S., CECCANTI B. (1990) - *Ecological significance of the biological activity in soil*. In: Bollag J.M. e Stotzky G. (eds.) - *Soil Biochemistry*, Marcel Dekker, New York, 6: 293-355.
- NEARY D.G., KLOPATEK C.C., DEBANO L.F, FFOLLIOTT P.F. (1999) - *Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis*. *Forest Ecology and Management* 122: 51-71.
- NEHER D.A. e DARBY B.J. (2006) - *Computation and application of nematode community indices: General guidelines*. In: Abebe E. (editor) - *Freshwater Nematodes: Ecology and Taxonomy*, CABI, 752, pp. 211-222.
- NIMIS P.L. (1999) - *Il biomonitoraggio della "qualità dell'aria" in Italia*. In *Workshop Proceedings - Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale*. Roma, 26-27 Novembre 1998. ANPA, Serie Atti 2: 173-189.
- NIWA C.G. e PECK R.W. (2002) - *Influence of Prescribed Fire on Carabid Beetle (Carabidae) and Spider (Araneae) Assemblages in Forest Litter in Southwestern Oregon*. *Environmental Entomology* 31(5):785-796. 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/0046-225X-31.5.785>.
- NUNES L., LEATHER S., REGO F. (2000) - *Effects of fire on insects and other invertebrates. A review with particular reference to fire indicator species*. *Silva Lusitana*, 8 (1):15-32. ISSN 0870-6352.
- OLIVARI S. (2004) - *Morfologia, geologia e pedologia*. In: *La Riserva Naturale di Montefalcone: storia, ambiente e territorio* (Cappelli F., Cappelli V., Fabbrizzi F., Olivari S., Piussi P., Sbragia M., Stiavelli S.). Tipografia La Grafica Pisana – Bientina (Pi): 21–30.
- OLIVER I., MAC NALLY R., YORK A. (2000) - *Identifying performance indicators of the effects of forest management on ground-active arthropod biodiversity using hierarchical*

- partitioning and partial canonical correspondence analysis*. Ecology and Management, 139: 21–40.
- ORDONEZ J.L., RETANA J., ESPELTA J.M. (2005) *Effects of tree size, crown damage, and tree location on post-fire survival and cone production of Pinus nigra trees*. Forest Ecology and Management, 206: 109–117.
- OXBROUGH A.G., GITTINGS T., O'HALLORAN J., GILLER P.S., SMITH G.F. (2005) - *Structural indicators of spider communities across the forest plantation cycle*. Forest Ecology and Management, 212: 171–183.
- PACI M. (2009) - *Le pinete delle Cerbaie: struttura, dinamismo e possibili indirizzi selvicolturali*. In: Scritti in onore di Mario Cantiani (a cura di: Hermanin L. e La Marca O.). Edizioni Polistampa, Livorno: 173–183.
- PACKHAM D. R. (1969) - *Heat transfer above a small ground fire*. Australian Forest Research, 5: 19-24.
- PALESE A.M., GIOVANNINI G., LUCCHESI S., SCOPA A., DUMONDET S. (2000) – *Modifiche indotte da incendi sperimentali sulle caratteristiche microbiologiche di un suolo situato in ambiente mediterraneo*. In: Atti del convegno Nazionale della Società Italiana di Chimica del suol, pp. 75-82.
- PAOLETTI M.G. (1999) - *The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 74 (1-3): 137-156.
- PARISI V. (1974) – *Biologia ed ecologia del suolo*. Bringheri, Torino.
- PARISI V. (2001) - *The biological soil quality, a method based on microarthropods*. Acta Naturalia Ateneo Parmense, 37: 97–106.
- PARISI V. (2007) - *Materiali per l'applicazione dell'indice QBS-C nella valutazione della qualità biologica dei suoli*. Acta Naturalia Ateneo Parmense, 43: 518.
- 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, Ecosystem and Environment, 105: 323–333.
- PARLAK M. (2011) – *Effect of heating on some physical, chemical and mineralogical aspects of forest soil*. Journal of the bartin faculty of forestry 19: 143-152.
- PAUL E.A. e CLARK F.E. (1996) - *Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, San Diego USA.
- PAUSAS J.G. e KEELEY J.E.(2009) - *A burning story: The role of fire in the history of life*. BioScience 59: 593-601.
- PAVARI A. (1916) - *Studio preliminare sulla coltura di specie forestali esotiche in Italia*. Annali del Regio Istituto Superiore Forestale Nazionale 1 (1914-1915): 160-379.

- PEARCE J.L. e VENIER L.A. (2006) -. *The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: a review.* Ecological Indicators, 6:780–793.
- PIELOU E.C. (1969) - *The Interpretation of Ecological Data.* A Wiley-Interscience Publication John Wiley and Sons.
- PIUSSI P. e STIAVELLI S. (2004) –*Utilizzazione del bosco e trasformazione del paesaggio.* In: La Riserva Naturale di Montefalcone: storia, ambiente e territorio (Cappelli F., Cappelli V., Fabbrizzi F., Olivari S., PiuSSI P., Sbragia M., Stiavelli S.). Tipografia La Grafica Pisana – Bientina (Pi): 31-54.
- QUEVEDO L., RODRIGO A., ESPELTA J.M. (2007) - *Postfire resprouting ability of 15 non-dominant shrub and tree species in Mediterranean areas of NE Spain.* Annals of Forest Sciences 64: 883-890. DOI: 10.1051/forest:2007070.
- RAB M.A. (1996) - *Soil physical and hydrological properties following logging and slash burning in the Eucalyptus regnans forest of southeastern Australia.* Forest Ecology Management 84:159–175.
- RAISON R.J., KHANNA P.K., WOODS P.V. (1985) - *Mechanisms of element transfer to the atmosphere during vegetation fires.* Canadian Journal Forest Research, 15:132–140.
- REICHLER D.E. (1977) - *The Role of Soil Invertebrates in Nutrient Cycling.* In Soil Organisms as Components of Ecosystems; Ecological Bulletins (Stockholm), 25:145-156.
- RICHARDSON H.M. (1972) - *Phase changes which occur on heating kaolin clays. The x-ray identification and crystal structures of clay minerals.* Ed G. Brown, Miner. Soc Publishing; London, pp. 132-142.
- ROBICHAUD P.R., BEYERS J.L., NEARY D.G. (2000) - *Evaluating the effectiveness of post-fire rehabilitation treatments.* General Technical Report RMRS-GTR-63. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- ROHLF F.J. (1963) - *Classification of Aedes by numerical taxonomic methods (Diptera: Culicidae).* Ann. Entomol. Soc. Am. 56: 798-804.
- ROOKSBY H.P. (1972) - *Oxides and hydroxides of aluminium and iron. The x-ray identification and crystal structures of clay minerals.* Ed G. Brown, Miner. Soc Publishing London, pp. 354-392.
- ROSE C.W. (1966) – *The physical environment of agriculture* In Agricultural physics. Oxford (Pergamon Press).
- RUSEK J. (1998) - *Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem.* Biodiversity and Conservation 7: 1207-1219.
- RUTIGLIANO F.A., D'ASCOLI R., DE MARCO A., VIRZO DE SANTO A. (2002) - *Soil microbial community as influenced by experimental fires of different intensities.* In: Trabaud L., Prodon R. (Eds.) - Fire and Biological Processes. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, pp. 137-149.

- SAARSALMI A., MÄLKÖNEN E., PIIRAINEN S. (2001) - *Effects of Wood Ash Fertilization on Forest Soil Chemical Properties*. *Silva Fennica*, 35(3): 355-368.
- SACCHI C.F. e TESTARD P. (1971) - *Ecologie animale*. Doin, Paris.
- SARTORI F. (1998) - *Bioindicatori ambientali*. Ed. Fondazione Lombardia per l'Ambiente, ISBN 88-8134-039-9, pp. 23-31.
- SAULNIERS L. E ATHIAS-BINCHE F. (1986) – *Modalités de la cicatrization des écosystème méditerranéens après incendie: cas de certains arthropodes du sol 2. Les myriapodes édaphiques*. *Vie Milieu*, 36:191-204.
- SCHAEFER M. e SCHAUERMANN J.(1990) - *The soil fauna of beech forests: comparison between a mull and a moder soil*. *Pedobiologia*. 34(5):299-314.
- SEVER N.H., POLIAKOV D., BROZA M. (2001) – *A novel method for estimation of wild fire intensity based on ash Ph and soil microarthropod community*. *Pedobiologia*, 45:98-106.
- SHAKESBY R.A. (2011) - *Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: review and future research directions*. *Earth-Sciences Reviews* 105: 71-100.
- SHARPLEY A. (2000) - *Phosphorous availability*. In: Sumner ME (ed) *Handbook of soil science*. CRC, Boca Raton, Fla. pp. D18–D38.
- SHANNON C.E. (1948) - *A Mathematical Theory of Communication*. *The Bell System Technical Journal* 27: 379-423; 623-656.
- SHANNON C.E. e WEAVER W. (1962) - *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana, IL.
- SHARPLEY A. (2000) - *Phosphorus availability*. In: Ed. EM Sumner - *Handbook of soil science*. CRC Boca Raton, Fla, pp. D18–D38.
- SIEPEL H. (1994) - *Structure and Function of Soil Microarthropod Communities*. Ph.D. Thesis, University of Wageningen, NL.
- SILIGARDI M. e MAIOLINI B. (1990) - *Prima applicazione di un nuovo indice di qualità dell'ambiente fluviale*. In: La Spada P. (Ed.) - *Atti del Convegno AMBIENTE '91*, Terme di Comano, Provincia Autonoma di Trento (4-5 ottobre). Servizio Ripristino e Valorizzazione Ambientale, pp. 147-177.
- SIMARD A. (1991) - *Fire severity, changing scales, and how things hang together*. *International Journal of Wildland Fire* 1 (1): 23–34.
- SIMPSON E.H. (1949) - *Measurement of Diversity*. *Nature*, 163: 688.
- SMITH D.W. (1970) – *Concentration of soil nutrients before and after fire*. *Canadian Journal of Soil*, 50:17-29.

- SMITH J.L., PAPENDICK R.I., BEZDICEK D.F., LYNCH J.M. (1993) - *Soil organic matter dynamics and crop residue management*. Soil Microbial Ecology. (Ed FB Jr), pp. 65-94.
- SPELLERBERG I.F. (1991) - *Monitoring ecological change*. Cambridge, England: Cambridge University Press, pp. 181–182.
- STEPHENS S.L., FINNEY M.A. (2002) - *Prescribed fire mortality of Sierra Nevada mixed conifer tree species*. Forest Ecology and Management 162: 261-271.
- TAJOVSKÝ K. (2002) - *Soil macrofauna (Diplopoda, Chilopoda, Oniscidea) in a pine forest disturbed by wild fire*. In: Tajovský K., Balik V., Pižl V. (eds) - *Studies on soil fauna in Central Europe - Proceedings of the 6th Central European. Workshop on Soil Zoology, České Budějovice, Czech Republic, April 23-25, 2001*.
- THIBAUD J.M. (1977 a)- *Intermue et températures léthales chez les insectes collemboles arthropléones I. Hypogastruridae et Onychiuridae*. Revue d'Écologie et de Biologie du sol, 14: 45-61.
- THIBAUD J.M., (1977 b) - *Intermue et températures léthales chez les insectes collemboles arthropléones II. –Isotomidae, Entomobrydae et Tomoceridae*. Revue d'Écologie et de Biologie du sol, 14: 267-278.
- THOMAS A.D., WALSH R.P.D., SHAKESBY R.A. (1999) - *Nutrient losses in eroded sediment after fire in eucalyptus and pine forests in the wet Mediterranean environment of northern Portugal*. Catena 36:283–302.
- TORRI D. e BORSELLI L. (2000) - *Water Erosion*. In M.E. Sumner (ed.) - *Handbook of Soil Science*, Section G, Chapter 7, CRC Press (Boca Raton, USA), pp. 171-194.
- TRABAUD L. (1983) - *Evolution après incendie de la structure de quelques phytocénoses méditerranéennes du Bas-Languedoc (Sud de la France)*. Annales des Sciences Forestières, 40: 177-195.
- TRABAUD L. (2002) - *Effects of fire on mediterranean plants and ecosystems*. In Anfodillo T. e Carraro V. (Eds) - *Forest Fires: Ecology and Control*, Università degli Studi di Padova, pp. 49-60.
- TRAVAGLINI D., BOTTALICO F., FIORENTINI S., LISA C., MARCHI E., MOTTOLA S., NERI F., NOCENTINI S., PULETTI N.(2011 a) - *I boschi delle Cerbaie - Gestione, conservazione e uso sostenibile*. Pacini Editore, Pisa . ISBN978-88-6315-297-5.
- TRAVAGLINI D., BOTTALICO F., FARAONI L., FIORENTINI S., LISA C., MARCHI E., NERI F., NOCENTINI S., PAFFETTI D., PIEMONTESE F.P., PULETTI N.(2011 b) - *Piano di Gestione del Consorzio Forestale delle Cerbaie 2012-2026*.(in fase di approvazione).
- TRUCCHI E., PITZALIS M., ZAPPAROLI M., BOLOGNA M.A. (2009) - *Short-term effects of canopy and surface fire on centipede (Chilopoda) communities in a semi natural Mediterranean forest*. Entomologica Fennica, 20: 129-138.
- TRYON R.C. (1939) - *Cluster analysis*. New York: McGraw-Hill.

- TURCO R.F., KENNEDY A.C., JAWSON M.D. (1994) - *Microbial Indicators of Soil Quality*. In: Doran, J.W. (Ed.). SSSA, Madison, WI - Defining Soil Quality for A Sustainable Environment, pp. 73-90.
- UETZ G. (1991) - *Habitat structure and spider foraging*. In: Bell S., McCoy E., Mushinsky H. (Eds.) - *Habitat Structure: The Physical Arrangement of Objects in Space*. Chapman and Hall, London.
- UNDERWOOD E.C. e CHRISTIAN C.E. (2004) - *Effects of Prescribed Fire and Cattle Grazing on Ant Assemblages in Blue Oak Savannas in the Lassen Foothills, California*. Ph.D. thesis, University of California, Davis (chapter 1).
- ULERY A.L., GRAHAM R.C., AMRHEIN C. (1993) – *Wood-ash composition and soil pH following intense burning*. *Soil Science* 156: 358-364.
- VANDERWOUDE C., ANDERSEN A.N., HOUSE A.P.N. (1997) - *Ant communities as bio-indicators in relation to fire management of spotted gum (Eucalyptus maculata Hook.) forests in south-east Queensland*. *Memoirs of the Museum of Victoria*, 56: 671–675.
- VAN STRAALLEN (1996) - *Evaluation of bioindicator system derived from soil arthropods communities*. *Applied soil ecology*, 9: 429-437.
- VAN STRAALLEN N.M. (2004) - *The Use of Soil Invertebrates in Ecological Surveys Of Contaminated Soils*. In Doelman, P. and Eijsackers, H. J. P. (eds.) - *Vital Soil: Function, Value and Properties*, Elsevier, Amsterdam, pp. 159-195.
- VINCENT K., MOENING K., COLTER H. (2009) - *Effects of annual fire on the litter fauna populations and soil compositions of an upland white-oak forest*. *Tillers - A Journal of Prairie Restoration Research*, 6: 17-20.
- VIRO P.J. (1974) - *Effects of Forest Fire on Soil*. *Fire and Ecosystems*. New York, Academic Press.
- WALLWORK J.A. (1970) - *Ecology of soil animals*. McGraw- Hill.
- WEBER R., PETERS A., BREITHAAPT P., VISSER B. (1995) - *Mathematical-Modeling of Swirling Flames of Pulverized Coal: What Can Combustion Engineers Expect from Modeling?* *Journal of Fluids Engineering*, 117(2): 289-297.
- WELCH B.L. (1947) - *The generalization of "Student's" problem when several different population variances are involved*. *Biometrika* 34 (1-2): 28-35.
DOI: 10.1093/biomet/34.1-2.28MR19277.
- WELLS C.G., CAMPBELL R.E., DEBANO L.F., LEWIS C.E., FREDRIKSEN R.L., FRANKLIN E.C., FROELICH R.C., DUNN P.H. (1979) - *Effects of fire on soil: A state-of-knowledge review*. General Technical Report W0-7, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, pp. 34.
- WHELAN R.J. (1995) - *The Ecology of Fire*. Cambridge. UK, Cambridge University Press.

- WHELAN R.J., LANGEDYK W., PASHBY A.S. (1980) - *The effects of wildfire on arthropod populations in a Jarrah - Banksia woodland*. W.A. Naturalist, 14: 214-220.
- WHITE E.W., THOMPSON W.W, GARTNER F.R. (1973) - *Heat effects on nutrient release from soils under ponderosa pine*. Journal of Range Management 26: 22-24.
- WHITTAKER R.H. (1972) - *Evolution and measurement of species diversity*. Taxon, 21: 213-251.
- WODARZ D., AESCHT E., FOISSNER W. (1992) - *A Weighted Coenotic Index (WCI): Description and application to soil animal assemblages*. Bio. Fertil. Soils 14: 5-13.
- YEATES G.W., BONGERS T., DE GOEDE R.G.M., FRECKMAN D.W., GEORGIEVA S.S. (1993) - *Feeding habits in nematode families and genera - An outline for soil ecologists*. Journal of Nematology, 25: 315-331.
- YORK A. (1999) - *Long-term effects of frequent low-intensity burning on the abundance of litter-dwelling invertebrates in coastal blackbutt forests of southeastern Australia*. Journal of Insect Conservation, 3: 191-199.
- ZAR J.H. (1996) - *Biostatistical Analysis*. 3rd ed. Prentice Hall, New York.

SITI WEB CONSULTATI

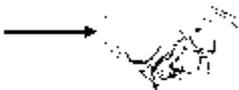
- <http://www.ambiente.parma.it/allegato.asp?ID=703543> (ultimo accesso: settembre 2012);
- <http://www.ambientediritto.it/Antincendio/FUOCO%20ED%20INCENDI.htm> (ultimo accesso dicembre 2012);
- <http://www.cbd.int/> (ultimo accesso: settembre 2012);
- <http://www.fao.org/forestry/fra2005/en/>. (ultimo accesso: ottobre 2012)
- <http://www.futmon.org/> (ultimo accesso:ottobre 2012);
- <http://www.icp-forests.org/> (ultimo accesso: ottobre 2012);
- <http://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003500/3536-manuali-2001-02.pdf/view> (ultimo accesso settembre 2012);
- <http://www.ricercaforestale.it/index.php?module=CMpro&func=viewpage&pageid=483> (ultimo accesso: ottobre 2012).

ALLEGATI

ALLEGATO 1:
CHIAVE DICOTOMICA PER IL RICONOSCIMENTO
DEI MICROARTROPODI EDAFICI
(Codurri *et al.*, 2005)

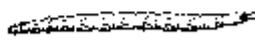
- Forme globose.....1 
- Forme allungate.6 
- 1. presenza di antenne.....2 

 assenza di antenne.....5
- 2. presenza di rostro occhi generalmente sviluppati...Emitteri p.p. (1 emi) 

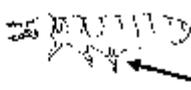
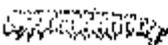
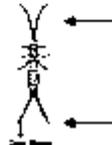
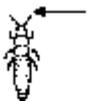
 assenza di rostro.....3
- 3. presenza di turca.....Collemboli Sinfleoni* 

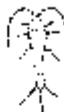
 assenza di turca.....4
- 4. presenza di elitre.....Coleotteri* 

 assenza di elitre.....5
- 5. tre paia di zampe larve di Acari (20 emi) 

 quattro paia di zampeAcari adulti (20 emi) 
- 6. assenza di zampe larve di Ditteri 

 non questa condizione7

7. tre paia di zampe.....	8	
più di tre paia di zampe	24	
8. presenza di furca	Collemboli p.p.*	
assenza di furca	9	
9. presenza di tubo ventrale	Collemboli p.p.*	
assenza di tubo ventrale	10	
10. presenza di gnatochilario	Jarve di Diplopodi (20 emi)	
assenza di gnatochilario	11	
11. corpo vermiforme	23	
non questa condizione.	12	
12. assenza di antenne e cerci addominali.	Proturi (20 emi)	
Presenza di entrambe le strutture.....	13	
Presenza di sole antenne.. ..	18	
13. condizione endognata.....	Dipluri (20 emi)	
condizione eclotrofa.....	14	

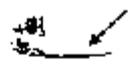
14. presenza di appendici ventrali addominali.....Tisanuri s.l. (10 emi)  →
 assenza di tali appendici.....15

15. presenza di cerci trasformati in pinze addominali.Dermatten (1 emi)  →
 assenza di esse.....16

16. tarsi anteriori dilatati, cerci corti.....Embiolteri** (10 emi)  →
 altre condizioni.....17

17. zampe posteriori atte al saltoOrtotteri** 
 zampe posteriori atte alla corsa.....Blattari** (5 emi)  →

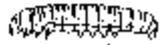
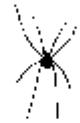
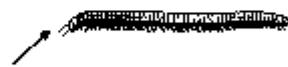
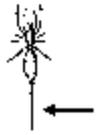
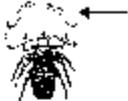
18. capo rettangolare con occhi ai vertici anteriori...Tisanotteri** (1 emi)  →
 non così..... 19

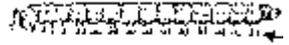
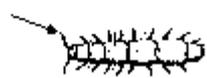
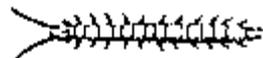
19. presenza di un rostro.....Emitteri p.p. (1 emi)  →
 assenza di rostro20

20. addome peduncolato, atteri.....Formicidi (5 emi)  ↓

addome peduncolato, alati.....Imenotteri p.p. (1 emi) 

altra condizione 21

21. presenza ali metatoraciche trasformate (bianchieri).....Ditteri (1 emi) 
- assenza di bilancieri..... 22
22. ali mesotoraciche trasformate in elitre,Coleotteri p.p.* 
- altra condizionealtre forme di Olometaboli** (1 emi)
23. addome con pseudozampe.....larve di Lepidotteri (bruchi) (10 emi) 
- assenza di pseudozampe.....larve di Coleotteri e Neuroteri (10 emi)
 (ev. presenza di cerci) 
24. antenne assenti 4 paia di zampe..... 25 
- antenne presenti, più di 4 paia di zampe...28 
25. lungo filamento addominale (1).....Palpigrad: (20 emi) 
- assenza di tale struttura.....26
26. presenza di chere.....Pseudoscorpioni (20 emi) 
- assenza di chela..... 27
27. addome pedunculato.....Araneidi (1-5 emi) 
- non questa condizione..... Opilioni (10 emi) 

28. presenza di evidenti diplosegimenti.....Diplopodi* 
- assenza di diplosegimenti.....29
29. 7 paia di zampe e antenne genicolate (a gomito)...Isopodi (10 emi) 
- altra condizione.....30
30. presenza di forcipule.....Chilopodi* 
- assenza di forcipule.....31
31. 9 - 10 paia di zampe, antenne bifide Paupodi (20 emi) 
- 12 paia di zampe, con unghie doppie. Sinfili (20 emi) 

p.p. = *pro parte* - in parte

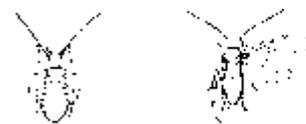
s.l. = *sensu lato*

* emi da calcolare con la tabella 1 di Pansì 2001

** eventualmente anche atteri

(1) attenzione: talvolta il filamento viene perso in parte; la diagnosi è tuttavia ancora possibile per la caratteristica forma degli articoli rimasti

Nelle selezioni possono essere presenti, quasi sempre come contaminanti, gli Psocoteri (1 emi), dall'aspetto caratteristico ed inconfondibile.



CODURRI M., TRUZZI A., BERTONAZZI M.C. (2005) - *Microartropodi del terreno. Manuale da campo per il riconoscimento dei microartropodi del terreno come indicatori della qualità biologica del suolo (metodo QBS-ar)*. Consorzio del Parco Naturale dell' Oglia Sud, pp: 104.

ALLEGATO 2

MICROARTROPODI EDAFICI RINVENUTI NELLA RISERVA NATURALE STATALE DI MONTEFALCONE

Aracnidi

Araneidi (dal latino *aranea*: ragno)

Comunemente noti come ragni è un ordine che conta circa 20000 specie (Fig.63). Hanno dimensioni medio-piccole che per i ragni terricoli variano da 0,6 a 10 mm. Presentano un corpo diviso in due parti (cefalotorace e addome) apparentemente non segmentate e unite da un peduncolo. Sono facilmente riconoscibili perché i tergi del prosoma vanno a formare, saldandosi, uno scudo dorsale. I cheliceri sono costituiti da due segmenti dotati di ghiandole velenifere. Gli occhi sono semplici. I ragni hanno 4 paia di zampe formate ciascuna da 7 articoli e 2 pedipalpi corti, costituiti da 6 articoli. Nella regione addominale si trovano delle appendici dette filiere da cui esce la seta che, filata con le unghie o con setole presenti sul IV paio di zampe, servirà a catturare la preda o ad avvolgere le uova (La Greca, 1990). La maggior parte dei ragni non ha uno stretto legame con il suolo, nonostante si possa riscontrare la loro presenza nell' *epièdaphon* (strato di suolo superficiale che si estende a quello erbaceo). “*Molte ricerche svolte sulla dinamica di popolazione degli araneidi hanno evidenziato un aumento della loro popolazione tra l'estate e l'autunno, mentre in inverno si riscontra un minimo di densità*” (Menta, 2008).



Figura 63: Immagini generiche di ragni.

Opilonidi (dal latino *opilion*: pastore)

Gli individui appartenenti a questo ordine presentano un aspetto molto simile a quello dei ragni, ma si differenziano da quest'ultimi per avere l'opistosoma chiaramente segmentato e non pedunculato (Fig.64). Presentano dei pedipalpi corti e cheliceri di 3 segmenti. Hanno 4 paia di zampe generalmente molto lunghe che si riducono nelle specie legate al suolo. Sono organismi generalmente predatori di artropodi e molluschi, ma possono essere anche predati da acari ectoparassiti o nutrirsi di materiale vegetale.

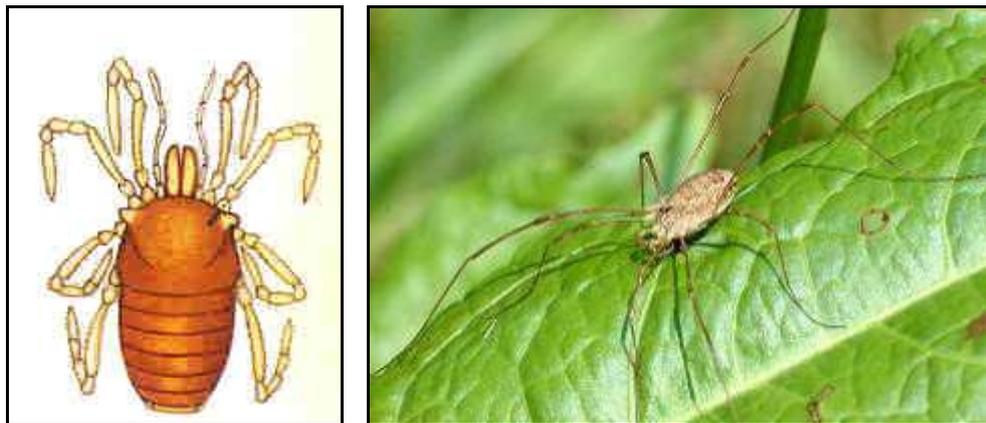


Figura 64: Immagini generiche di un opilione.

Scorpioni

Gli scorpioni sono animali con dimensioni che variano a seconda della specie da qualche decina di millimetro sino a 20 cm.(Fig.65). Hanno quattro paia di zampe e due palpigradi terminanti con grandi chele che utilizzano per la predazione. I capo Mentre la testa non è divisa dal torace l'addome è costituito da dodici segmenti distinti, mobili ed articolati: il mesosoma (7 segmenti) e il metasoma (cinque segmenti). All'estremità del metasoma sono presenti delle ghiandole velenifere collegate ad un aculeo a forma di uncino. Gli scorpioni sono animali predatori notturni che si cibano di insetti, ragni, invertebrati e altri scorpioni.

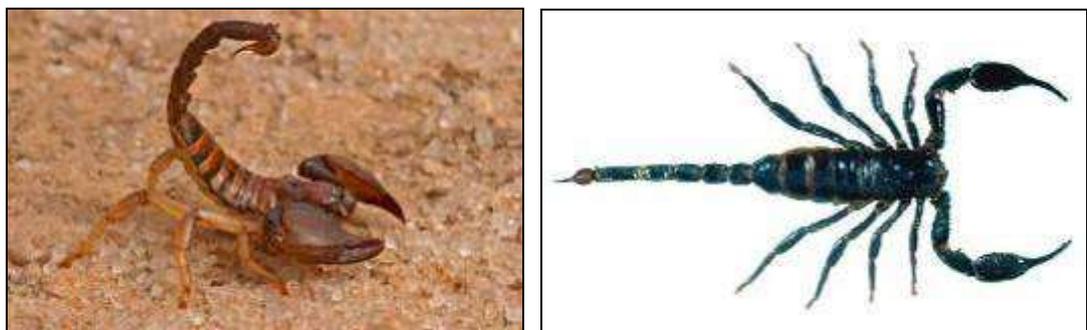


Figura 65: Immagini generiche di scorpioni.

Pseudoscorpionidi (dal greco *pseudēs*: falso + *skorpio*: scorpione)

Gli pseudoscorpioni hanno un aspetto molto simile a quello degli scorpioni se pur i due gruppi non siano filogeneticamente affini (Menta, 2008) (Fig.66). Le caratteristiche che li rendono facilmente riconoscibili sono: l'opistosoma non separato in due regioni e due grandi pedipalpi chelati muniti di ghiandole velenifere. L'addome non termina con un aculeo velenifero ed è formato da 11 segmenti. Le dimensioni di questi animali variano mediamente dai 2 ai 4 mm. Di solito sono presenti nelle grotte, sotto la corteccia degli alberi, sotto le rocce, nella lettiera e nei suoli, dove se ne contano circa 100 specie, ma con basse densità.

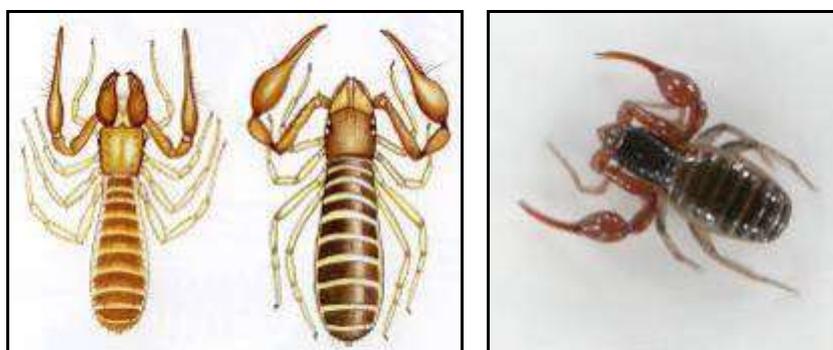


Figura 66: Immagini generiche di pseudoscorpioni.

Acari (dal greco *akari*: molto piccolo)

Quest'ordine antichissimo, i cui fossili risalgono a circa 500 milioni di anni fa, conta circa 50000 specie descritte, ma si ritiene che siano solo il 5% di quelle esistenti (Menta, 2008). Questi organismi, di piccole o piccolissime dimensioni, possono variare dai 0,2 ai 10 mm circa (Fig.67). La loro morfologia risulta molto differente rispetto agli altri aracnidi. Generalmente il corpo non risulta segmentato, né diviso in prosoma ed epistosoma. Ben distinta risulta la regione anteriore, detta gnatosoma o rostro, portante cheliceri e pedipalpi, mentre la regione immediatamente posteriore è detta podosoma. La struttura complessa del gnatosoma può variare a seconda che si tratti di organismi predatori, di parassiti di vegetali o animali, di acari non parassiti abitanti del suolo.

Tra gli acari tipici degli ambienti edafici possiamo distinguere 4 gruppi:

- astigmati: organismi dal corpo generalmente biancastro e ricoperto da lunghe setole. Si nutrono di detriti, alghe e altri microrganismi;
- mesostigmati: organismi dal corpo appiattito e di forma ellittica con dorso coperto di scudi di colore variabile dal giallo al marrone. Possono essere predatori a vita libera, detritivori, fungivori e parassiti;

- criptostigmati (oribatei): organismi di forma globosa con esoscheletro di colore bruno scuro e diffusi negli stadi ricchi di sostanza organica. Sono suddivisi in 3 gruppi in base al tipo di alimentazione (macrofagi, microfagi, pan fitofagi);
- prostigmati: organismi che manifestano una forte radiazione adattativa evidenziata dal fatto che vi sono esemplari di varie morfologie e colorazioni (giallo, rosso, verde, beige, bruno). Possono presentare un apparato boccale con cheliceri terminanti con chele o essere a forma di stiletto. Il corpo risulta poco sclerotizzato.

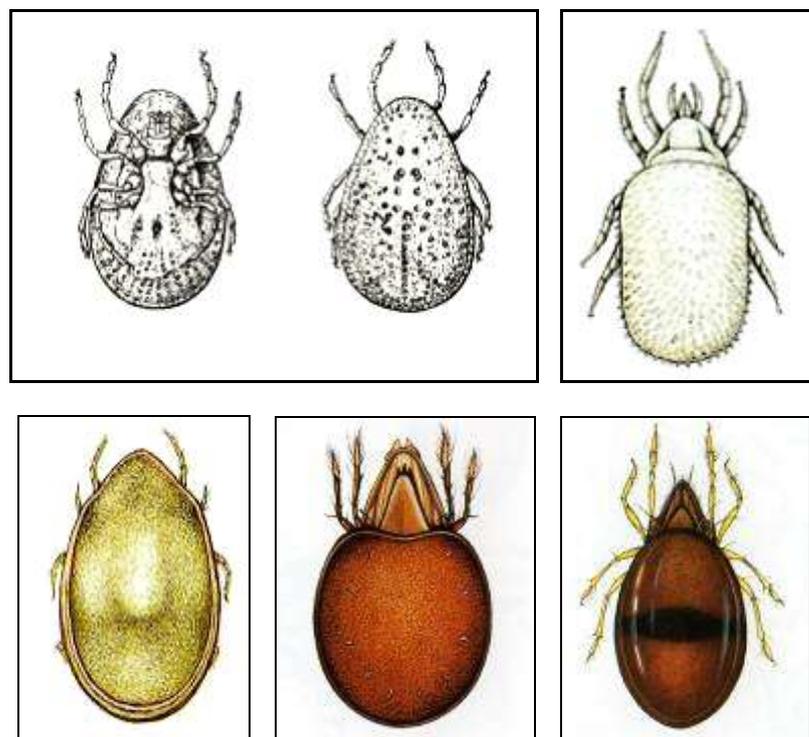


Figura 67: Immagini generiche di acari.

Crostacei

Ordine Isopoda (dal greco *isos*: uguale + *pous*: piede)

Gli isopodi sono l'unico ordine della classe dei crostacei che presenta al suo interno alcuni generi in grado di vivere nel suolo (Fig.68). Questi organismi hanno un corpo appiattito, senza carapace, di forma subovale o allungata. Le loro dimensioni variano da 1 a 20 mm. Hanno 7 paia di zampe uguali fra loro ed il primo paio di antenne risulta estremamente ridotto. Gli isopodi terrestri appartengono tutti all'unità tassonomica degli oniscoidei con le seguenti specie: *oniscus*, *porcellio*, *philoscia*, *armadillum*. L'adattamento di questo ordine alla vita edafica è poco efficace rispetto ad altri

organismi terricoli. Essi sono estremamente dipendenti dalle condizioni di saturazione dell'umidità dell'aria nel suolo, però alcune specie sono in grado di resistere a condizioni di siccità grazie a delle strutture pseudo-toraciche. Sono inoltre riconoscibili per il loro tipico comportamento di arrotolarsi su se stessi sia per difendersi (in condizioni di pericolo), sia per ridurre la perdita di acqua.. Sono detritivori e la loro dieta prevede una grande varietà di residui vegetali, animali, fecali, alghe e funghi. Proprio per questo motivo essi hanno un rilevante ruolo nel processo di degradazione della sostanza organica. Sono diffusi in molte tipologie di ambienti, ma la loro distribuzione è in relazione sia al tipo di substrato (preferiscono suoli forestali di tipo mull acido e mull calcareo) che alla loro capacità di resistere alle condizioni di scarsa umidità.

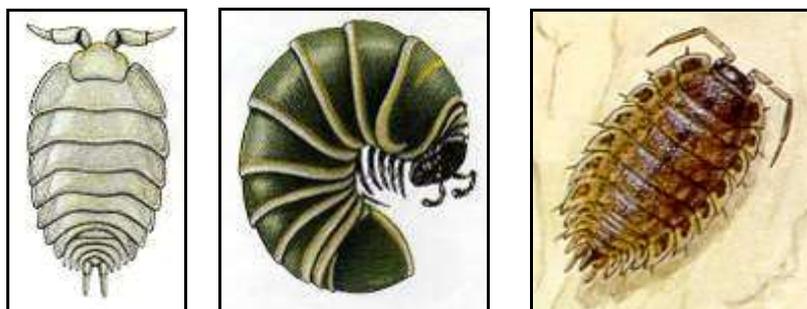


Figura68: Immagini generiche di isopodi.

Miriapodi

Pauropodi (dal greco *pauros*: piccolo + *pous, podos*: piede)

I pauropodi sono piccoli organismi, adattati al suolo, di forma sub cilindrica e con dimensioni che vanno dai 0,5 ai 2mm (Fig.69). Il corpo, con cuticola non sclerificata, è molle e depigmentato. La regione del capo è di piccole dimensioni e presenta delle antenne bifide che rappresentano la caratteristica distintiva del gruppo. Esse sono costituite da un peduncolo di 4 segmenti sull'ultimo dei quali si trovano 2 rami. Dal momento che sono privi di organi visivi, per percepire le vibrazioni hanno un organo detto pseudoculo. La regione del tronco è divisa in 11 segmenti di cui solo 9 portano un paio di zampe ciascuno.

Sono organismi detritivori e, dunque, importanti per la degradazione della sostanza organica. Le uova vengono deposte nell'humus e dopo la loro schiusa gli individui appena nati presentano solamente 7 paia di zampe. La crescita avviene per mute successive.

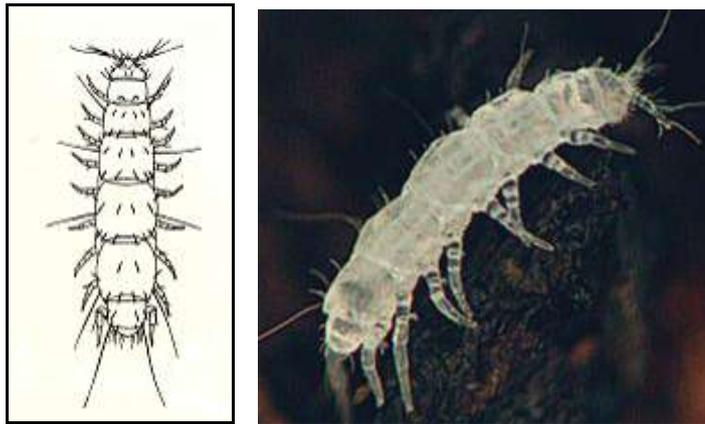


Figura 69: Immagini generiche di pauropodi.

Diplopodi (dal greco *diplos*: doppio + *pous*: piede – millepiedi)

Gli individui che appartengono a questa classe hanno forma allungata, con cuticola generalmente ben sclerificata ed impregnata di carbonato di calcio (tranne i polyxenidi). Le dimensioni variano dai 2 ai 30 mm. Sono noti comunemente col nome di millepiedi proprio per il numero di arti che può andare da 11 a più di 100 paia. Le zampe sono impiantate ventralmente e sono molto ravvicinate fra loro, questa caratteristica rende i diplopodi piuttosto lenti nei movimenti (Fig.70). La regione del capo porta un paio di antenne abbastanza corte composte da 7-8 articoli, mentre l'apparato boccale è formato da un paio di mandibole ed un paio di mascelle che si fondono a formare un organo lamellare detto gnatochilario. Sono animali lucifughi con occhi semplici, costituiti da gruppi di ocelli. Il tronco è suddiviso in torace, composto dai primi 4 segmenti, e addome che è costituito da doppi segmenti fusi insieme (diplosomiti) ciascuno dei quali reca due paia di zampe. Sono organismi detritivori con preferenza di materiale vegetale già in parte decomposto.

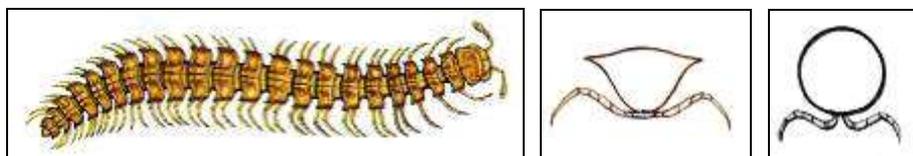


Figura 70: Immagini generiche di diplopodi.

La loro funzione all'interno del suolo è prevalentemente quella di ridurre meccanicamente il detrito. Essendo animali molto lenti, per salvaguardarsi alcune specie si arrotolano su se stesse, ma hanno anche sviluppato degli organi per la difesa costituiti da ghiandole repellenti in grado di secernere sostanze tossiche. Le larve appena uscite dall'uovo presentano un tronco non del tutto sviluppato (7 segmenti), 6 zampe toraciche e un breve addome apode. Il resto dei segmenti e delle zampe li acquisiscono con le mute successive. Tra i diplopodi presenti nel suolo è importante ricordare l'ordine *Polyxenida*: organismi di piccole dimensioni che presentano un tegumento molle con grandi ciuffi di setole (Fig.71). La regione del tronco è suddivisa un numero di segmenti che varia da 11 a 13 e può avere da 13 a 17 paia di zampe. A differenza di altri ordini i polyxenidi non presentano ghiandole repugnatorie. Sono organismi igrofilo che abitualmente vivono sotto i sassi e sotto le cortecce degli alberi.

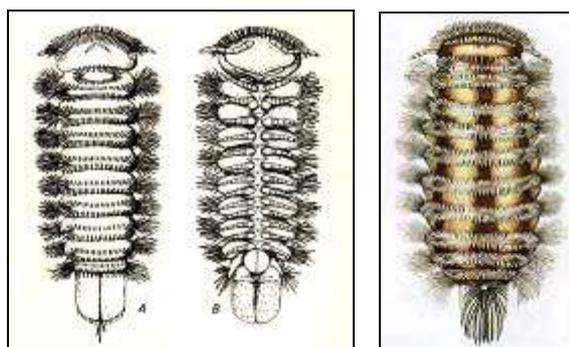


Figura 71: Immagini generiche di diplopodi, Ordine *Polyxenida*.

Chilopodi (dal greco *cheilos*: unghia e *pous*: piede)

I chilopodi, comunemente noti con il nome di 100 piedi, sono animali capaci di muoversi velocemente (Fig.72). Il corpo risulta allungato e appiattito, suddiviso in un numero di segmenti che può variare da 15 a 180. Ogni segmento, tranne i due terminali, reca un paio di zampe ambulatorie, poste al lato del corpo. La regione del capo presenta un paio di antenne moniliformi costituite da 12 o più articoli e in alcune specie può presentare l'organo di Tömösvary. L'apparato boccale è formato da mandibole, mascelle prime e mascelle seconde e dalle forcipule, costituite dal primo segmento della regione del tronco. Quest'ultime, poste sotto il capo e dirette in avanti, sono un potente organo di presa corredato da ghiandole velinifere. La velocità del movimento e la presenza delle forcipule fanno di essi degli eccellenti predatori, ma alcune specie possono trarre nutrimento anche da foglie decomposte.

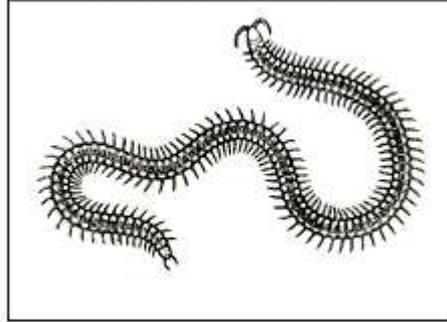


Figura 72: Immagine generica di un chilopode.

Per quel che riguarda le larve nei chilopodi è necessario distinguere due situazioni:

- sviluppo diretto (epimorfosi) in cui gli organismi escono dalle uova come versione in miniatura dell'adulto. È tipico dell'ordine dei geofilomorfi e degli scolopendromorfi.
- sviluppo per mute successive (anamorfosi) in cui le larve nascono incomplete e si sviluppano successivamente con processi più o meno lunghi. E' tipico degli organismi dell'ordine dei litobiomorfi e degli scutigeromorfi.

In Italia sono presenti 4 ordini:

- geophylomorpha;
- lithobiomorpha;
- scolopendromorpha;
- scutigeromorpha.

Di seguito verranno descritti i due ordini più affini all'ambiente edafico.

I **geofilomorfi**: hanno un corpo vermiforme e appiattito di lunghezza variabile tra i 9 e i 200 mm (Fig.73). La regione del capo risulta piccola, priva di occhi, e con delle antenne di 14 articoli. La regione del tronco è formata da segmenti tutti uguali che portano un numero di zampe che può variare da 35 a 180. Sono organismi che hanno sviluppato molte caratteristiche atte alla vita ipogea se pur non presentano la riduzione delle dimensioni. Sono scavatori, in grado di compiere migrazioni verticali nel suolo a seconda della stagione, infatti essi sono molto sensibili al disseccamento e grazie alla cuticola idrofoba sono anche in grado di sopravvivere a temporanee inondazioni del suolo.



Figura 73: Immagine generica di un geofilomorfo.



Figura 74: Immagini generiche di un chilopode litobiomorfo.

I **litobiomorfi**: hanno piccola o media dimensione (20 – 30 mm) (Fig.74). Il capo presenta antenne che possono essere anche molto lunghe, con un numero di articoli che può variare da 13 ad oltre 100. La regione del tronco reca 15 paia di zampe piuttosto corte ed è costituita da 19 segmenti piccoli e grandi che si alternano fra loro. Questi organismi non hanno una grande capacità di scavare in profondità all'interno del suolo se pur anch'essi risultano sensibili al disseccamento.

Sinfili (dal greco *syn*:con + *phyle*: specie)

Questi organismi hanno corpo molle di colore bianco con cuticola non calcificata e dimensioni che vanno dai 2 ai 10mm (Fig.75). La regione del capo è formata da un apparato boccale costituito da mascelle prime e seconde, quest'ultime saldate insieme e da mandibole formate da 2 pezzi articolati. Le antenne sono pluriarticolate e presentano l'organo di Tömösvary. Sono organismi privi di occhi. La regione toracica è costituita da 12 segmenti ognuno dei quali porta un paio di zampe. Le zampe del primo segmento risultano più corte delle altre mentre sull'ultimo segmento troviamo i cerci. Sono sia detritivori, anche se non hanno un ruolo rilevante nel processo di degradazione della sostanza organica, e sia predatori di altri microrganismi.

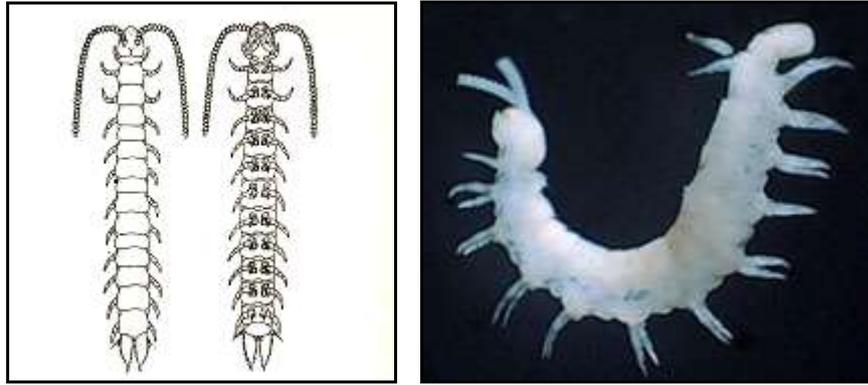


Figura 75: Immagini generiche di sinfili.

Data la loro capacità di spostarsi verticalmente nel suolo li possiamo ritrovare a diverse profondità, mentre anche se non hanno particolari preferenze di habitat, prediligono i suoli umidi e ricchi di sostanza organica. Le densità riscontrate in alcuni studi fatti sui sinfili parlano di 1200 – 3000 individui/m² nelle lettiere forestali, mentre nelle praterie si riscontrano densità di 100 – 1800 ind/m². Le densità maggiori si riscontrano nei suoli di serra (1200 -21000 individui/m² e in quelli coltivati (1000 -7200 individui/m²). Il ciclo biologico dei sinfili risulta essere abbastanza rapido. Le larve, subito dopo la schiusa delle uova, presentano 6-7 paia di zampe e dopo 6 mute raggiungono lo stadio adulto.

Insetti

Collemboli (dal greco *kolla*: colla + *embolos*: piolo / *emballein*: scagliare)

L'ordine dei collemboli appartiene alla classe entognatha e attualmente conta circa 6500 specie conosciute. Si ritiene tuttavia che questo valore sia una sottostima della popolazione reale.

I collemboli sono atteri e hanno dimensioni ridotte rispetto agli altri insetti, esse sono comprese tra 0,5 e 5 mm. Il capo reca un apparato boccale entognato e masticatore, talvolta succhiatore, delle antenne brevi (4 articoli) con peli sensoriali e quando sono presenti gli occhi questi sono costituiti da gruppi di ocelli (al massimo 8). Il torace è formato da 3 segmenti che possono essere di differenti tipologie ed a volte difficilmente individuabili rispetto all'addome. Quest'ultimo è diviso in 6 segmenti che possono essere tutti distinti oppure parzialmente fusi a seconda della specie.

Sul quarto segmento è presente una struttura identificativa di questo ordine: la furca. Essa è un'appendice bifida atta al salto che può essere ripiegata sotto l'addome agganciandosi sul terzo segmento al retinacolo, altro organo caratteristico dei

collemboli. La furca può avere differenti dimensioni a seconda delle specie e dall'ambiente in cui vivono: è più sviluppata per i collemboli che vivono in superficie mentre risulta meno sviluppata o addirittura assente in quelli adattati a vivere più in profondità.

Il primo segmento dell'addome porta un tubo ventrale costituito da vescicole che possono estendersi all'esterno in condizioni di adeguata umidità o retratte in condizioni di disseccamento (Fig.76). Il tubo ventrale, detto anche colloforo, da cui deriva il nome dell'ordine, si pensa sia *“un'importante sito di scambio di acqua e ioni sodio tra l'animale e l'ambiente”* (Wallwork, 1970), oppure secondo altri studi serve a far aderire l'animale al substrato. Indubbiamente può considerarsi un altro importante elemento distintivo nell'identificazione dei collemboli.

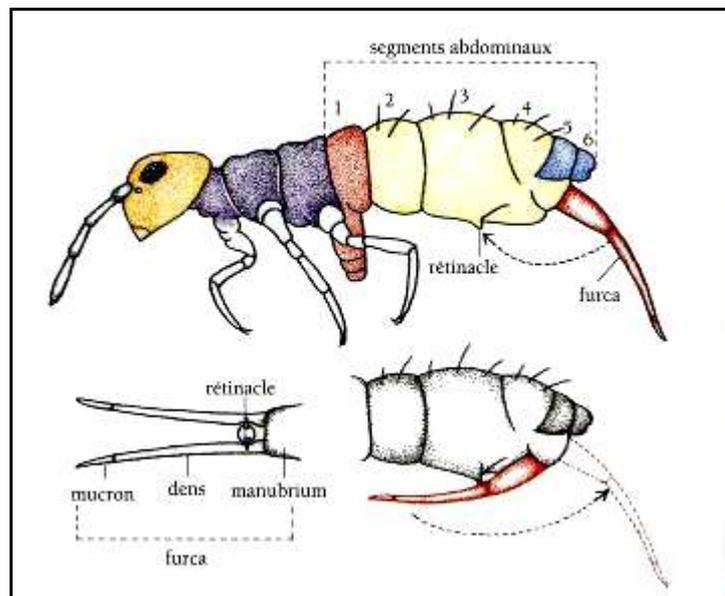


Figura 76: Descrizione del corpo di un collembolo.

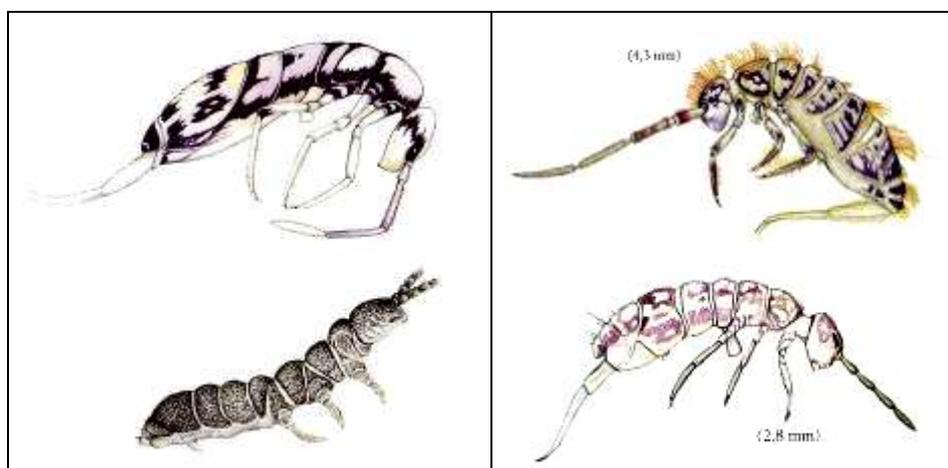


Figura 77: Immagini generiche di collemboli.

La cuticola dei collemboli, ricoperta di granulazioni, retinature e pori, può presentare anche setole (solo nella famiglia Entomobridae), spine, generalmente numerose sul capo, sulla furca e nella parte posteriore dell'addome e pigmenti di quasi tutti i colori (Fig.77). I collemboli sono organismi in grado di colonizzare differenti tipologie di ambienti, da quelli più caldi e asciutti, a quelli più freddi e umidi, ma la massima abbondanza si riscontra nelle foreste mature (5000-50000 individui/m²) (Wallwork, 1970). Sebbene siano un ordine molto diffuso, è necessario sottolineare come ogni singola specie manifesti differenti gradi di sensibilità alle condizioni ambientali e alle sue variazioni (naturali ed antropiche). Ciò rende questi organismi degli ottimi bioindicatori di microhabitat. Poiché essi non sono animali scavatori, la struttura e la porosità del suolo condizionano la loro capacità di movimento. Troveremo, quindi, specie di maggiori dimensioni e con furche sviluppate nelle lettiere, dove le cavità sono più ampie, e specie di piccole dimensioni e maggiormente adattate alla vita edafica, più in profondità negli strati del suolo.

I fattori maggiormente legati alla loro distribuzione sono: la vegetazione, la microflora, la struttura del suolo e l'umidità. Tali relazioni sono state studiate già nel 1964 da Critiannsen e, tutt'oggi, si sta continuando ad analizzare le relazioni che questi organismi hanno con l'ambiente in cui vivono.

Proturi (dal greco *protos*: primo + *oura*: coda)

I proturi sono gli unici insetti a non possedere le antenne (Fig.78). L'assenza di queste fa sì che il primo paio di zampe venga utilizzato come appendice tattile. Il corpo, appuntito all'estremità, ha dimensioni molto ridotte (0,5-2 mm), è depigmentato, poco sclerificato e appare di colore bianco-giallastro.



Figura 78: Immagini generiche di proturi.

La regione del capo è priva di occhi e presenta un apparato boccale, endognato, con appendici a forma di stiletto, atte a pungere o a nutrirsi di fluidi. L'addome è formato da 12 segmenti (11 + *telson*). Sui primi 3 segmenti si trovano dei minuscoli pseudopodi, residui di vere zampe. La larva dei proturi presenta un numero ridotto di segmenti addominali (9) che andrà ad aumentare per mute successive. I proturi sono frequenti in ambienti forestali e di prateria. Prediligono gli strati più superficiali (10 cm) di suoli umidi, ricchi di sostanza organica e non troppo acidi.

Dipluri (dal greco *diplos*: doppio + *oura*: coda)

I dipluri sono organismi di piccole dimensioni (1-5 mm) con il corpo allungato, depigmentato e poco sclerificato (Fig.79). Si contano circa 500 specie raggruppate in tre famiglie: Campodeidae, Japygidae, Projapygidae (Menta, 2008). Il capo, privo di occhi, reca un paio di antenne moniliformi. L'apparato boccale è di tipo endognato e masticatore. L'addome è costituito da 11 segmenti l'ultimo dei quali porta un paio di cerci caratteristici e differenti a seconda della specie (cerci flagellati o a forma di pinza). La larva che esce dall'uovo risulta praticamente uguale all'adulto. Sono organismi prevalentemente predatori di collemboli, larve di dittero, piccoli artropodi ed enchytreidi, ma possono anche nutrirsi di detriti e funghi. I dipluri preferiscono suoli umidi e stabili però sono in grado di vivere sia nelle lettiere che nei suoli di praterie e foreste.



Figura 79: Immagini generiche di dipluri.

Embiotteri (dal greco *embios*: vitale + *pteron*: ala)

Gli embiotteri sono un ordine costituito da circa 200 specie di piccole o medie dimensioni. Il capo ha grandi dimensioni, è mobile e reca degli occhi composti poco

sviluppati. Il torace può essere suddiviso in 3 parti, la prima, detta protorace, più ridotta rispetto alle altre due (meso e metatorace) che sono invece di dimensioni uguali.

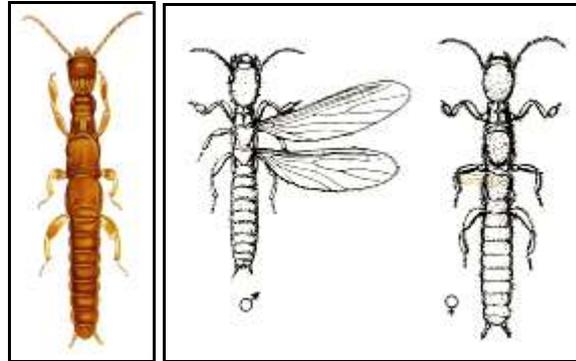


Figura 80: Immagini generiche di embiotteri

Il carattere distintivo di quest'ordine di insetti è quella di avere zampe dissimili tra loro ed in particolare il primo paio di zampe presenta un tarso ingrossato al cui interno vi è una ghiandola sericigena. L'addome è costituito da 11 segmenti e termina con un paio di cerci pluriarticolati. Le femmine degli embiotteri sono attere, mentre i maschi possono possedere 4 ali uguali e membranose (Fig.80). Sono organismi prevalentemente fitofagi, ma alcuni autori asseriscono che i maschi possano essere anche predatori. Vivono sotto le pietre, le cortecce degli alberi e sono abbastanza comuni in terreni sabbiosi.

Tisanotteri (dal greco *thysanos*: frangia + *pteron*: ala)

I tisanotteri hanno dimensioni variabili che vanno da 0,5 a 2 mm. Presentano colorazioni scure (nere-brune) o giallastre e possono essere atteri o alati (Fig.81).



Figura 81: Immagini generiche di tisanotteri.

Il capo, sub-quadrangolare, presenta un apparato boccale di tipo perforante-succhiante a forma di cono ed un paio di antenne (6-9 articoli) di differenti forme, ma di piccole

dimensioni. Il torace presenta un protorace libero più grande sia del mesotorace che del metatorace, uniti insieme a formare un pterotorace. Le zampe anteriori sono corte e robuste, mentre quelle posteriori sono più lunghe. Generalmente sono organismi fitofagi, ma alcune specie sono predatrici di acari e insetti. I tisanotteri sono generalmente ovipari.

Psocotteri (dal greco *psochein*:stritolare + *pteron*: ala)

Quello degli psocotteri è un ordine costituito da circa 1000 specie sia alate che attere. Le loro dimensioni sono comprese mediamente tra 1 e 4 mm, ma possono raggiungere anche gli 8 mm (Fig.82). Il capo è mobile e grande, con occhi composti abbastanza evidenti ed un paio di lunghe antenne filiformi (13-50 articoli). L'apparato boccale è di tipo masticatore. Il torace presenta un protorace ridotto rispetto al meta e mesotorace che sono saldati insieme in modo più o meno evidente. Gli psocotteri hanno un habitat molto vario, si possono trovare nella lettiera, sugli alberi, nel terreno sotto le pietre, nelle serre e persino nelle nostre case, dove proliferano nelle librerie. Sono in grado di nutrirsi di detriti secchi o decomposti sia di natura vegetale che animale, di funghi, alghe e licheni.



Figura 82: Immagini generiche di psocotteri.

Emitteri (Hemiptera dal greco ptera = ala, hemi = mezzo)

L'ordine degli Hemiptera si suddivide in due sottordini: Heteroptera e Homoptera. ed è costituito da un vasto numero di specie, circa 80.000. (Menta, 2008). Sono organismi di dimensioni variabili con capo poco mobile, di diverse forme e dimensioni. Presentano un apparato boccale di tipo pungente-succhiatore (rostro) e occhi solitamente ben sviluppati. Hanno due paia di ali che a seconda del sottordine possono essere interamente membranose o coriacee (*Homoptera*), oppure avere il paio anteriore semicoriaceo alla base e membranoso all'estremità (*Heteroptera*). Vivono in diverse

tipologie di ambienti nutrendosi di linfa vegetale, di liquidi del corpo di altri insetti o di altri invertebrati, sovente presentano istinto gregario. Tra le famiglie più comuni troviamo le cimici, le cicale, gli afidi e le cocciniglie. (Fig.83).



Figura 83: Immagini generiche di emitters.

Imenotteri (dal greco *hymen*: membrana + *pteron*: ala)

All'ordine degli Hymenoptera appartengono le formiche (Fig.84), le api e le vespe. Dato che è un ordine molto numeroso, costituito da circa 100.000 specie, esso è rappresentato da organismi dalle differenti morfologie. Generalmente presentano un capo molto mobile che poggia su un collo esile ed un apparato boccale masticatore o succhiatore che varia a seconda dei *taxa*. Sia la regione toracica che le 3 paia di zampe presentano una struttura piuttosto robusta, mentre l'addome può essere saldato al torace oppure collegato ad esso tramite un peduncolo. Negli imenotteri alati le ali risultano membranose e alcuni gruppi portano un aculeo con ghiandola velenifera.

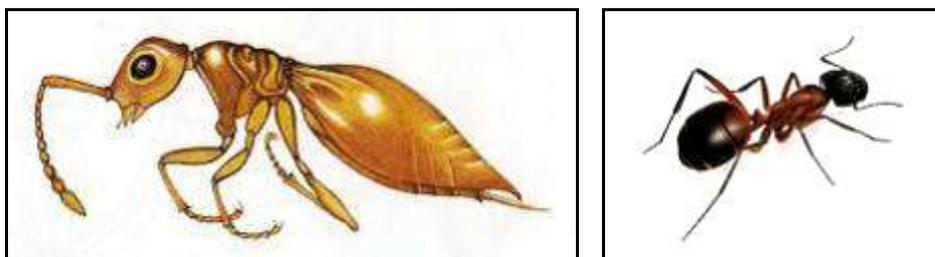


Figura 84: Immagini generiche di imenotteri (formicidi).

Gli imenotteri hanno sviluppato un elevato livello di socialità e efficaci sistemi comunicativi. Nonostante le api e le vespe usino il suolo per predare o deporre le uova, il gruppo più affine al suolo è quello delle formiche, se pur queste non manifestino morfologicamente particolari adattamenti alla vita ipogea. Le formiche però, con la loro presenza, sono in grado di influenzare l'ambiente edafico facendone aumentare l'areazione e arricchendolo di sostanza organica.

Coleotteri (dal greco *kelos*:copertura + *pteron*: ala)

I coleotteri appartengono all'ordine più grande di tutti gli insetti, esso conta circa 300.000 specie (Fig.85). Le caratteristiche dei coleotteri prevedono generalmente un corpo sclerotizzato con un capo libero che porta un paio di antenne di varie forme con 8-11 articoli e occhi composti più o meno sviluppati. L'apparato boccale è masticatore ed è costituito da mandibole ben sviluppate. Il protorace è di dimensioni maggiori rispetto al meso e metatorace che risultano uniti fra loro. Le zampe, anch'esse molto sclerotizzate, si modificano a seconda della funzione che devono svolgere (saltatoria, fossoria, natatoria..). Caratteristiche distintive di tale ordine sono le elitre, ali mesotoraciche molto coriacee che possono ricoprire parzialmente o totalmente l'addome. I coleotteri ipogei sono di piccole dimensioni, hanno cuticola di color testaceo, generalmente trasparente, mentre quelli epigei hanno elitre colorate o nere. I coleotteri adulti generalmente sono fitofagi, ma possono avere a seconda delle specie differenti abitudini alimentari sia di origine vegetale che animale (legno morto, carcasse di animali ecc.). Anche se usano il suolo per cacciare, nascondersi o svernare, i coleotteri sono legati all'ambiente ipogeo soprattutto per deporre le uova. Le famiglie più affini alla vita ipogea sono: Scarabaeidae, Pselaphidae, Silphidae, Elateridae, Staphilinidae, Carabidae.



Figura 85: Immagini generiche di coleotteri.

Larve di coleottero

Le larve dei coleotteri hanno un ruolo rilevante all'interno dell'ambiente ipogeo dal momento che passano all'interno del suolo, la maggior parte della loro vita. Esse presentano una capsula cefalica ben sviluppata, con antenne di 1-4 articoli ed un apparato boccale ben sviluppato. Presentano 3 paia di vere zampe e l'addome è costituito da 10 segmenti, ma in alcune famiglie di coleotteri possono essere apode (Fam. Curculionidae) (Fig.86).

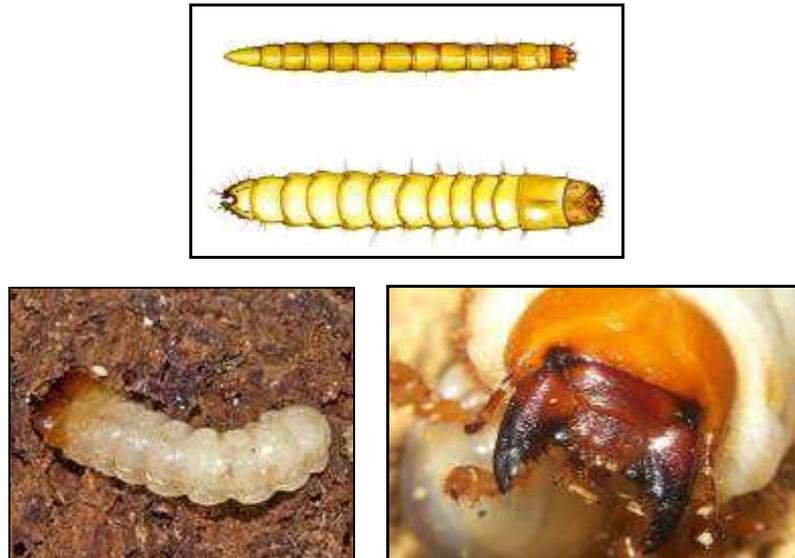


Figura 86: Immagini generiche di larve di coleottero.

Ditteri (dal greco *di* : doppio + *pteron*: ala)

Anche l'ordine dei *Diptera* è molto numeroso, conta circa 70.000 specie e tutte hanno la caratteristica di avere, nella forma adulta, solo ali mesotoraciche, mentre il metatorace porta ali ridotte chiamate bilancieri. Le forme adulte dei ditteri, essendo alate, non hanno molti legami col suolo, anche se alcune specie si possono trovare negli stadi più superficiali, al contrario della forma larvale che necessita del suolo per la sua sopravvivenza (Fig.87).

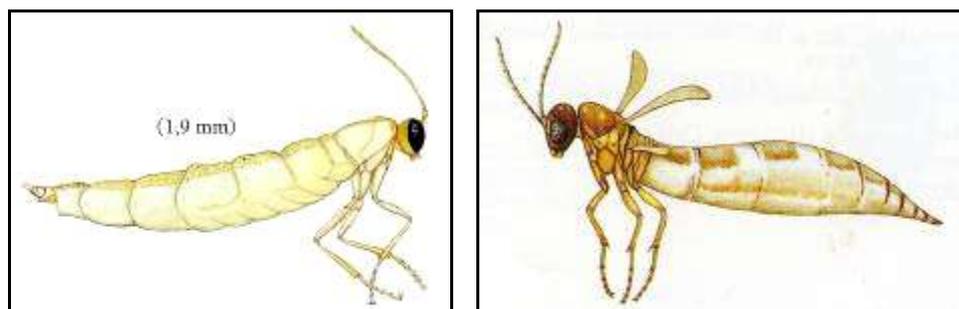


Figura 87: Immagini generiche di ditteri.

Larve di dittero

Le larve dei ditteri sono generalmente apode, ma possono presentare delle escrescenze laterali dette pseudopodi. Hanno corpo vermiforme di dimensioni che vanno dai 3 ai 10 mm. Esse possono essere ricoperte di puntini, tubercoli e setole. Alcune larve hanno un ruolo indiretto sull'equilibrio di popolazioni edafiche, dal momento che possono provocare la morte di particolari organismi del suolo (lombrichi, molluschi e artropodi) in cui si insediano come parassiti (Fig.88). Le larve dei ditteri svolgono all'interno

dell'ambiente ipogeo varie funzioni a seconda della tipologia di alimento di cui necessitano: sono in grado di scavare le radici, frammentare il detrito organico, nutrirsi di sostanze vegetali o animali. Le larve delle specie saprofitiche inoltre possono contribuire al miglioramento della struttura del suolo (Menta, 2008).

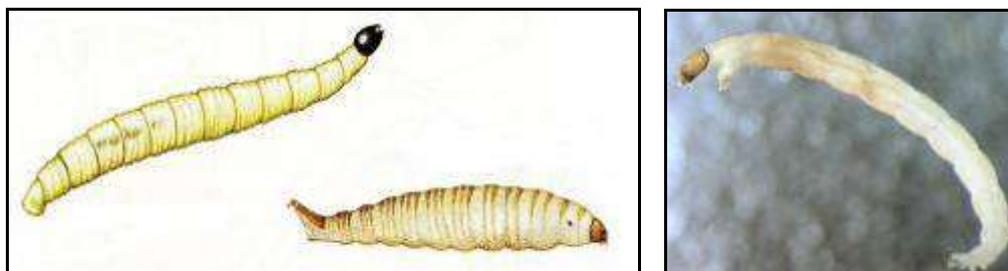


Figura 88: Immagini generiche di larve di dittero.

Larve di lepidottero

Le larve di lepidotteri a differenza dalle larve degli altri insetti sono polipode: presentano tre paia di zampe toraciche articolate, dei pseudopodi lungo l'addome in numero variabile, a seconda della specie, ed un ulteriore paio di zampe all'estremità posteriore. Il corpo di forma generalmente cilindrica è spesso ricoperto da setole ed in alcuni casi da peli urticanti a scopo difensivo. Le larve sono dotate di ocelli, brevi antenne ed apparato boccale masticatore caratterizzato da robuste mandibole (Fig.89).



Figura 89: Immagine generica di larva di lepidottero.

Blattari

Le blatte presentano un corpo depresso con un esoscheletro non troppo consistente e delle livree scure, variegate, ed in alcune specie tendenti al color sabbia (Fig.90). Il capo, nascosto parzialmente o totalmente dal pronoto, è mobile e porta delle lunghe antenne filiformi. Gli occhi di questi organismi sono detti "fenestrate". *"Il primo paio di ali è semicoriaceo e a riposo si incrocia parzialmente sul dorso ricoprendo il secondo paio di ali che quando presente è ampio e membranoso"* (Menta, 2008).

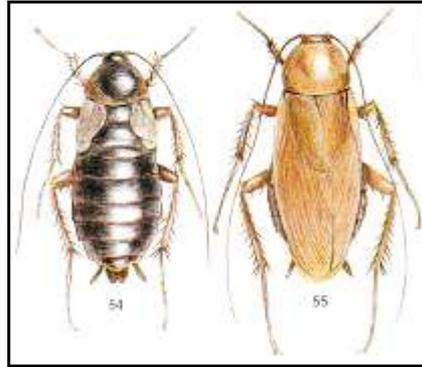


Figura 90: Immagini generiche di blatte.

L'addome è formato da 10 segmenti l'ultimo dei quali porta un paio di cerci pluriarticolati. Le zampe sono robuste e di lunghezza progressivamente maggiore dal primo paio al terzo. Esse servono a scavare nel terreno nelle blatte adattate alla vita ipogea. Sono organismi fitofagi, ma possono anche nutrirsi di sostanze animali. Sono per la maggior parte organismi ovipari.

Isotteri

Gli isotteri sono comunemente noti come termiti (Fig.91). Il corpo, con esoscheletro poco consistente, è di colore poco vivace, tendente al pallido e di dimensioni medio piccole. Il capo, con occhi composti, presenta forme e dimensioni variabili a seconda della specie ed essendo insetti sociali anche in base alla casta. Le antenne sono moniliformi e mediamente lunghe.

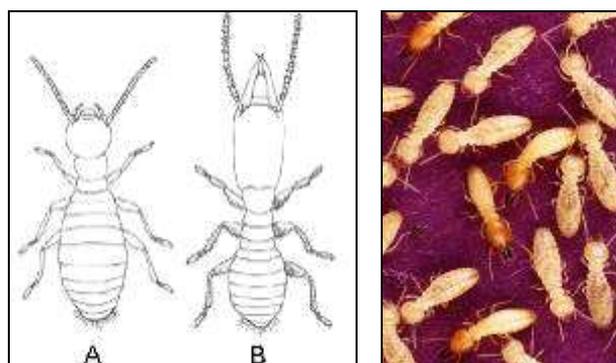


Figura 91: Immagini generiche di isotteri ; A: operaio, B: soldato.

Ortotteri

Gli ortotteri sono un vasto ordine di insetti Pterigoti che comprende specie di grandi, medie e piccole dimensioni. Presentano un capo ben distinto dal corpo, con occhi ben sviluppati e un apparato masticatore robusto e ben sviluppato. L'addome presenta dei

cerci e nelle femmine un ovopositore di diversa forma e dimensione a seconda della specie. Le zampe posteriori generalmente sono adattate al salto come nel caso dei grilli e delle cicale (Fig.92). La famiglia dei Gryllidae possiede antenne molto lunghe, arti inferiori sviluppati per il salto e cerci flessibili. Sono insetti fitofagi, zoofagie ed onnivori che sono legati all'ambiente edafico dove depongono le uova.

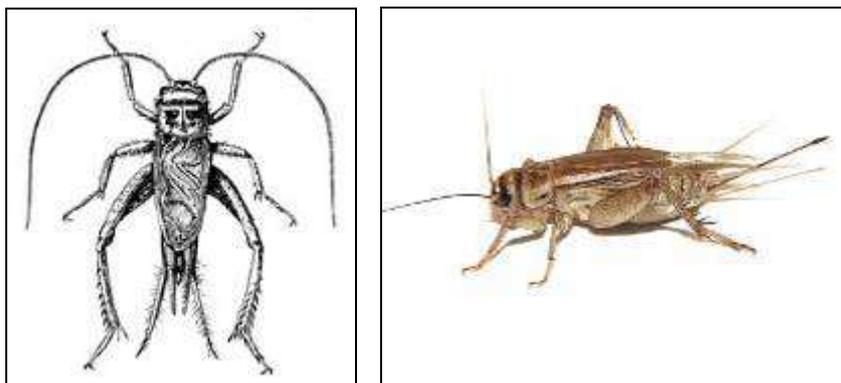


Figura 92: Immagini generiche di ortotteri, famiglia Gryllidae.

Le informazioni utilizzate per descrivere i vari gruppi Eco-Morfologici, dove non direttamente citate, sono state prese dai seguenti testi:

BARNES D. (1980) - *Zoologia degli invertebrati*. Piccin.

CODURRI M., TRUZZI A., BERTONAZZI M.C. (2005) - *Microartropodi del terreno. Manuale da campo per il riconoscimento dei microartropodi del terreno come indicatori della qualità biologica del suolo (metodo QBS-ar)*. Consorzio del Parco Naturale dell'Oglio Sud, pp: 104.

COINEAU Y., CLÈVA R., DU CHATENET G. (1997) - *Ces animaux minuscules qui nous entourent*. Delachaux et Niestlé S.A. Lausanne (Switzerland) Paris.

DINDAL D.L. (1990) - *Soil Biology Guide*. John Wiley, New York, NY. pp. 1349.

LA GRECA M. (1990) - *Zoologia degli invertebrati*. UTET Torino.

MENTA C. (2008) - *Guida alla conoscenza della biologia e dell'ecologia del suolo. Funzionalità, diversità biologica, indicatori*. Perdisa editori Bologna.

WALLWORK J.A (1970) - *Ecology of soil animals*. McGraw- Hill.

ALLEGATO 3

SCHEDE QBS-ar DI TUTTI I CAMPIONI DI SUOLO ANALIZZATI

CAMPIONAMENTO LOCALITÀ CERRETTI (12 GIORNI DOPO L'INCENDIO)

Area: LOCALITÀ CERRETTI CERBAIE Data rilievo: 23/03/2012

PINETA INCENDIO 2012 PUNTO 1- 12 giorni post incendio

GRUPPI	PUNTO 1 Incendio 2012 (12 gg. post fuoco)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	2	20	0		6	20	8	20
Araneidi EMI 5	1	5	0		0		1	5
Acari	116	20	78	20	66	20	260	20
Diplopodi	4	20	0		0		4	20
Chilopodi	4	20	2	20	6	20	12	20
Proturi	2	20	0		0		2	20
Paupodi	7	20	1	20	1	20	9	20
Collemboli EMI 1	0		0		0		0	
Collemboli EMI 2	0		0		1		1	
Collemboli EMI 4	0		1		0		1	
Collemboli EMI 6	0		0		0		0	
Collemboli EMI 8	0		0		1	8	1	
Collemboli EMI 10	0		1	10	0		1	10
Collemboli EMI 20	0		0		0		0	
Tisanotteri	0		2	1	0		2	1
Coleotteri EMI 1	1	1					1	
Coleotteri EMI 10	0		1	10			1	10
Imenotteri								
Formiche	0		1	5	0		1	5
Ditteri <i>adulti</i>			1	1	1	1	2	1
Larve Coleotteri	2	10	1	10	1	10	4	10
TOTALE	136		97		99		311	162

Area: LOCALITÀ CERRETTI CERBAIE - Data rilievo: 23/03/2012

PINETA INCENDIO 2012 PUNTO 2 (12 giorni post incendio)

GRUPPI	PUNTO 2 Incendio 2012 (12 gg. post fuoco)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	0		0		1	20	1	20
Araneidi EMI 5	1	5	2	5	0		3	5
Acari	122	20	155	20	124	20	401	20
Diplopodi	1	20	0		1	20	2	20
Chilopodi	0		0		1	20	1	20
Sinfili	4	20	5	20	5	20	14	20
Proturi	0		0		3	20	3	20
Pauropodi	3	20	10	20	11	20	24	20
Collemboli EMI 1	0		0		2		2	
Collemboli EMI 2	1		0		0		1	
Collemboli EMI 4	1		9		1		11	
Collemboli EMI 6	0		3		0		3	
Collemboli EMI 8	3		5		2	8	10	
Collemboli EMI 10	2	10	4	10	0		6	10
Collemboli EMI 20	0		0		0			
Tisanotteri					1	1	1	1
Isotteri			18	10			18	10
Imenotteri								
Formiche					5	5	5	5
Larve Coleotteri					1	10	1	10
TOTALE	95		85		164		507	181

CAMPIONAMENTO LOCALITÀ CERRETTI (104 GIORNI DOPO L'INCENDIO)

Area: LOCALITÀ CERRETTI CERBAIE - Data rilievo: 25/06/2012

PINETA INCENDIO 2012 PUNTO 1 – 104 giorni post incendio

GRUPPI	PUNTO 1 Incendio 2012 (104 gg.post fuoco)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Acari	56	20	59	20	80	20	195	20
Dipluri	1	20	0		4	20	5	20
Sinfili	1	20	0		0		1	20
Chilopodi	0		2	20	4	20	6	20
Proturi	0		0		1	20	1	20
Paupodi	0		1	20	3	20	4	20
Collemboli EMI 1	0		1		0		1	
Collemboli EMI 2	0		0		0		0	
Collemboli EMI 4	3		2		2		7	
Collemboli EMI 6	8	6	0		2		10	
Collemboli EMI 8	0		0		0		0	
Collemboli EMI 10	0		3	10	3	10	6	10
Collemboli EMI 20	0		0			0	0	
Coleotteri EMI 1	1	1	0		1		2	
Coleotteri EMI 5	0		0		2	5	3	5
Psocotteri	0		0		1	1	1	1
Blattari	0		0		1	5	1	5
Imenotteri	0		4		7		11	
Formiche	0		1	5	3	5	4	5
Ditteri <i>adulti</i>	2	1	3	1	9	1	13	1
Larve Ditteri	1	10	0		0		1	10
TOTALE	78		76		127		272	157

Area: LOCALITÀ CERRETTI CERBAIE - Data rilievo: 25/06/2012

Campione: PINETA INCENDIO 2012 PUNTO 2 - 104 giorni post incendio

GRUPPI	PUNTO 2 Incendio 2012 (104 gg. post fuoco)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 5	0		1	5	0		1	5
Acari	73	20	47	20	43	20	163	20
Dipluri	0		0		2	20	2	20
Diplopodi	0		0		1	20	1	20
Chilopodi	0		2	20	0		2	20
Proturi	0		1	20	0		1	20
Paupodi	0		1	20	2	20	3	20
Collemboli EMI 1	0		1		1		2	
Collemboli EMI 2	0		0		0		0	
Collemboli EMI 4	3		0		3		6	
Collemboli EMI 6	0		3		2	6	5	
Collemboli EMI 8	0		0		0		0	
Collemboli EMI 10	1	10	4	10	0		5	10
Collemboli EMI 20	0		0		0		0	
Coleotteri (EMI 1)	1		0		0		1	
Coleotteri (EMI 5)	2	5	0		0		2	5
Tisanotteri	0		2	1	0		2	1
Psocotteri	0		0		1	1	1	1
Imenotteri	10	1	4	1	1	1	15	1
Formiche	0		0		0		0	
Ditteri <i>adulti</i>	5	1	6	1	4	1	15	1
Larve Ditteri	2	10	1	10	3	10	6	10
Larve Lepidttero	0		1	10	0		1	10
TOTALE	47		118		99		234	164

CAMPIONAMENTO LOCALITÀ CERRETTI (147 GIORNI DOPO L'INCENDIO)

Area: LOCALITÀ CERRETTI CERBAIE - Data rilievo: 18/09/2012

PINETA INCENDIO 2012 PUNTO 1 - 147 giorni post incendio

GRUPPI	PUNTO 1 Incendio 2012 (147 gg post fuoco)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 1	1	1	0		0		1	1
Acari	138	20	105	20	37	20	280	20
Chilopodi	0		0		1	20	1	20
Proturi	3	20	7	20	0		10	20
Pauropodi	4	20	15	20	3	20	22	20
Sinfili	2	20	4	20	1	20	7	20
Collemboli EMI 1	0		0		0		0	
Collemboli EMI 2	0		0		0		0	
Collemboli EMI 4	13		11		1		25	
Collemboli EMI 6	21		10		2	6	33	
Collemboli EMI 8	0		0		0		0	
Collemboli EMI 10	106		23		0		129	
Collemboli EMI 20	51	20	3	20	0		54	20
Imenotteri							0	
Formiche	1	5	1	5	0		2	5
Ditteri <i>adulti</i>	3	1	0		0		2	1
Larve Ditteri	3	10	0		0		3	10
TOTALE	117		105		86		570	137

Area: LOCALITÀ CERRETTI CERBAIE - Data rilievo: 18/09/2012

Campione: PINETA INCENDIO 2012 PUNTO 2 (147 giorni post incendio)

GRUPPI	PUNTO 2 Incendio 2012 (147 gg.post fuoco)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 5	1	5	0		0		1	5
Acari	118	20	37	20	41	20	196	20
Chilopodi	1	20	1	20	0		2	20
Proturi	9	20	0		2	20	11	20
Paupodi	3	20	0		2	20	5	20
Sinfili	1	20	2	20	1	20	4	20
Collemboli EMI 1	0		0		0		0	
Collemboli EMI 2	0		1		0		1	
Collemboli EMI 4	8		1		0		9	
Collemboli EMI 6	17		1		2	6	20	
Collemboli EMI 8	0		0		0		0	
Collemboli EMI 10	70		3	10	0		73	
Collemboli EMI 20	14	20					14	20
Coleotteri (EMI 5)			1	5			1	
Tisanotteri	1	1	0		0		1	1
Emitteri	0		1	1	0		1	1
Imenotteri								
Formiche	85	5	0		0		85	5
Ditteri <i>adulti</i>	0		2	1	0		2	1
Larve coleottero	0		1	10	0		1	10
Larve Ditteri	1	10	2	10	0		3	10
TOTALE	141		97		86		430	153

CAMPIONAMENTO PINETA PRIMAVERA 2011

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 17/06/2011

Campione: PINETA CONTROLLO PUNTO 1 (Primavera 2011)

GRUPPI	PUNTO 1 Controllo (Primavera 2011)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	2	20	1	20	0	0	3	20
Araneidi EMI 1	0	0	0	0	1		1	
Araneidi EMI 5	1	5	0	0	1	5	2	5
Acari	236	20	147	20	203	20	586	20
Isopod	2	10	0	0	0	0	2	10
Diplopodi	6	20	6	20	0	0	12	20
Sinfili	28	20	15	20	6	20	49	20
Chilopodi	18	20	5	20	2	20	25	20
Proturi	0	0	4	20	2	20	6	20
Dipluri	2	20	0	0	1	20	3	20
Collemboli EMI 1	5		2		5		12	
Collemboli EMI 2	3		13		0		16	
Collemboli EMI 4	12		12		5		29	
Collemboli EMI 6	33		18		11		62	
Collemboli EMI 8	35		241		14		290	
Collemboli EMI 10	52		124		28		204	
Collemboli EMI 20	15	20	62	20	15	20	92	20
Tisanotteri	0	0	3	1	18	1	21	1
Coleotteri EMI 1	1		0	0	0	0	1	
Coleotteri EMI 5	0	0	0	0	0	0	0	
Coleotteri EMI 10	1	10	1	10	0	0	2	10
Imenotteri								
Formiche	1	5	6	5	0	0	7	5
Ditteri <i>adulti</i>	1	1	2	1	3	1	6	1
Larve Coleotteri	0	0	3	10	0	0	3	10
Larve Ditteri	7	10	3	10	5	10	15	10
TOTALE	181		177		137		1449	212

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 17/06/2011

Campione: PINETA CONTROLLO PUNTO 2 (Primavera 2011)

GRUPPI	PUNTO 2 Controllo (Primavera 2011)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	4	20	5	20	2	20	11	20
Araneidi EMI 1	0	0	0	0	1		1	
Araneidi EMI 5	0	0	0	0	1	5	1	5
Acari	92	20	273	20	162	20	527	20
Diplopodi	1	20	20	20	2	20	23	20
Sinfili	10	20	4	20	1	20	15	20
Chilopodi	2	20	5	20	0	0	7	20
Proturi	3	20	4	20	0	0	7	20
Dipluri	2	20	3	20	2	20	7	20
Collemboli EMI 1	10		5		5		20	
Collemboli EMI 2	0		8		0		8	
Collemboli EMI 4	26		28		4		58	
Collemboli EMI 6	17		41		16		74	
Collemboli EMI 8	12		23		6		41	
Collemboli EMI 10	23		38		8		69	
Collemboli EMI 20	9	20	14	20	8	20	31	20
Tisanotteri	17	1	45	1	13	1	75	1
Coleotteri EMI 5	0	0	1	5	0	0	1	
Coleotteri EMI 10	1	10	0	0	0	0	1	10
Imenotteri								
Formiche	1	5	3	5	5	5	9	5
Ditteri <i>adulti</i>	0	0	3	1	0	0	3	1
Larve Coleotteri	2	10	2	10	0	0	4	10
Larve Ditteri	0	0	1	10	2	10	3	10
TOTALE	186		192		141		996	202

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 17/06/2011

Campione: PINETA INCENDIO 2009 PUNTO 1 (Primavera 2011)

GRUPPI	PUNTO 1 INCENDIO 2009 (Primavera 2011)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	0	0	1	20	1	20	2	20
Araneidi EMI 1	0	0	1		0	0	1	
Araneidi EMI 5	1	5	2	5	0	0	3	5
Acari	59	20	27	20	46	20	132	20
Chilopodi	1	20	2	20	1	20	4	20
Proturi	2	20	0	0	8	20	10	20
Dipluri	1	20	0	0	1	20	2	20
Collemboli EMI 1	20		0		21		41	
Collemboli EMI 2	6		0		6		12	
Collemboli EMI 4	19		0		42		61	
Collemboli EMI 6	11		0		24		35	
Collemboli EMI 8	4	8	0		35		39	
Collemboli EMI 10	0	0	0		12	10	12	10
Collemboli EMI 20	0	0	0	0	0	0	0	
Coleotteri EMI 1	3	1	6		1	1	10	
Coleotteri EMI 10	0	0	1	0	0	0	1	
Coleotteri EMI 15	0	0	1	15	0	0	1	15
Imenotteri								
Formiche	0	0	0	0	1	5	1	5
Ditteri <i>adulti</i>	0	0	3	1	4	1	7	1
Larve Coleotteri	0	0	1	10	1	10	2	10
Larve Ditteri	0	0	0	0	6	10	6	10
Larve Lepidotteri	0	0	2	10	0	0	2	10
TOTALE	94		101		152		384	166

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 17/06/2011

Campione: PINETA INCENDIO 2009 PUNTO 2 (Primavera 2011)

GRUPPI	PUNTO 2 INCENDIO 2009 (Primavera 2011)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 5	1	5	0	0	0	0	1	5
Acari	41	20	49	20	58	20	148	20
Diplopodi	0	0	2	20	0	0	2	20
Chilopodi	1	20	2	20	0	0	3	20
Proturi	1	20	5	20	3	20	9	20
Dipluri	0	0	0	0	1	20	1	20
Collemboli EMI 1	1		3		2		6	
Collemboli EMI 2	0		1		0		1	
Collemboli EMI 4	2	4	10		12		24	
Collemboli EMI 6	0		3		5		8	
Collemboli EMI 8	0		2	8	6	8	8	8
Collemboli EMI 10	0		0					
Collemboli EMI 20	0		0					
Emitteri <i>Forme .Epigee</i>	1	1	0	0	0	0	1	1
Emitteri <i>Larva cicala</i>								
Tisanotteri	0	0	0	0	1	1	1	1
Coleotteri EMI 1	0	0	1		1	1	1	
Coleotteri EMI 5	0	0	0	0	0	0	0	
Coleotteri EMI 10	2	10	1	10	1	10	4	10
Imenotteri								
Formiche	22	5	0	0	0	0	22	5
Ditteri <i>adulti</i>	1	1	1	1	2	1	4	1
Larve Ditteri	0	0	0	0	1	10	1	10
TOTALE	86		99		90		245	141

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 28/06/2011

Campione: PINETA INCENDIO 2001/2009 PUNTO 1 (Primavera 2011)

GRUPPI	PUNTO 1 INCENDIO 2001/2009 (Primavera 2011)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 5	2	5	1	5	0	0	3	5
Acari	21	20	68	20	17	20	106	20
Dipluri	1	20	21	20	2	20	24	20
Collemboli EMI 1	0		2		1		3	
Collemboli EMI 2	0		0		1		1	
Collemboli EMI 4	0		22		12		34	
Collemboli EMI 6	0		34		4		38	
Collemboli EMI 8	0		4		2		6	
Collemboli EMI 10	0		21	10	6	10	27	10
Collemboli EMI 20	0		0	0	0	0	0	
Isotteri			1	10			1	10
Psocotteri					3	1	3	1
Ditteri <i>adulti</i>	2	1	1	1			3	1
Larve Coleotteri			3	10			3	10
TOTALE	46		76		51		252	77

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 28/06/2011

Campione: PINETA INCENDIO 2001/2009 PUNTO 2 (Primavera 2011)

GRUPPI	PUNTO 2 INCENDIO 2001/2009 (Primavera 2011)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Acari	157	20	187	20	158	20	502	20
Pauropodi	1	20	0	0	0	0	1	20
Dipluri					1	20	1	20
Collemboli EMI 1	1		3		2		6	
Collemboli EMI 2	3				10		13	
Collemboli EMI 4	17		5		14		36	
Collemboli EMI 6	12		11	6	10		33	
Collemboli EMI 8	6	8			18	8	24	8
Psocotteri	0	0	0	0	2	1	2	1
Coleotteri EMI 1					1	1	1	
Coleotteri EMI 10					1	10	1	10
Imenotteri								
Formiche	8	5			76	5	84	5
Ditteri <i>adulti</i>	3	1	1	1	0	0	4	1
Larve Coleotteri	3	10	0	0	0	0	3	10
Larve Ditteri	2	10	0	0	1	0	3	10
TOTALE	74		27		74		714	105

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 28/06/2011

Campione: PINETA INCENDIO 2001/2009 PUNTO 3 (Primavera 2011)

GRUPPI	PUNTO 3 INCENDIO 2001/2009 (Primavera 2011)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 5	0	0	1	5	0	0	1	5
Acari	36	20	39	20	21	20	96	20
Proturi	3	20	0	0	0	0	3	20
Dipluri	1	20	0	0	0	0	1	20
Collemboli EMI 1	0		2		3		5	
Collemboli EMI 2	0	0	1		0		1	
Collemboli EMI 4	17		7		14		38	
Collemboli EMI 6	11		81		2	6	94	
Collemboli EMI 8	4		0		0		4	
Collemboli EMI 10	13		3	10			16	
Collemboli EMI 20	3	20	0		0		3	20
Emitteri <i>Forme .Epigee</i>	0	0	1	1	0	0	1	1
Emitteri <i>Larva cicala</i>								
Tisanotteri			1	1			1	1
Ditteri <i>adulti</i>	1	1	1	1	1	1	3	1
TOTALE	81		38		27		267	88

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 28/06/2011

Campione: PINETA INCENDIO 2001/2009 AREA 4 (Primavera 2011)

GRUPPI	PUNTO 4 INCENDIO 2001/2009 (Primavera 2011)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 5	1	5	0	0	0	0	1	5
Acari	40	20	9	20	21	20	70	20
Collemboli EMI 1	0	0	0	0	0	0	0	
Collemboli EMI 2	0	0	2	0	0	0	2	
Collemboli EMI 4	4		4		3		11	
Collemboli EMI 6	4		11		0		15	
Collemboli EMI 8	0		1		0		1	
Collemboli EMI 10	3		1	10	6	10	10	
Collemboli EMI 20	2	20	0	0	0	0	2	20
Psocotteri	2	1	0	0	0	0	2	1
Imenotteri								
Formiche	0	0	1	5	0	0	1	5
Ditteri <i>adulti</i>	3	1	0	0	1	1	4	1
Larve Ditteri	0	0	1	10	0	0	1	10
TOTALE	47		45		31		120	62

CAMPIONAMENTO PINETA AUTUNNO 2011

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 12/09/2011

Campione: PINETA CONTROLLO PUNTO 1 (Autunno 2011)

GRUPPI	PUNTO 1 CONTROLLO (Autunno 2011)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	0	0	4	20	0	0	4	20
Araneidi EMI 5	1	5	0	0	1	5	2	5
Acari	187	20	369	20	146	20	702	20
Diplopodi	7	20	6	20	0	0	13	20
Paupodi	2	20	15	20	0	0	17	20
Sinfili	10	20	44	20	2	20	56	20
Chilopodi	6	20	5	20	18	20	29	20
Proturi	2	20	11	20	2	20	15	20
Dipluri	6	20	7	20	3	20	16	20
Collemboli EMI 1	1		5		0		6	
Collemboli EMI 2	4		3		0		7	
Collemboli EMI 4	28		34		11		73	
Collemboli EMI 6	21		68		10		99	
Collemboli EMI 8	12		66		3		81	
Collemboli EMI 10	16		51		6	10	73	
Collemboli EMI 20	5	20	39	20	0		44	20
Psocotteri	2	1	0	0	0	0	2	1
Tisanotteri	5	1	3	1	2	1	10	1
Coleotteri EMI 10	0	0	0	0	1	10	1	10
Imenotteri	1						1	
Formiche	1	5	55	5	0	0	56	5
Ditteri <i>adulti</i>	1	1	0	0	0	0	1	1
Larve Coleotteri	3	10	10	10	0	0	13	10
Larve Ditteri	4	10	0	0	11	10	15	10
TOTALE	193		196		136		1336	223

Area RISERVA NATURALE MONTEFALCONE - Data rilievo 12/09/2011

Campione: PINETA CONTROLLO PUNTO 2 (Autunno 2011)

GRUPPI	PUNTO 2 CONTROLLO (Autunno 2011)						TOT. IND.	QBS-ar MAX
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
Pseudoscorpioni	0		0		4	20	4	20
Araneidi EMI 5					1	5	1	5
Acari	184	20	156	20	215	20	555	20
Diplopodi	0		0		4	20	4	20
Paupodi	2	20	0		3	20	5	20
Sinfili	4	20	5	20	28	20	37	20
Chilopodi	0		0		4	20	4	20
Proturi	0		0		7	20	7	20
Dipluri	2	20	2	20	5	20	9	20
Collemboli EMI 1	2		0		4		6	
Collemboli EMI 2	2		0		0		2	
Collemboli EMI 4	13		4		55		72	
Collemboli EMI 6	11		5		25		41	
Collemboli EMI 8	1		10		30		41	
Collemboli EMI 10	0		8	10	26		34	
Collemboli EMI 20	13	20			17	20	30	20
Psocotteri	0		0		1	1	1	1
Tisanotteri	3	1	10	1	14	1	27	1
Coleotteri EMI 1	1	1	0		0		1	1
Imenotteri	1							
Formiche	1	5	3	5	10	5	14	5
Ditteri <i>adulti</i>	1	1	0		0		1	1
Larve Coleotteri	0		0		7	10	7	10
Larve Ditteri	3	10	1	10	1	10	5	10
TOTALE	118		86		212		909	214

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 30/09/2011

Campione: PINETA INCENDIO 2001 PUNTO 1 (Autunno 2011)

GRUPPI	PUNTO 1 INCENDIO 2001 (Autunno 2011)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	6	20	1	20	0	0	7	20
Araneidi EMI 5	0	0	1	5	1	5	2	5
Acari	334	20	241	20	128	20	703	20
Chilopodi	4	20	3	20	0	0	7	20
Proturi	42	20	45	20	1	20	88	20
Sinfili	2	20	5	20	0	0	7	20
Diplopodi	8	20	13	20	0	0	21	20
Paupodi	5	20	4	20	3	20	12	20
Dipluri	4	20	1	20	0	0	5	20
Collemboli EMI 1	0		0		0		0	
Collemboli EMI 2	0		0		0		0	
Collemboli EMI 4	13		12		4		29	
Collemboli EMI 6	18		11		3		32	
Collemboli EMI 8	11		14	8	0		25	
Collemboli EMI 10	8		0		2	10	10	
Collemboli EMI 20	2	20	0		0		2	20
Coleottero EMI 5	3	5	0	0	0	0	3	5
Emittero	0	0	1	1	0	0	1	1
Imenotteri	1		0		1		2	
Formiche	49	5	4	5	1	5	54	5
Ditteri <i>adulti</i>	1	1	0	0	0	0	1	1
Larve Coleotteri	3	10	0	0	1	10	4	10
Larve Ditteri	4	10	1	10	2	10	7	10
TOTALE	211		189		100		1022	212

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 30/09/2011

Campione: PINETA INCENDIO 2001 PUNTO 2 (Autunno 2011)

GRUPPI	PUNTO 2 INCENDIO 2001 (Autunno 2011)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	1	20	0	0	0	0	1	20
Acari	148	20	396	20	108	20	652	20
Chilopodi	0	0	5	20	1	20	6	20
Proturi	3	20	73	20	0	0	76	20
Sinfili	4	20	6	20	6	20	16	20
Diplopodi	0	0	2	20	1	20	3	20
Pauropodi	2	20	12	20	0	0	14	20
Dipluri	1	20	3	20	1	20	5	20
Collemboli EMI 1	1		5		1		7	
Collemboli EMI 2	4		7		2		13	
Collemboli EMI 4	4		60		14		78	
Collemboli EMI 6	3		26		29		58	
Collemboli EMI 8	2		15		5		22	
Collemboli EMI 10	4	10	24		6		34	
Collemboli EMI 20	0		5	20	3	20	8	20
Coleottero EMI 1	0	0	0	0	1		1	
Coleottero EMI 5			2	5			2	
Coleottero EMI 10	0	0	0	0	1	10	1	10
Psocotteri	1	1	0	0	0	0	1	1
Tisanotteri	0	0	6	1	0	0	6	1
Imenotteri	0	0	0	0	1	1	1	1
Formiche								
Ditteri <i>adulti</i>			1	1	1	1	2	1
Larve Coleotteri			2	10	1	10	3	10
Larve Ditteri	1	10	0	0	3	10	4	10
TOTALE	141		177		152		1014	214

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 12/09/2011

Campione: PINETA INCENDIO 2009 PUNTO 1 (Autunno 2011)

GRUPPI	PUNTO 1 INCENDIO 2009 (Autunno 2011)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 5	0	0	0	0	1	5	1	5
Acari	61	20	157	20	125	20	343	20
Chilopodi	2	20	1	20	6	20	9	20
Proturi	0		3	20	2	20	5	20
Sinfili	0		2	20	0		2	20
Paupodi	0		4	20	28	20	32	20
Dipluri	0		0		4	20	4	20
Collemboli EMI 1	1		24		6		31	
Collemboli EMI 2	0		8		4		12	
Collemboli EMI 4	3		14		8		25	
Collemboli EMI 6	0		13		8		21	
Collemboli EMI 8	0		2		9		11	
Collemboli EMI 10	2	10	7		14		23	
Collemboli EMI 20	0		1	20	2	20	3	20
Imenotteri	1						1	
Formiche	14	5	1	5	0		15	5
Ditteri <i>adulti</i>	0	0	2	1	0		2	1
Larve Coleotteri	0	0	1	10	0		1	10
Larve Ditteri	1	10	1	10	1	10	3	10
TOTALE	65		146		135		544	171

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 12/09/2011

Campione: PINETA INCENDIO 2009 PUNTO 2 (Autunno 2011)

GRUPPI	PUNTO 2 INCENDIO 2009 (Autunno 2011)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 5	2	5	0	0	0	0	2	5
Acari	87	20	168	20	107	20	362	20
Paupodi	0	0	12	20	0	0	12	20
Proturi	2	20	11	20	18	20	31	20
Dipluri	0	0	11	20	0	0	11	20
Sinfili	0	0	0	0	1	20	1	20
Collemboli EMI 1	15		2		2		19	
Collemboli EMI 2	17		3		2		22	
Collemboli EMI 4	26		8		13		47	
Collemboli EMI 6	14		5		10		29	
Collemboli EMI 8	5		0		2		7	
Collemboli EMI 10	5		6		2		13	
Collemboli EMI 20	4	20	2	20	2	20	8	20
Psocotteri	0	0	3	1	1	1	4	
Coleotteri (EMI 1)	0	0	1	1	1		2	
Coleottero (EMI 5)					1	5	1	5
Imenotteri								
Formiche	25	5	6	5	2	5	33	5
Ditteri <i>adulti</i>	1	1	0	0	0		1	1
Larve coleotteri	0	0	0	0	1	10	1	10
Larve Ditteri	0	0	2	10	1	10	3	10
TOTALE	71		117		111		609	156

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 21/09/2011

Campione: PINETA INCENDIO 2001/2009 PUNTO 1 (Autunno 2011)

GRUPPI	PUNTO 1 INCENDIO 2001/2009 (Autunno 2011)						TOT. .IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 5	0	0	0	0	2	5	2	5
Acari	173	20	82	20	127	20	382	20
Chilopodi	1	20	0	0	1	20	2	20
Dipluri	5	20	9	20	7	20	21	20
Sinfili	0	0	0	0	2	20	2	20
Proturi	0	0	0	0	1	20	1	20
Collemboli EMI 1	0		0		3		3	
Collemboli EMI 4	0		0		8		8	
Collemboli EMI 6	11		4		6		21	
Collemboli EMI 8	3		0		2		5	
Collemboli EMI 10	2		4		3		9	
Collemboli EMI 20	4	20	2	20	3	20	9	20
Embiotteri	2	10	0	0	0	0	2	10
Imenotteri								
Formicidi	0	0	0	0	1	5	1	5
Larve Dittero	0	0	0	0	3	10	3	10
TOTALE	90		60		140		471	150

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 21/09/2011

Campione: PINETA INCENDIO 2001/2009 PUNTO 2 (Autunno 2011)

GRUPPI	PUNTO 2 INCENDIO 2001/2009 (Autunno 2011)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 5	0	0	1	5	1	5	2	5
Acari	88	20	123	20	95	20	306	20
Isopodi	1	10	0	0	0	0	1	10
Pauropodi	2	20	0	0	0	0	2	20
Dipluri	1	20	0	0	0	0	1	20
Chilopodi	0	0	4	20	3	20	7	20
Collemboli EMI 1	0		1		0		1	
Collemboli EMI 2	2		0		3		5	
Collemboli EMI 4	6		3		8		17	
Collemboli EMI 6	11		4		3		18	
Collemboli EMI 8	2		2	8	1		5	
Collemboli EMI 10	5	10	0		3		8	
Collemboli EMI 20	0		0		4	20	4	20
Coleotteri EMI 1	0		0		1		1	
Coleotteri EMI 10	0		1	10	1	10	2	10
Imenotteri								
Formiche	0	0	5	5	1	5	6	5
Larve Coleotteri	0		0	0	1	10	1	10
Larve Ditteri	0		0	0	2	10	2	10
TOTALE	80		68		100		389	150

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 21/09/2011

Campione: PINETA INCENDIO 2001/2009 PUNTO 3 (Autunno 2011)

GRUPPI	PUNTO 3 INCENDIO 2001/2009 (Autunno 2011)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 5	0	0	1	5	0	0	1	5
Acari	71	20	55	20	130	20	256	20
Paupodi	0		0	0	5	20	5	20
Sinfili	2	20	0		0		2	20
Dipluri					1	20	1	20
Chilopodi	0		0		1	20	1	20
Collemboli EMI 1	1		1		0		2	
Collemboli EMI 2	0		0		0		0	
Collemboli EMI 4	17		35		12		64	
Collemboli EMI 6	17	6	99		24	6	140	
Collemboli EMI 8			10		0		10	
Collemboli EMI 10	0		4		0			
Collemboli EMI 20	0		5	20	0			20
Imenotteri	0		1	1	1	1	2	1
Formiche								
Ditteri <i>adulti</i>	0		1	1	1	1	2	1
TOTALE	46		47		97		495	127

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 21/09/2011

Campione: PINETA INCENDIO 2001/2009 PUNTO 4 (Autunno 2011)

GRUPPI	PUNTO 4 INCENDIO 2001/2009 (Autunno 2011)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Acari	29	20	21	20	89	20	139	20
Proturi	0		0		1	20	1	20
Collemboli EMI 1	0		3		1		4	
Collemboli EMI 2	6		5		4		15	
Collemboli EMI 4	7	4	14		2		23	
Collemboli EMI 6	0		13		64		77	
Collemboli EMI 8	0		14		15		29	
Collemboli EMI 10	0		4	10	6	10	10	10
Psocotteri	1	1			1	1	2	1
Coleottero EMI 1					1	1	1	1
Ditteri	1	1	0		0		1	1
Larve Ditteri	1	10	1	10	1	10	3	10
TOTALE	36		40		62		305	63

CAMPIONAMENTO PINETA PRIMAVERA 2012

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 04/06/2012

Campione: PINETA CONTROLLO PUNTO 1 (Primavera 2012)

GRUPPI	PUNTO 1 CONTROLLO (Primavera 2012)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	0		2	20	1	20	3	20
Araneidi (EMI 5)	0		1	5	0		1	5
Acari	93	20	91	20	269	20	453	20
Isopod	0		1	10	0		1	10
Diplopodi	0		3	20	1	20	4	20
Sinfili	2	20	0		10	20	12	20
Chilopodi	1	20	1	20	3	20	5	20
Proturi	1	20	0		19	20	20	20
Pauropodi	0		3	20	5	20	8	20
Collemboli EMI 1	0		1		4		5	
Collemboli EMI 2	0		1		0		1	
Collemboli EMI 4	46		46		138		230	
Collemboli EMI 6	13		21		156		190	
Collemboli EMI 8	6		9		2		17	
Collemboli EMI 10	21	10	21		21	10	63	
Collemboli EMI 20			2	20			2	20
Tisanotteri	0		0		2	1	2	1
Emitteri	0		1	1	2	1	3	1
Coleotteri EMI 5			1	5	1	5	2	
Coleotteri EMI 10	1	10					1	10
Imenotteri	2		1		1		4	
Formiche	3	5	52	5	77	5	132	5
Ditteri <i>adulti</i>	0		2	1	3	1	5	1
Larve Coleotteri	2	10	0		0		2	10
Larve Ditteri	2	10	2	10	4	10	8	10
Larve Lepidotteri	0		0		3	10	3	10
TOTALE	125		157		183		1177	223

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 04/06/2012

Campione: PINETA CONTROLLO PUNTO 2 (Primavera 2012)

GRUPPI	PUNTO 2 CONTROLLO (Primavera 2012)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	3	20	0		1	20	4	20
Araneidi EMI 5	0		1	5	0		1	5
Acari	195	20	156	20	178	20	529	20
Diplopodi	0		0		3	20	3	20
Sinfili	6	20	7	20	0		13	20
Chilopodi	0		2	20	3	20	5	20
Proturi	9	20	0		4	20	13	20
Dipluri	1	20	0		0		1	20
Paupodi	4	20	0		0		4	20
Collemboli EMI 1	0		4		11		15	
Collemboli EMI 2	2		1		0		3	
Collemboli EMI 4	16		41		60		117	
Collemboli EMI 6	7		53		35		95	
Collemboli EMI 8	4		7		4		15	
Collemboli EMI 10	1		11		17		29	
Collemboli EMI 20	2	20	13	20	7	20	22	20
Tisanotteri	1	1	1	1	1	1	3	1
Coleotteri EMI 10			1				1	
Coleotteri EMI 15			1	15			1	15
Imenotteri			1				1	
Formiche	3	5	2	5	2	5	7	5
Ditteri <i>adulti</i>	1	1	1	1	1	1	3	1
Larve Coleotteri	2	10	2	10	3	10	7	10
Larve Ditteri	0		0		1	10	1	10
TOTALE	157		117		147		893	227

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 25/06/2012

Campione: PINETA INCENDIO 2001 PUNTO 1 (Primavera 2012)

GRUPPI	PUNTO 1 INCENDIO 2001 (Primavera 2012)						TOT. IND.	QBS -ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	1	20	1	20	2	20	4	20
Araneidi EMI 1	0		0		2	1	2	
Araneidi EMI 5	0		2	5			2	5
Acari	159	20	157	20	239	20	555	20
Chilopodi	5	20	4	20	13	20	22	20
Proturi	24	20	0		187	20	211	20
Sinfili	10	20	0		3	20	13	20
Diplopodi	0		2	20	3	20	5	20
Paupodi	14	20	0		9	20	23	20
Dipluri	2	20	0		2	20	4	20
Isopodi	0		2	10	0		2	10
Collemboli EMI 1	5		10		6		21	
Collemboli EMI 2	4				1		5	
Collemboli EMI 4	57		14		120		191	
Collemboli EMI 6	54		110		101		265	
Collemboli EMI 8	6		3		9		18	
Collemboli EMI 10	8	10	14		118		140	
Collemboli EMI 20	0		3	20	54	20	57	20
Coleottero EMI 1	1				1	1	2	
Coleottero EMI 5	1	5					1	
Coleottero EMI 10			2	10			2	10
Psocotteri	0		3	1	0		3	1
Imenotteri	5		1		3		9	
Formiche	2	5	2	5	16	5	20	5
Ditteri <i>adulti</i>	7	1	4	1	5	1	16	1
Larve Coleotteri	1	10	0		0		1	10
Larve Ditteri	3	10	2	10	1	10	6	10
TOTALE	181		142		198		1600	232

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 25/06/2012

Campione: PINETA INCENDIO 2001 PUNTO 2 (Primavera 2012)

GRUPPI	PUNTO 2 INCENDIO 2001 (Primavera 2012)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	0		1	20	0		1	20
Acari	37	20	160	20	127	20	324	20
Chilopodi	0		2	20	0		2	20
Proturi	0		0		6	20	6	20
Sinfili	0		4	20	8	20	12	20
Diplopodi	0		2	20	2	20	4	20
Paupodi	0		0		8	20	8	20
Dipluri	0		2	20	2	20	4	20
Isopodi	0		2	10	0		2	10
Collemboli EMI 1			2		2		4	
Collemboli EMI 2	0	0	0	0	0	0	0	
Collemboli EMI 4	4		91		32		127	
Collemboli EMI 6	1		46		38		85	
Collemboli EMI 8			6		4		10	
Collemboli EMI 10	1		20		46		67	
Collemboli EMI 20	3	20	6	20	5	20	14	20
Isotteri	0		1	10	0		1	10
Tisanotteri	0		0		2	1	2	1
Imenotteri	2	1			1	1	3	
Formiche			1	5			1	5
Ditteri <i>adulti</i>	7	1	3	1	3	1	13	1
Larve Coleotteri	2	10					2	10
TOTALE	52		166		143		692	217

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 04/06/2012

Campione: PINETA INCENDIO 2009 PUNTO 1 (Primavera 2012)

GRUPPI	PUNTO 1 INCENDIO 2009 (Primavera 2012)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	2	20	0		0		2	20
Araneidi EMI 5	0		1	5	1	5	2	5
Acari	94	20	124	20	102	20	320	20
Chilopodi	1	20	1	20	0		2	20
Proturi	7	20	0		0		7	20
Dipluri	0		1	20	0		1	20
Diplopodi	14	20	11	20	1	20	26	20
Pauropodi	20	20	15	20	3	20	38	20
Collemboli EMI 1	8		2		15		25	
Collemboli EMI 2			0		1		1	
Collemboli EMI 4	41		58		109		208	
Collemboli EMI 6	4	6	7	6	14		25	
Collemboli EMI 8	0		0		2		2	
Collemboli EMI 10	0		0		5		5	
Collemboli EMI 20	0		0		1	20	1	20
Coleotteri EMI 1	0		5	1	1		6	
Coleotteri EMI 10	0		0		1	10	1	10
Imenotteri	0		0		0		0	
Formiche	0		0		4	5	4	5
Ditteri <i>adulti</i>	1	1	0		0		1	1
Larve Ditteri	0		3	10			3	10
TOTALE	127		122		100		680	191

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 04/06/2012

Campione: PINETA INCENDIO 2009 PUNTO 2 (Primavera 2012)

GRUPPI	PUNTO 2 INCENDIO 2009 (Primavera 2012)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 5	1	5	1	5	0		2	5
Acari	99	20	179	20	74	20	352	20
Diplopodi	3	20	2	20	3	20	8	20
Chilopodi	1	20	2	20	0		3	20
Proturi	6	20	24	20	0		30	20
Dipluri	2	20	5	20	7	20	14	20
Collemboli EMI 1	3		6				9	
Collemboli EMI 2			1				1	
Collemboli EMI 4	8		16		13		37	
Collemboli EMI 6	10		9		2		21	
Collemboli EMI 8	1		11				12	
Collemboli EMI 10	7		45		1	10	53	
Collemboli EMI 20	4	20	51	20			55	20
Psocotteri	0		0		1	1	1	1
Imenotteri			4				4	
Formiche	22	5	1	5	2	5	25	5
Ditteri <i>adulti</i>	2	1	1	1	1	1	4	1
Larve Ditteri	1	10	1	10			2	10
TOTALE	141		141		77		633	142

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 12/06/2012

Campione: PINETA INCENDIO 2001/2009 PUNTO 1 (Primavera 2012)

GRUPPI	PUNTO 1 INCENDIO 2001/2009 (Primavera 2012)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpione	2	20	0		0		2	20
Acari	322	20	177	20	125	20	624	20
Sinfili	6	20	0		2	20	8	20
Proturi	2	20	1	20	3	20	6	20
Dipluri	1	20	3	20	0		4	20
Chilopodi	6	20	1	20	0		7	20
Diplopodi	2	20	1	20	0		3	20
Paupodi	0		0		2	20	2	20
Collemboli EMI 1	17		2		3		22	
Collemboli EMI 2	10		1		1		12	
Collemboli EMI 4	64		52		42		158	
Collemboli EMI 6	38		8		22		68	
Collemboli EMI 8	20						20	
Collemboli EMI 10	36		5	10	17	10	58	
Collemboli EMI 20	16	20	0				16	20
Coleotteri EMI 1	3		0				3	
Coleotteri EMI 5	2		0				2	
Coleotteri EMI 10	1	10	0		1	10	2	10
Emitteri	0		1	1	0		1	1
Embiotteri	0		4	10	0		4	10
Tisanotteri	0		0		1	1	1	1
Psocotteri	0		0		3	1	3	1
Imenotteri	2	1	1	1	1	1	4	1
Formiche	0		0		0		0	
Ditteri	1	1	1	1	1	1	3	1
Larve Coleotteri	4	10	5	10	1	10	10	10
Larve Ditteri	2	10	0		0		2	10
TOTALE	192		133		114		1045	225

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 12/06/2012

Campione: PINETA INCENDIO 2001/2009 PUNTO 2 (Primavera 2012)

GRUPPI	PUNTO 2 INCENDIO 2001/2009 (Primavera 2012)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 1	0		1		0		1	
Araneidi EMI 5	3	5	1	5	1	5	5	5
Acari	92	20	94	20	57	20	243	20
Proturi	1	20			2	20	3	20
Dipluri	2	20	5	20	0		7	20
Sinfili	1	20	0		0		1	20
Chilopodi	1	20	0		0		1	20
Collemboli EMI 1	4		2		5		11	
Collemboli EMI 2	1		1		2		4	
Collemboli EMI 4	37		118		51		206	
Collemboli EMI 6	31		55		29		115	
Collemboli EMI 8	8		13		7		28	
Collemboli EMI 10	17	10	18	10	6		41	
Collemboli EMI 20	0		0		4	20	4	20
Coleotteri EMI 1	0		1	1	1	1	2	1
Psocotteri	1	1	0		0		1	1
Tisanotteri	0		0		1	1	1	1
Emitteri	0		0		1	1	2	1
Blattoidei	1	5	0		0		5	5
Imenotteri	1	1	3		1		5	
Formiche			1	5	1	5	2	5
Ditteri <i>adulti</i>	2	1	1	1	5	1	8	1
Larve coleotteri	1	10			0		1	10
Larva ditteri	0		2	10	0		2	10
TOTALE	133		72		74		694	160

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 12/06/2012

Campione: PINETA INCENDIO 2001/2009 PUNTO 3 (Primavera 2012)

GRUPPI	PUNTO 3 INCENDIO 2001/2009 (Primavera 2012)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Acari	106	20	40	20	171	20	317	20
Dipluri	6	20	0		6	20	12	20
Chilopodi	2	20	0		1	20	3	20
Sinfili	0		0		1	20	1	20
Paupodi	0		1	20	0		1	20
Collemboli EMI 1	5				2		7	
Collemboli EMI 2	3						3	
Collemboli EMI 4	33		6		14		53	
Collemboli EMI 6	29		3	6	9		41	
Collemboli EMI 8	6						6	
Collemboli EMI 10	6	10			30		36	
Collemboli EMI 20					5	20	5	20
Coleotteri EMI 1	1		0		1		2	
Coleotteri EMI 5	1	5	0		1	5	2	5
Emitteri	1	1	1	1	0	1	2	1
Psocotteri	0		0		2	1	2	1
Ditteri <i>adulti</i>	4	1	2	1	3	1	9	1
Imenotteri	5	1	0		2	1	7	
Formiche	0		15	5	0		15	5
Larve Coleotteri	4	10	0		0		4	10
Larve Ditteri	0		0		3	10	3	10
TOTALE	88		53		119		531	153

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 12/06/2012

Campione: PINETA INCENDIO 2001/2009 PUNTO 4 (Primavera-2012)

GRUPPI	PUNTO 4 INCENDIO 2001/2009 (Primavera 2012)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 5	1	5	0		0		1	5
Acari	190	20	85	20	6	20	281	20
Proturi	0		3	20	0		3	20
Dipluri	2	20	0		0		2	20
Paupodi	2	20	0		0		2	20
Collemboli EMI 1	10		1		3		14	
Collemboli EMI 2	0		1		0		1	
Collemboli EMI 4	45		6		4		55	
Collemboli EMI 6	70		32		7		109	
Collemboli EMI 8	5				0		5	
Collemboli EMI 10	14		8		0		22	
Collemboli EMI 20	9	20	5	20	1	20	15	20
Psocotteri	0		1	1	0		1	1
Blattoidei	1	5	0		1	5	2	5
Coleottero EMI 5	0		1	5	1	5	2	5
Ditteri	8	1	4	1	11	1	23	1
Imenotteri	5	1	2	1	8	1	15	1
Larve coleotteri	1	10	1	10	0		2	10
Larve Ditteri	2	10	0		0		2	10
TOTALE	112		78		52		557	138

CAMPIONAMENTO PINETA AUTUNNO 2012

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 02/10/2012

Campione: PINETA CONTROLLO PUNTO 1 (Autunno 2012)

GRUPPI	PUNTO 1 CONTROLLO (Autunno 2012)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	0	0	0	0	1	20	1	20
Acari	172	20	126	20	155	20	453	20
Diplopodi	3	20	1	20	1	20	5	20
Paupodi	4	20	3	20	3	20	10	20
Sinfili	10	20	24	20	1	20	35	20
Chilopodi	1	20	1	20	2	20	4	20
Proturi	3	20	2	20	2	20	7	20
Dipluri	1	20	1	20	2	20	4	20
Collemboli EMI 1	0		1		1		2	
Collemboli EMI 2	0		2		0		2	
Collemboli EMI 4	12		28		11		51	
Collemboli EMI 6	4		25		8		37	
Collemboli EMI 8	1		0		0		1	
Collemboli EMI 10	3		7	10	6	10	16	
Collemboli EMI 20	1	20	0		0		1	20
Tisanotteri	1	1	1	1	1	1	3	1
Emitteri	0		1	1			1	1
Imenotteri	1		0		1	1	2	
Formiche	1	5	6	5	0		7	5
Ditteri <i>adulti</i>	1	10	0		0		1	1
Larve Coleotteri	0		1	10	0		1	10
Larve Ditteri	0		0		13	10	13	10
TOTALE	167		167		182		657	208

Area RISERVA NATURALE MONTEFALCONE - Data rilievo 02/10/2012

Campione: PINETA CONTROLLO PUNTO 2 (IV) (Autunno 2012)

GRUPPI	PUNTO 2 CONTROLLO (Autunno 2012)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	1	20	3	20	0		4	20
Acari	79	20	109	20	88	20	276	20
Diplopodi	1	20	0		0		1	20
Paupodi	2	20	3	20	1	20	6	20
Sinfili	7	20	0		3	20	10	20
Chilopodi	0		0		2	20	2	20
Proturi	0		3	20	1	20	4	20
Dipluri	0		1	20	0		1	20
Collemboli EMI 1	0		0		0		0	
Collemboli EMI 2	0		0		1		1	
Collemboli EMI 4	6		7		11		24	
Collemboli EMI 6	12		3	6	6		21	
Collemboli EMI 8	3		0		0		3	
Collemboli EMI 10	5	10	0		2	10	7	10
Collemboli EMI 20			0		0		0	
Coleotteri EMI 1	0		1	1			1	1
Tisanotteri	0		0		1	1	1	1
Imenotteri	0		0		0		0	
Formiche	0		0		78	5	78	5
Ditteri <i>adulti</i>	0		0		1	1	1	1
Larve Ditteri	1	10	0		1	10	2	10
TOTALE	120		107		127		443	188

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 18/09/2012

Campione: PINETA INCENDIO 2001 PUNTO 1 (Autunno 2012)

GRUPPI	PUNTO 1 INCENDIO 2001 (Autunno 2012)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	0		0		1	20	1	20
Araneidi EMI 1	0		0		2	1	2	1
Acari	123	20	158	20	173	20	454	20
Chilopodi	1	20	2	20	8	20	11	20
Proturi	0		3	20	21	20	24	20
Sinfili	0		0		4	20	4	20
Paupodi	2	20	0		4	20	6	20
Dipluri	5	20	3	20	4	20	12	20
Isopodi	1	10	0		0		1	10
Collemboli EMI 1	2		2		2		6	
Collemboli EMI 2	1				0		1	
Collemboli EMI 4	4		21		24		49	
Collemboli EMI 6	44		59		44		147	
Collemboli EMI 8	2		4		12		18	
Collemboli EMI 10	3	10	6	10	32		41	20
Collemboli EMI 20	0		0		2	20	2	
Coleottero EMI 1	1						1	
Coleottero EMI 5	5	5	0				5	5
Imenotteri	2		0		1	1	3	
Formiche	1	5			0		1	5
Ditteri <i>adulti</i>	1	1	1	1	2	1	4	1
Larve Coleotteri	1	10		0			1	10
Larve Ditteri	1	10		0	1	10	2	10
Larve Lepidotteri	0		1	10			1	10
TOTALE	131		101		173		797	212

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 18/09/2012

Campione: PINETA INCENDIO 2001 PUNTO 2 (Autunno 2012)

GRUPPI	PUNTO 2 INCENDIO 2001 (Autunno 2012)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Acari	104	20	140	20	61	20	305	20
Chilopodi	5	20	1	20	0		6	20
Proturi	0		3	20	0		3	20
Sinfili	14	20	0		4	20	18	20
Pauropodi	0		2	20	0		2	20
Dipluri	0		0		3	20	3	20
Collemboli EMI 1	0		0		0		0	
Collemboli EMI 2	0		0		0		0	
Collemboli EMI 4	4		86		7		97	
Collemboli EMI 6	10		19		39		68	
Collemboli EMI 8	2		5		1		8	
Collemboli EMI 10	5		10	10	2	10	17	
Collemboli EMI 20	1	20					1	20
Tisanotteri	1	1	1	1	0		2	1
Emitteri	1	1	0		0		1	1
Imenotteri			3	1	0		3	
Formiche	1	5	0		0		1	5
Ditteri <i>adulti</i>	0		0		1	1	1	1
Larve Coleotteri	4	10	0		0		4	10
Larve Ditteri	2	10	0		0		2	10
TOTALE	107		92		71		542	168

CAMPINAMENTO BOSCO MISTO DI LATIFOGGLIE AUTUNNO 2011

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 10/10/2011

Campione: LATIFOGGLIE CONTROLLO AREA 1 (Autunno 2011)

GRUPPI	PUNTO 1 CONTROLLO (Autunno 2011)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Scorpioni	1	10	0		0		1	10
Pseudoscorpioni	0		0		2	20	2	20
Araneidi EMI 1					1		1	
Araneidi EMI 5	1	5			3	5	4	5
Acari	202	20	47	20	128	20	377	20
Diplopodi	2	20	0		2	20	4	20
Paupodi	28	20	6	20	16	20	50	20
Sinfili	2	20	1	20	1	20	4	20
Chilopodi	15	20	5	20	4	20	24	20
Proturi	0		0		1	20	1	20
Dipluri	6	20	4	20	1	20	11	20
Collemboli EMI 1	2		0		2		4	
Collemboli EMI 2	5		0		6		11	
Collemboli EMI 4	13		4		13		30	
Collemboli EMI 6	9		2		6		17	
Collemboli EMI 8	0		0		5		5	
Collemboli EMI 10	2		1	10	7	10	10	
Collemboli EMI 20	2	20	0				2	20
Coleottero EMI 1	2		0		2		4	
Coleotteri EMI 10	8	10	0		6	10	14	10
Imenotteri	2		0		3		5	
Formiche	9	5	11	5	11	5	31	5
Ditteri <i>adulti</i>	1	1	1	1	0		2	1
Larve Coleotteri	5	10	0		0		5	10
Larve Ditteri	2	10	2	10	0		4	10
Larva Lepidotteri	1	10	0		0		1	10
TOTALE	201		126		190		624	241

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 10/10/2011

Campione: LATIFOGLIE CONTROLLO PUNTO 2 (Autunno 2011)

GRUPPI	PUNTO 2 CONTROLLO (Autunno 2011)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	4	20	7	20	4	20	15	20
Araneidi EMI 1	0		1	1	0		1	
Araneidi EMI 5	1	5			0		1	5
Isopodi	1	10	0		0		1	10
Acari	387	20	202	20	166	20	755	20
Diplopodi	0		5	20	0		5	20
Paupodi	30	20	23	20	36	20	89	20
Sinfili	1	20	16	20	2	20	19	20
Chilopodi	16	20	38	20	4	20	58	20
Proturi	6	20	30	20	0		36	20
Dipluri	6	20	9	20	0		15	20
Collemboli EMI 1	1		3		3		7	
Collemboli EMI 2	0		0		4		4	
Collemboli EMI 4	24		108		15		147	
Collemboli EMI 6	13		19		12		44	
Collemboli EMI 8	5		9		4		18	
Collemboli EMI 10	6		5		4		15	
Collemboli EMI 20	3	20	4	20	1	20	8	20
Coleottero EMI 1	0		3				3	
Coleottero EMI 5	0		1				1	
Coleotteri EMI 10	2	10	2	10	0		4	10
Imenotteri	0		2	1	1	1	3	1
Formiche								
Ditteri <i>adulti</i>	0		1	1	1	1	2	1
Larve Coleotteri	5	10	4	10	5	10	14	10
Larve Ditteri	1	10	2	10	3	10	6	10
TOTALE	205		213		142		1271	227

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 17/10/2011

Campione: LATIFOGIE CONTROLLO - 2009 PUNTO 1 (Autunno 2011)

GRUPPI	PUNTO 1 CONTROLLO – 2009 (Autunno 2011)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Scorpione	0		0		1	10	1	10
Pseudoscorpioni	17	20	2	20	2	20	21	20
Araneidi EMI 1	1		1		0		2	
Araneidi EMI 5	1	5	1	5	0		2	5
Acari	487	20	410	20	103	20	1000	20
Diplopodi	10	20	4	20	3	20	17	20
Pauropodi	81	20	61	20	3	20	145	20
Sinfili	84	20	37	20	5	20	126	20
Chilopodi	37	20	31	20	1	20	69	20
Proturi	60	20	34	20	0		94	20
Dipluri	33	20	19	20	1	20	53	20
Isopodi	2	10	1	10	0		3	10
Collemboli EMI 1	9		5		4		18	
Collemboli EMI 2	6		3		1		10	
Collemboli EMI 4	33		40		11		84	
Collemboli EMI 6	14		13		6		33	
Collemboli EMI 8	2	8	2		3	8	7	
Collemboli EMI 10			17				17	
Collemboli EMI 20			7	20			7	20
Coleottero EMI 5	1	5	1		1		3	
Coleotteri EMI 10			1	10	1	10	2	10
Emitteri	7	1					7	1
Tisanotteri	4	1	17	1	10	1	31	1
Blattoidei	0		0		1	5	1	5
Imenotteri			2				2	
Formiche	218	5	2	5	14	5	234	5
Ditteri <i>adulti</i>					1	1	1	1
Larve Coleotteri	2	10	5	10	1	10	8	10
Larve Ditteri	0		2	10	1	10	3	10
TOTALE	205		231		200		2001	248

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 17/10/2011

Campione: LATIFOGIE CONTROLLO - 2009 PUNTO 2 (Autunno 2011)

GRUPPI	PUNTO 1 CONTROLLO – 2009 (Autunno 2011)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Scorpione	1	10	0				1	10
Pseudoscorpioni	9	20	3	20	0		12	20
Araneidi EMI 1			1		1	1	2	
Araneidi EMI 5	2	5	2	5			4	5
Acari	288	20	249	20	67	20	604	20
Paupodi	24	20	22	20	18	20	64	20
Sinfili	20	20	3	20	0		23	20
Chilopodi	7	20	9	20	0		16	20
Proturi	4	20	0		0		4	20
Dipluri	5	20	3	20	1	20	9	20
Isopodi	1	10	0		0		1	10
Collemboli EMI 1	5		3		0		8	
Collemboli EMI 2	4		0		0		4	
Collemboli EMI 4	42		19		2		63	
Collemboli EMI 6	11		12		2		25	
Collemboli EMI 8	5		0		0		5	
Collemboli EMI 10	14		8		1		23	
Collemboli EMI 20	9	20	2	20	1	20	12	20
Coleottero EMI 1	1				0		1	
Coleotteri EMI 10	6	10			1	10	7	10
Tisanotteri	0		0		1	1	1	1
Isotteri			1	10			1	10
Imenotteri								
Formiche	64	5	0		2	5	66	5
Ditteri <i>adulti</i>	1	1					1	1
Larve Coleotteri	6	10	5	10	3	10	14	10
Larve Ditteri	4	10	5	10	6	10	15	10
Larve Lepidotteri	1	10	0				1	10
TOTALE	231		175		117		987	242

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 10/10/2011

Campione: LATIFOGIE INCENDIO 2001 PUNTO 1 (Autunno 2011)

GRUPPI	PUNTO 1 INCENDIO 2001 (Autunno 2011)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	0		4	20	1	20	5	20
Araneide EMI 5	1	5	5	5	0		6	5
Opilioni	0		1	10	0		1	10
Acari	208	20	253	20	181	20	642	20
Diplopodi	4	20	0		0		4	20
Paupodi	9	20	40	20	3	20	52	20
Chilopodi	20	20	32	20	9	20	61	20
Proturi	5	20	4	20	0		9	20
Dipluri	9	20	1	20	0		10	20
Isopodi	0		2	10	0		2	10
Collemboli EMI 1	3		7		3		13	
Collemboli EMI 2	0		0		2		2	
Collemboli EMI 4	18		28		14		60	
Collemboli EMI 6	5		17		9		31	
Collemboli EMI 8	0		5		2		7	
Collemboli EMI 10	1		9		1	10	11	
Collemboli EMI 20	2	20	2	20	0		4	20
Coleotteri EMI 1	1	1	1		0		2	
Coleotteri EMI 5			1		2	5	3	
Coleotteri EMI 10			2	10	0		2	10
Emittero	1	1	1	1	0		2	1
Imenotteri								
Formiche	5	5	5	5	0		10	5
Ditteri (adulti)	1	1	0		2	1	3	1
Larve Coleotteri	4	10	3	10	1	10	8	10
Larve Ditteri	1	10	0		1	10	2	10
TOTALE	173		191		116		952	222

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 10/10/2011

Campione: LATIFOGIE INCENDIO 2001 PUNTO 2 (Autunno 2011)

GRUPPI	PUNTO 2 INCENDIO 2001 (Autunno 2011)						TOT. IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	4	20	11	20	2	20	17	20
Araneidi EMI 5	1	5	0		1	5	2	5
Acari	559	20	444	20	218	20	1221	20
Diplopodi	7	20	6	20	4	20	17	20
Paupodi	26	20	25	20	14	20	65	20
Sinfili	19	20	8	20	2	20	29	20
Chilopodi	35	20	24	20	5	20	64	20
Proturi	380	20	95	20	19	20	494	20
Dipluri	4	20	8	20	0		12	20
Isopodi	1	10	1	10	0		2	10
Collemboli EMI 1	19		4		3		26	
Collemboli EMI 2	7		0		2		9	
Collemboli EMI 4	49		82		10		141	
Collemboli EMI 6	19		17		3		39	
Collemboli EMI 8	10		6		0		16	
Collemboli EMI 10	10		12	10	3	10	25	
Collemboli EMI 20	5	20	0				5	20
Coleottero EMI 1	4		1		1	1	6	
Coleottero EMI 5	5		0		0		5	
Coleottero EMI 10	1	10	3	10	0		4	10
Tisanotteri	0		1	1	0		1	1
Psocotteri	1	1	0		0		1	1
Imenotteri	1		1				2	
Formiche	2	5	1	5	4	5	7	5
Ditteri (adulti)	1	1	0		0		1	1
Larve Coleotteri	5	10	0		10	10	15	10
TOTALE	222		196		171		2226	223

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 17/10/2011

Campione: LATIFOGIE INCENDIO 2009 PUNTO 1(Autunno 2011)

GRUPPI	PUNTO 1 INCENDIO 2009 (Autunno 2009)						TOT IND.	QBS- ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 5	1	5	0		0		1	5
Acari	292	20	272	20	256	20	820	20
Diplopodi	0		2	20	0		2	20
Paupodi	16	20	4	20	5	20	25	20
Chilopodi	0		2	20	0		2	20
Proturi	7	20	0		10	20	17	20
Dipluri	6	20	6	20	2	20	14	20
Collemboli EMI 1	2		1		0		3	
Collemboli EMI 2	0		0		0		0	
Collemboli EMI 4	11		9		9		29	
Collemboli EMI 6	4	6	8		5		17	
Collemboli EMI 8	0		2		1		3	
Collemboli EMI 10	0		0		5	10	5	
Collemboli EMI 20	0		1	20	0		1	20
Coleottero EMI 1	2	1	1	1	0		3	1
Emitteri	1	1	0		1	1	2	1
Imenotteri					1	1	1	1
Formiche								
Ditteri <i>adulti</i>	0		0		1	1	1	1
Larve Coleotteri	0		0		1	10	1	10
Larve Ditteri	1	10	1	10			2	10
Larva Lepidotteri	2	10	0		0		2	10
TOTALE	113		131		103		951	179

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 17/10/2011

Campione: LATIFOGLIE INCENDIO 2009 PUNTO 2 (Autunno 2011)

GRUPPI	PUNTO 2 INCENDIO 2009 (Autunno 2011)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	2	20	1	20	0		3	20
Araneidi EMI 5	0		1	5	3	5	4	5
Acari	85	20	291	20	288	20	664	20
Diplopodi	1	20	21	20	79	20	101	20
Pauropodi	1	20	6	20	0		7	20
Sinfili	0		2	20	4	20	6	20
Chilopodi	1	20	1	20	1	20	3	20
Proturi	0		2	20	16	20	18	20
Dipluri	1	20	1	20	0		2	20
Collemboli EMI 1	1		3		7		11	
Collemboli EMI 2	0		0		0			
Collemboli EMI 4	2		12		16		30	
Collemboli EMI 6	0		15		9		24	
Collemboli EMI 8	0		0		5		5	
Collemboli EMI 10	2	10	4	10	3	10	9	10
Collemboli EMI 20	0		0		0		0	
Coleottero EMI 1	0		0		1		1	
Coleotteri EMI 5	0		0		3	5	3	5
Tisanottero	0		3	1	0		3	1
Emittero	0		1	1	0		1	1
Imenotteri	0		1	1			1	
Formiche	1	5			1	5	2	5
Larve Coleotteri	0		2	10	1	10	3	10
Larve Ditteri	0		0		2	10	2	10
TOTALE	135		188		145		903	207

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 17/10/2011

Campione: LATIFOGIE INCENDIO 2001/2009 PUNTO 1 (Autunno 2011)

GRUPPI	PUNTO 1 INCENDIO 2001/2009 (Autunno 2011)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	0		1	20	0		1	20
Acari	86	20	197	20	65	20	348	20
Diplopodi	0		2	20	0		2	20
Pauropodi	0		0		2	20	2	20
Sinfili	3	20	9	20	2	20	14	20
Chilopodi	2	20	3	20	0		5	20
Proturi	8	20	11	20	0		19	20
Dipluri	0		3	20	0		3	20
Collemboli EMI 1	0		2		0		2	
Collemboli EMI 4	2		10		3		15	
Collemboli EMI 6	0		7		2		9	
Collemboli EMI 8	0		2				2	
Collemboli EMI 10	2	10	4	10	1	10	7	10
Collemboli EMI 20	0		0		0		0	
Coleottero EMI 1	1	1	0		0		1	
Coleottero EMI 10	0		1	10	0		1	10
Imenotteri								
Formiche	7	5	1	5	1	5	9	5
Larve Coleotteri	0		1	10	0		1	10
Larve Ditteri	2	10	0		1	10	3	10
Larve Lepidotteri	1	10	0		0		1	10
TOTALE	116		175		85		445	215

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 17/10/2011

Campione: LATIFOGLIE INCENDIO 2001/2009 PUNTO 2 (Autunno 2011)

GRUPPI	PUNTO 2 INCENDIO 2001/2009 (Autunno 2011)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	1	20	3	20	0		4	20
Araneidi EMI 5	1	5	0		3	5	4	5
Acari	156	20	125	20	134	20	415	20
Diplopodi	2	20	1	20	3	20	6	20
Paupodi	51	20	4	20	5	20	60	20
Sinfili	27	20	9	20	3	20	39	20
Chilopodi	3	20	4	20	2	20	9	20
Proturi	105	20	8	20	17	20	130	20
Dipluri	2	20	0		1	20	3	20
Collemboli EMI 1	2		3		1		6	
Collemboli EMI 2	0		2		0		2	
Collemboli EMI 4	10		12		2	4	24	
Collemboli EMI 6	2		2		0		4	
Collemboli EMI 8	0		8		0		8	
Collemboli EMI 10	6	10	11		0		17	
Collemboli EMI 20			6	20			6	20
Coleottero EMI 10			1	10			1	10
Emittero	1	1					1	1
Imenotteri	2	1	0		0		2	
Formiche	0		6	5	4	5	10	5
Ditteri	0		1	1	0		1	1
Larve Coleotteri	0				1	10	1	10
Larve Ditteri	4	10	2	10	5	10	11	10
Larve Lepidotteri	1	10	2	10	0		3	10
TOTALE	197		196		174		767	232

CAMPINAMENTO BOSCO MISTO DI LATIFOGGLIE PRIMAVERA 2012

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 11/05/2012

Campione: LATIFOGGLIE CONTROLLO PUNTO 1 (Primavera 2012)

GRUPPI	PUNTO 1 CONTROLLO (Primavera 2012)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	0		2				1	20
Araneidi EMI 5	0		1	5	1	5	2	5
Acari	244	20	137	20	184	20	565	20
Diplopodi	1	20	3	20	1	20	5	20
Paupodi	3	20	8	20	21	20	32	20
Sinfili	2	20	7	20	10	20	19	20
Chilopodi	3	20	4	20	3	20	10	20
Proturi	2	20	4	20	4	20	10	20
Dipluri	3	20	3	20	3	20	9	20
Collemboli EMI 1	8		7		3		18	
Collemboli EMI 2	1		0		5		6	
Collemboli EMI 4	27		24		18		69	
Collemboli EMI 6	2		12		5		22	
Collemboli EMI 8	1		2		7		10	
Collemboli EMI 10	4		4	10	14		22	
Collemboli EMI 20	2	20	0		6	20	8	20
Coleottero EMI 1	0		1	1	1	1	2	1
Tisanotteri	1	1	1	1	1	1	3	1
Imenotteri								
----- Formiche	9	5	3	5	3	5	15	5
Ditteri <i>adulti</i>	0		0		1	1	1	1
Larve Coleotteri	7	10	2	10	3	10	12	10
Larve Ditteri	0		1	10	4	10	5	10
TOTALE	176		182		193		844	213

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 11/05/2012

Campione: LATIFOGIE CONTROLLO PUNTO 2 (Primavera 2012)

GRUPPI	PUNTO 2 CONTROLLO (Primavera 2012)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	1	20	0		1	20	2	20
Araneidi EMI 5	0		0		1	5	1	5
Acari	144	20	146	20	246	20	536	20
Diplopodi	3	20	0		2	20	5	20
Pauropodi	5	20	2	20	6	20	13	20
Sinfili	3	20	0		6	20	9	20
Chilopodi	4	20	6	20	11	20	21	20
Dipluri	1	20	1	20	1	20	3	20
Collemboli EMI 1	10		5		29		44	
Collemboli EMI 2	5		0		4		9	
Collemboli EMI 4	30		26		214		270	
Collemboli EMI 6	11		7		57		75	
Collemboli EMI 8	9		2		14		25	
Collemboli EMI 10	10		8		13		31	
Collemboli EMI 20	3	20	4	20	9	20	16	20
Coleottero EMI 1					1		1	
Coleottero EMI 10					1	10	1	
Coleotteri EMI 20			1	20			1	20
Tisanotteri	2	1	0		4	1	6	1
Imenotteri								
Formiche	0		0		8	5	8	5
Ditteri <i>adulti</i>	1	1	0		1	1	2	1
Larve Coleotteri	5	10	2	10	1	10	8	10
Larve Ditteri	2	10	2	10	6	10	10	10
TOTALE	182		140		202		1097	212

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 02/05/2012

Campione: LATIFOGLIE CONTROLLO - 2009 PUNTO 1 (Primavera 2012)

GRUPPI	PUNTO 1 CONTROLLO – 2009 (Primavera 2012)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	3	20	5	20	5	20	13	20
Araneidi EMI 5	0		1	5	0		1	5
Acari	186	20	413	20	166	20	765	20
Diplopodi	2	20	4	20	2	20	8	20
Paupodi	5	20	12	20	4	20	21	20
Sinfili	6	20	14	20	19	20	39	20
Chilopodi	3	20	20	20	9	20	32	20
Proturi	4	20	13	20	3	20	20	20
Dipluri	4	20	0		6	20	10	20
Collemboli EMI 1	6		8		4		18	
Collemboli EMI 2	6		2		2		10	
Collemboli EMI 4	101		281		46		428	
Collemboli EMI 6	37		36		23		96	
Collemboli EMI 8	22		21		9		52	
Collemboli EMI 10	28		23		2		53	
Collemboli EMI 20	5	20	6	20	3	20	14	20
Coleottero EMI 5	1	5	2		0		3	
Coleotteri EMI 10			1		1	10	2	
Coleotteri EMI 15			1	15			1	15
Tisanotteri	1	1	0		0		1	1
Imenotteri								
Formiche	5	5	10	5	2	5	17	5
Ditteri <i>adulti</i>	3	1	0		0		3	1
Larve Coleotteri	5	10	2	10	1	10	8	10
Larve Ditteri	2	10	10	10	0		12	10
TOTALE	212		205		205		1627	227

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 02/05/2012

Campione: LATIFOGLIE CONTROLLO – 2009 PUNTO 2 (Primavera 2012)

GRUPPI	PUNTO 2 CONTROLLO – 2009 (Primavera 2012)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Scorpione	0		1	10	0		1	10
Pseudoscorpioni	5	20	2	20	0		7	20
Acari	185	20	430	20	168	20	783	20
Paupodi	2	20	17	20	0		19	20
Sinfili	1	20	7	20	4	20	12	20
Chilopodi	1	20	5	20	7	20	13	20
Diplopodi	0		2	20	0		2	20
Proturi	10	20	17	20	5	20	32	20
Dipluri	3	20	0		0		3	20
Collemboli EMI 1	2		10		0		12	
Collemboli EMI 2	7		8		2		17	
Collemboli EMI 4	223		195		52		470	
Collemboli EMI 6	29		70		21		120	
Collemboli EMI 8	10		21		14		45	
Collemboli EMI 10	9	10	24		43		76	
Collemboli EMI 20			12	20	12	20	24	20
Coleottero EMI 1			1		0		1	
Coleotteri EMI 10	1	10	1	10	0		2	10
Tisanotteri	1	1	0		0		1	1
Imenotteri	0		2		0		2	
Formiche	0		18	5	1	5	19	5
Ditteri <i>adulti</i>	2	1	0		1	1	3	1
Larve Coleotteri	6	10	12	10	1	10	19	10
Larve Ditteri	4	10	67	10	0		71	10
TOTALE	182		205		116		1754	227

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 21/05/2012

Campione: LATIFOGLIE INCENDIO 2001 PUNTO 1 (Primavera 2012)

GRUPPI	PUNTO 1 INCENDIO 2001 (Primavera 2012)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	0		1	20	0		1	20
Araneide EMI 1	0		1	1	0		1	1
Acari	113	20	197	20	122	20	432	20
Diplopodi	0		4	20	4	20	8	20
Paupodi	0		3	20	3	20	6	20
Chilopodi	0		5	20	2	20	7	20
Proturi	2	20	0		2	20	4	20
Dipluri	0		1	20	0		1	20
Sinfili	2	20	1	20	5	20	8	20
Collemboli EMI 1	1		5		1		7	
Collemboli EMI 2	3		2		1		6	
Collemboli EMI 4	13		26		14		53	
Collemboli EMI 6	23		31		16		70	
Collemboli EMI 8	4		5		5		14	
Collemboli EMI 10	1		13		4		18	
Collemboli EMI 20	3	20	14	20	1	20	18	20
Coleotteri EMI 1	0		1				1	
Coleotteri EMI 5	1	5	1	5	0		2	5
Imenotteri	1		1		4		6	
Formiche	1	5	33	5	1	5	35	5
Ditteri (adulti)	1	1	4	1	4	1	9	1
Larve Coleotteri	0		0		1	10	1	10
Larve Ditteri	0		1	10	1	10	2	10
TOTALE	91		182		166		710	212

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 21/05/2012

Campione: LATIFOGLIE INCENDIO 2001 PUNTO 2 (Primavera 2012)

GRUPPI	PUNTO 2 INCENDIO 2001 (Primavera 2012)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	2	20	1	20	2	20	5	20
Araneide EMI 1	0		0		1	1	1	1
Acari	283	20	237	20	296	20	816	20
Diplopodi	2	20	1	20	5	20	8	20
Paupodi	1	20	4	20	1	20	6	20
Chilopodi	4	20	5	20	4	20	13	20
Proturi	0		5	20	0		5	20
Dipluri	0		2	20	1	20	3	20
Sinfili	5	20	9	20	2	20	16	20
Collemboli EMI 1	11		5		8		24	
Collemboli EMI 2	0		0		0		0	
Collemboli EMI 4	73		35		52		160	
Collemboli EMI 6	44		15		23		82	
Collemboli EMI 8	8		0		0		8	
Collemboli EMI 10	21		7		13		41	
Collemboli EMI 20	4	20	3	20	8	20	15	20
Coleotteri EMI 10					1	10	1	10
Isotteri	0		2	10	0		2	10
Tisanotteri	1	1	1	1	2	1	4	1
Imenotteri	2						2	
Formiche	7	5	7	5	1	5	15	5
Ditteri (adulti)	3	1	2	1	0		5	1
Larve Ditteri			2	10	1	10	3	10
TOTALE	147		207		187		1235	218

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 11/05/2012

Campione: LATIFOGLIE INCENDIO 2009 PUNTO 1(Primavera 2012)

GRUPPI	PUNTO 1 INCENDIO 2009 (Primavera 2012)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 1	0		0		1	1	1	
Araneidi EMI 5	2	5	1	5	0		3	5
Acari	243	20	99	20	67	20	409	20
Diplopodi	2	20	0		0		2	20
Paupodi	3	20	2	20	4	20	9	20
Chilopodi	1	20	0		0		1	20
Sinfili	2	20	0		1	20	3	20
Collemboli EMI 1	1		3		1		5	
Collemboli EMI 2	0		1		1		2	
Collemboli EMI 4	22		4		6		32	
Collemboli EMI 6	7		7		3	6	17	
Collemboli EMI 8	0		13				13	
Collemboli EMI 10	2	10	4	10			6	10
Collemboli EMI 20							0	
Ortotteri /Grillidi	0		1	20	0		1	20
Coleottero EMI 1	2		0		0		2	
Coleottero EMI 10	1	10	0		0		1	10
Tisanotteri	0		1	1	2	1	3	1
Imenotteri							0	
Formiche	0		1	5	0		1	5
Ditteri <i>adulti</i>	0		1	1	1	1	2	1
Larve Ditteri	0		1	10	0		1	10
TOTALE	125		92		69		514	162

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 11/05/2012

Campione: LATIFOGLIE INCENDIO 2009 PUNTO 2 (Primavera 2012)

GRUPPI	PUNTO 2 INCENDIO 2009 (Primavera 2012)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 5	1	5	0		0		1	5
Acari	280	20	110	20	97	20	487	20
Diplopodi	4	20	2	20	6	20	12	20
Paupodi	0		0		2	20	2	20
Sinfili	0		0		1	20	1	20
Chilopodi	1	20	3	20	0		4	20
Proturi	0		1	20	3	20	4	20
Dipluri	1	20	1	20	0		2	20
Collemboli EMI 1	12		0		0		12	
Collemboli EMI 2	1		0		0		1	
Collemboli EMI 4	20		0		4		24	
Collemboli EMI 6	48		16		8		72	
Collemboli EMI 8	9		1		0		10	
Collemboli EMI 10	15	10	2	10	3	10	20	10
Collemboli EMI 20	0		0		0		0	
Isotteri	0		0		1	10	1	10
Coleottero EMI 1	1	1	0		1	1	2	1
Imenotteri	0		1		2		3	
Formiche	4	5	1	5	1	5	6	5
Ditteri	0		1	1	0		1	1
Larve Coleotteri	0		6	10	0		6	10
Larve Ditteri	1	10	4	10	1	10	6	10
TOTALE	111		136		136		677	192

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 02/05/2012

Campione: LATIFOGLIE INCENDIO 2001/2009 PUNTO 1 (Primavera 2012)

GRUPPI	PUNTO 1 INCENDIO 2001/2009						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	1	20	2	20	3	20	6	20
Arameidi EMI 1	1		0		0		1	
Arameidi EMI 5	2	5	0		1	5	3	5
Acari	147	20	209	20	150	20	506	20
Diplopodi	2	20	2	20	2	20	6	20
Paupodi	21	20	18	20	14	20	53	20
Sinfili	4	20	4	20	15	20	23	20
Chilopodi	3	20	6	20	4	20	13	20
Proturi	10	20	45	20	27	20	82	20
Collemboli EMI 1	9		3		8		20	
Collemboli EMI2	9		1		3		13	
Collemboli EMI 4	21		19		36		76	
Collemboli EMI 6	3		7		14		24	
Collemboli EMI 8	5	8	2		3		10	
Collemboli EMI 10			29		7		36	
Collemboli EMI 20			3	20	2	20	5	20
Coleottero EMI 1	1	1	0				1	
Coleottero EMI 5	0		0		1	5	1	5
Imenotteri	2		0		1		3	
Formiche	18	5	7	5	6	5	31	5
Ditteri	0		1	1	0		1	1
Larve Coleotteri	1	10	1	10	2	10	4	10
Larve Ditteri	0		0		2	10	2	10
Larve Lepidotteri	1	10	0		0		1	10
TOTALE	179		176		195		921	206

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 02/05/2012

Campione: LATIFOGLIE INCENDIO 2001/2009 PUNTO 2 (Primavera 2011)

GRUPPI	PUNTO 2 INCENDIO 2001/2009 (Primavera 2012)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	13	20	2	20	0		15	20
Araneidi EMI 5	1	5	0		0		1	5
Acari	271	20	231	20	58	20		20
Diplopodi	11	20	4	20	0		15	20
Paupodi	56	20	7	20	3	20	66	20
Sinfili	9	20	10	20	3	20	22	20
Chilopodi	13	20	4	20	0		17	20
Proturi	133	20	14	20	8	20	155	20
Dipluri	3	20	7	20	0		10	20
Collemboli EMI 1	6		5		10		21	
Collemboli EMI 2	3		3		1		7	
Collemboli EMI 4	44		20		7		71	
Collemboli EMI 6	19		9		2		30	
Collemboli EMI 8	9		8		1		18	
Collemboli EMI 10	25		9		2	10	36	
Collemboli EMI 20	10	20	4	20			14	20
Coleottero EMI 1	3		1				4	
Coleottero EMI 5			2	5			2	
Coleottero EMI 10	1	10			1	10	2	10
Blattoidei	0		0		1	5	1	5
Emittero			1	1			1	1
Tisanotteri	0		0		1	1	1	1
Imenotteri								
Formiche	1	5	4	5	3	5	8	5
Ditteri	1	1	2	1	0		3	1
Larve Coleotteri	4	10	1	10	4	10	9	10
Larve Ditteri	1	10	1	10	0		2	10
Larve Lepidotteri	0		1	10	0		1	10
TOTALE	221		222		121		1092	238

CAMPINAMENTO BOSCO MISTO DI LATIFOGGLIE AUTUNNO 2012

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 11/09/2012

Campione: LATIFOGGLIE CONTROLLO PUNTO 1 (Autunno 2012)

GRUPPI	PUNTO 1 CONTROLLO (Autunno 2012)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 1	1	1			1		1	1
Acari	105	20	56	20	87	20	248	20
Diplopodi	1	20	0		0		1	20
Paupodi	26	20	6	20	11	20	43	20
Sinfili	5	20	4	20	7	20	16	20
Chilopodi	0		0		9	20	9	20
Proturi	4	20	0		3		7	20
Dipluri	2	20	1	20	1	20	4	20
Collemboli EMI 1	1		0		0		1	
Collemboli EMI 2	0		0		0		0	
Collemboli EMI 4	16		10		14		40	
Collemboli EMI 6	9		9	6	5		23	
Collemboli EMI 8	2		0		2		4	
Collemboli EMI 10	5	10	0		3	10	8	10
Collemboli EMI 20	0		0		0		0	
Coleotteri EMI 10	1	10	1	10	0		2	10
Tisanotteri	0		1	1	0		1	1
Imenotteri	1	1	0		0			
Formiche	0		2	5	35	5	37	5
Larve Coleotteri	1	10	0		1	10	2	10
Larve Ditteri	1	10	1	10	1	10	3	10
Larva Lepidotteri	1	10	1	10		0	2	10
TOTALE	172		122		155		452	197

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 11/09/2012

Campione: LATIFOGLIE CONTROLLO PUNTO 2 (Autunno 2012)

GRUPPI	PUNTO 2 CONTROLLO (Autunno 2012)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 5	0		0		1	5	1	5
Acari	136	20	54	20	168	20	358	20
Diplopodi	1	20	1	20	1	20	3	20
Pauropodi	7	20	8	20	10	20	25	20
Sinfili	3	20	2	20	13	20	18	20
Chilopodi	2	20	2	20	1	20	5	20
Proturi	2	20	0		2	20	4	20
Dipluri	1	20	1	20	0		2	20
Collemboli EMI 1	2		0		0		2	
Collemboli EMI 2	0		0		0		0	
Collemboli EMI 4	71		10		18		99	
Collemboli EMI 6	58		4	6	19		81	
Collemboli EMI 8	4				12		16	
Collemboli EMI 10	15				68		83	
Collemboli EMI 20	9	20			42	20	51	20
Tisanotteri	0		1	1	0		1	1
Emitteri	1	1	0		0		1	1
Imenotteri	0						0	
Formiche	2	5	1	5			3	5
Ditteri <i>adulti</i>	1	1					1	1
Larve Coleotteri	4	10	1	10			5	10
Larve Ditteri	0		2	10			2	10
Larve Lepidotteri	0		2	10			2	10
TOTALE	177		162		145		763	203

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 04/09/2012

Campione: LATIFOGIE CONTROLLO - 2009 PUNTO 1 (Autunno 2012)

GRUPPI	PUNTO 1 CONTROLLO – 2009 (Autunno 2012)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Acari	50	20	91	20	206	20	347	20
Diplopodi	0		2	20	1	20	3	20
Paupodi	49	20	21	20	12	20	82	20
Sinfili	9	20	12	20	14	20	35	20
Chilopodi	0		1	20	9	20	10	20
Proturi	2	20	2	20	2	20	6	20
Dipluri	2	20	1	20	11	20	14	20
Isopodi	0		0		1	10	1	10
Collemboli EMI 1	10		2		4		16	
Collemboli EMI 2	0		0		0		0	
Collemboli EMI 4	42		49		34			
Collemboli EMI 6	21		8		9		38	
Collemboli EMI 8	3		3		4		10	
Collemboli EMI 10	12		11		4	10	27	
Collemboli EMI 20	11	20	10	20			21	20
Coleottero EMI 1	0		0		1		1	
Coleotteri EMI 10	0		0		1	10	1	10
Tisanotteri	0		0		1	1	1	1
Imenotteri	0		1	1	0		1	
Formiche	2	5	0		38	5	40	5
Larve Coleotteri	0		0		1	10	1	10
Larve Ditteri	1	10	6	10	1	10	8	10
TOTALE	135		171		196		788	206

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 04/09/2012

Campione: LATIFOGIE CONTROLLO - 2009 PUNTO 2 (Autunno 2012)

GRUPPI	PUNTO 2 CONTROLLO- 2009 (Autunno 2012)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	1	20	1	20	1	20	3	20
Araneidi EMI 5	0		0		1	5	1	5
Acari	108	20	79	20	102	20	289	20
Diplopodi	2	20	2	20	3	20	7	20
Paupodi	21	20	3	20	24	20	48	20
Sinfili	9	20	0		6	20	15	20
Chilopodi	0		1	20	4	20	5	20
Proturi	2	20	0		5	20	7	20
Dipluri	0		1	20	1	20	2	20
Collemboli EMI 1	10		10		4		24	
Collemboli EMI 2	0		0		0		0	
Collemboli EMI 4	45		9		21		75	
Collemboli EMI 6	16		5		2		23	
Collemboli EMI 8	2		0		0		2	
Collemboli EMI 10	12		6	10	3	10	21	
Collemboli EMI 20	15	20	0				15	20
Coleottero EMI 1					2	1	2	
Psocotteri	0		1	1			1	1
Imenotteri					1	1	1	
Formiche	2	5	0		0		2	5
Larve Coleotteri	4	10	3	10	4	10	11	10
Larve Ditteri	5	10	3	10	0		8	10
Larve Lepidotteri	0		0		2	10	2	10
TOTALE	165		151		197		564	221

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 11/09/2012

Campione: LATIFOGIE INCENDIO 2001 PUNTO 1 (Autunno 2012)

GRUPPI	PUNTO 1 INCENDIO 2001						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Acari	166	20	89	20	41	20	296	20
Diplopodi	1	20	1	20	0		2	20
Paupodi	10	20	3	20	3	20	16	20
Chilopodi	2	20	4	20	0		6	20
Proturi	17	20	7	20			24	20
Sinfili	7	20	8	20	1	20	16	20
Collemboli EMI 1	1		14		0		15	20
Collemboli EMI 2	0		1		0		1	
Collemboli EMI 4	80		21		11		112	
Collemboli EMI 6	47		7		15		69	
Collemboli EMI 8	11		3		6		20	
Collemboli EMI 10	37		53		35		125	
Collemboli EMI 20	7	20	39	20	5	20	51	20
Coleotteri EMI 10	1	10	0		0		1	10
Ditteri (adulti)	1	1	1	1	4	1	6	1
Larve Coleotteri	0		1	10	1	10	2	10
Larve Ditteri	0		2	10	2	10	4	10
TOTALE	151		161		101		766	191

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 18/09/2012

Campione: LATIFOGIE INCENDIO 2001 PUNTO 2 (Autunno 2012)

GRUPPI	PUNTO 2 INCENDIO 2001 (Autunno 2012)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	0		0		4	20	4	20
Acari	233	20	48	20	211	20	492	20
Diplopodi	3	20	1	20	1	20	5	20
Paupodi	3	20	0		21	20	24	20
Sinfili	24	20	8	20	12	20	44	20
Chilopodi	2	20	1	20	3	20	6	20
Proturi	47	20	3	20	10	20	60	20
Dipluri	3	20	2	20	7	20	12	20
Isopodi	0		0		2	10	2	10
Collemboli EMI 1	1		0		0		1	
Collemboli EMI 2	0		0		0		0	
Collemboli EMI 4	83		10		13		106	
Collemboli EMI 6	19		12		8		39	
Collemboli EMI 8	6		0		5		11	
Collemboli EMI 10	12		4	10	1	10	17	
Collemboli EMI 20	7	20	0				7	20
Coleottero EMI 1	0		0		1		1	
Coleottero EMI 5	1		0		0		1	
Coleottero EMI 10	1	10	3	10	6	10	10	10
Tisanotteri	2	1	0		1	1	3	1
Isotteri	0		3	10	0		3	10
Imenotteri								
Formiche	0		18	5	3	5	21	5
Ditteri (adulti)	0		2	1	0		2	1
Larve Ditteri	0		0		1	10	1	10
Larve Lepidotteri	1	10	0		0		1	10
TOTALE	181		156		206		873	237

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 11/09/2012

Campione: LATIFOGIE INCENDIO 2009 PUNTO 1(Autunno 2012)

GRUPPI	PUNTO 1 INCENDIO 2009 (Autunno 2012)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	0		1	20	0		1	20
Acari	224	20	79	20	36	20	339	20
Diplopodi	4	20	0		0		4	20
Pauropodi	12	20	3	20	0		15	20
Chilopodi	4	20	2	20	0		6	20
Proturi	7	20	2	20	2	20	11	20
Dipluri	3	20	0		0		3	20
Isopodi	1	10	0		0		1	10
Collemboli EMI 1	1		2		0		3	
Collemboli EMI 2	0		0		1		1	
Collemboli EMI 4	17		4		2		23	
Collemboli EMI 6	12		16		41		69	
Collemboli EMI 8	6		3	8			9	
Collemboli EMI 10	18				2		20	
Collemboli EMI 20	4	20			1	20	5	20
Emitteri	0		1	1	0		1	1
Imenotteri								
Formiche	3	5	0		0		3	5
Ditteri <i>adulti</i>	0		0		1	1	1	1
Larve Coleotteri	2	10	0		2	10	4	10
Larve Ditteri	0		5	10	0		5	10
TOTALE	165		119		71		524	197

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 11/09/2012

Campione: LATIFOGIE INCENDIO 2009 PUNTO 2 (Autunno 2012)

GRUPPI	PUNTO 2 INCENDIO 2009						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	0		0		1	20	1	20
Araneidi EMI 1	0		0		1	1	1	1
Acari	52	20	112	20	111	20	275	20
Diplopodi	0		1	20	0		1	20
Paupodi	3	20	6	20	12	20	21	20
Sinfili	0		0		13	20	13	20
Chilopodi	0		3	20	5	20	8	20
Proturi	3	20	3	20	3	20	9	20
Dipluri	0		1	20	0		1	20
Collemboli EMI 1	0		0		3		3	
Collemboli EMI 2	0		0		0		0	
Collemboli EMI 4	10		7		22		39	
Collemboli EMI 6	15		7		10		32	
Collemboli EMI 8	0		0		0		0	
Collemboli EMI 10	2	10	1		4	10	7	
Collemboli EMI 20	0		2	20			2	20
Coleottero EMI 1					1	1	1	
Coleotteri EMI 5			1	5			1	5
Imenotteri								
Formiche	0		0		1	5	1	5
Larve Coleotteri	2	10	2	10	2	10	6	10
Larve Ditteri	0		1	10	0		1	10
TOTALE	80		165		147		423	211

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 04/09/2012

Campione: LATIFOGIE INCENDIO 2001/2009 PUNTO 1 (Autunno 2012)

GRUPPI	PUNTO1 INCENDIO 2001/2009 (Autunno 2012)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Pseudoscorpioni	1	20	3	20	4	20	8	20
Opilioni	0		0		1	10	1	10
Acari	108	20	173	20	86	20	367	20
Dipluri	0		16	20	0		16	20
Diplopodi	2	20	11	20	3	20	16	20
Paupodi	13	20	9	20	5	20	27	20
Sinfili	7	20	9	20	7	20	23	20
Chilopodi	4	20	7	20	4	20	15	20
Proturi	11	20	19	20	6	20	36	20
Collemboli EMI 1	1		1		4		6	
Collemboli EMI 2	1		2		0		3	
Collemboli EMI 4	13		32		16		61	
Collemboli EMI 6	2		13		4		19	
Collemboli EMI 8	0		2		0		2	
Collemboli EMI 10	3		3	10	2		8	
Collemboli EMI 20	8	20	0		1	20	9	20
Coleottero EMI 1	1		1		0		2	
Coleottero EMI 10	1	10	2	10	0		3	10
Emitteri	0		1	1	0		1	1
Imenotteri	1		1		0		1	
Formiche	1	5	4	5	0		5	5
Ditteri adulti	1	1	0		1	1	2	1
Larve Coleotteri	4	10	4	10	2	10	10	10
Larve Ditteri	3	10	0		0		3	10
TOTALE	196		196		181		645	207

Area: RISERVA NATURALE DI MONTEFALCONE - Data rilievo: 04/09/2012

Campione: LATIFOGIE INCENDIO 2001/2009 PUNTO 2 (Autunno 2012)

GRUPPI	PUNTO 2 INCENDIO 2001/2009 (Autunno 2012)						TOT IND.	QBS-ar max
	Replica 1		Replica 2		Replica 3			
	Ind.	EMI	Ind.	EMI	Ind.	EMI		
Araneidi EMI 5	0		0		1	5	1	5
Acari	66	20	200	20	78	20	344	20
Diplopodi	1	20	1	20	0		2	20
Paupodi	28	20	14	20	2	20	44	20
Sinfili	11	20	3	20	2	20	16	20
Chilopodi	3	20	7	20	1	20	11	20
Proturi	0		7	20	13	20	20	20
Dipluri	0		3	20	0		3	20
Collemboli EMI 1	1		1		3		5	
Collemboli EMI 2	0		0		0		0	
Collemboli EMI 4	1		9		4		14	
Collemboli EMI 6	3	6	8		0		11	
Collemboli EMI 8	0		2		0		2	
Collemboli EMI 10	0		1	10	2	10	3	10
Collemboli EMI 20	0		0		0		0	
Coleottero EMI 10	0		1	10	0		1	10
Imenotteri					1		1	
Formiche	5	5	2	5	5	5	12	5
Larve Coleotteri	1	10	2	10	2	10	5	10
Larve Ditteri	5	10	2	10	2	10	9	10
Larve Lepidotteri	0		1	10	0		1	10
TOTALE	131		195		140		505	200

RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare la Prof.ssa Nocentini per avermi dato la possibilità di realizzare questo lavoro e tutto il personale C.F.S. della Riserva Naturale Statale di Montefalcone per la disponibilità e cortesia mostrata durante tutta l'attività di campionamento.

Ringrazio inoltre Donatella Paffetti per essere sempre stata disponibile nel rispondere a tutti i miei dubbi, per la pazienza e per tutto l'aiuto che mi ha offerto. Grazie anche a Davide Travaglini per la sua disponibilità e l'interesse dimostrato per il lavoro svolto. Un ringraziamento va a Franco Francesco Piemontese per essersi reso sempre disponibile durante i campionamenti del suolo e per la costruzione del settore Berlese Tüllgren.

Un ringraziamento speciale va a Silvia Fiorentini per il suo sostegno e la sua amicizia che non mi sono mai mancati, nemmeno nelle difficoltà. Grazie anche a Francesca Bottalico per i suoi insegnamenti e l'amicizia dimostrata in questi tre anni.

Un ringraziamento dal profondo del cuore va a mio marito Alessandro per essermi sempre vicino, per la pazienza che ogni giorno mi dimostra e per il suo contagioso ottimismo che fa apparire tutto un po' più semplice.

Infine vorrei ringraziare le mie nipotine, Sofia, Alice e Isabel che con la loro innocenza, la loro gioia, la loro energia e la loro spontaneità riescono a rendere ogni cosa più bella.

Ancora un grazie e un pensiero va al mio meraviglioso cane Holly che porterò per sempre nel cuore.