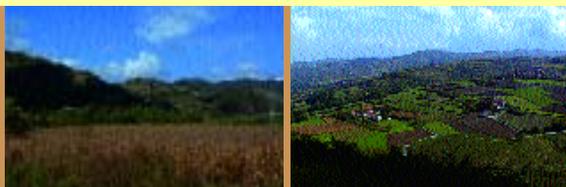


Tecniche di biomonitoraggio della qualità del suolo





*Area Tematica
Conservazione della natura*

TECNICHE DI BIOMONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DEL SUOLO

A cura di

Pierangela Angelini, Stefano Fenoglio, Marco Isaia,
Carlo Jacomini, Massimo Migliorini, Angelo Morisi

Ottobre 2002

© 2002 ARPA Piemonte - Ente di diritto pubblico
Via della Rocca, 49 -10124 Torino - tel. 011 8153222 fax 011
8153253
www.arpa.piemonte.it e-mail: cedap@arpa.piemonte.it

ISBN 88-7479-003-1



Stampato su carta riciclata sbiancata senza cloro.

Ideazione, impaginazione e stampa:
Gruppo ALZANI - Dall'idea alla stampa - PINEROLO (TO)

Informazioni legali: l'ARPA Piemonte o le persone che agiscono per conto dell'Agenzia stessa non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo documento.

Riproduzione autorizzata citando la fonte.

Indice

INDICE	3
PRESENTAZIONE.....	5
IL SUOLO	7
PROFILO DI UN SUOLO.....	8
<i>Lettieria</i>	8
<i>Orizzonte A</i>	9
<i>Orizzonte B</i>	9
<i>Orizzonte C</i>	10
CARATTERISTICHE DEL SUOLO E PEDOGENESI.....	10
LA SOSTANZA ORGANICA DEL SUOLO.....	13
<i>Funzioni della sostanza organica</i>	15
FATTORI AMBIENTALI CHE DETERMINANO LE CARATTERISTICHE BIOLOGICHE DEL SUOLO.....	16
FAUNA DEL SUOLO	19
I MICROARTROPODI DEL SUOLO E IL LORO RUOLO.....	23
TECNICHE DI RACCOLTA E DI OSSERVAZIONE DELLA FAUNA DEL SUOLO	25
RACCOLTE QUALITATIVE.....	25
<i>Metodi di raccolta qualitativa dei macroinvertebrati</i>	25
RACCOLTE QUANTITATIVE.....	26
LAVORO IN LABORATORIO.....	27
<i>Metodi Fisici</i>	28
<i>Metodi Dinamici</i>	28
VALUTAZIONE E ANALISI DEI DATI RACCOLTI.....	30
<i>Indici di qualità</i>	30
L'INDICE DI QUALITÀ BIOLOGICA DEL SUOLO OBS-AR	32
METODOLOGIE.....	37
<i>Materiali</i>	37
<i>Metodi</i>	41
CHIAVI PER IL RICONOSCIMENTO DEI PRINCIPALI INVERTEBRATI DEL SUOLO	50
<i>Chiave A</i>	50
<i>Chiave B</i>	51
<i>Chiave C: Arachnida</i>	52
<i>Chiave D: Exapoda</i>	53
<i>Chiave E: Coleoptera</i>	56
GLOSSARIO	57
TAVOLE ICONOGRAFICHE	59
ELENCO DELLE UNITÀ SISTEMATICHE RAPPRESENTATE.....	59
PROTURA.....	60
DIPLURA.....	61
COLLEMBOLA.....	62
ZYGENTOMA.....	63
MICROCORYPHIA.....	64

DERMAPTERA	65
ORTHOPTERA	66
EMBIOPTERA	67
BLATTARIA	68
PSOCOPTERA	69
HEMIPTERA (HETEROPTERA)	70
HEMIPTERA (HOMOPTERA)	71
THYSANOPTERA	72
COLEOPTERA	73
<i>Curculionidae</i>	74
<i>Staphylinidae</i>	75
<i>Carabidae</i>	76
<i>Elateridae</i>	77
<i>Pselaphidae</i>	78
<i>Cholevidae</i>	79
HYMENOPTERA	80
DIPTERA (LARVE)	81
ALTRI OLOMETABOLI (LARVE)	82
ALTRI OLOMETABOLI (ADULTI)	83
PSEUDOSCORPIONES	84
PALPIGRADI	85
OPILIONES	86
ARANEAE	87
ACARI	88
ISOPODA	89
DIPLOPODA	90
PAUROPODA	91
SYMPHILA	92
CHILOPODA	93
ALTRI GRUPPI	94
<i>Mollusca</i>	94
<i>Enchytraeidae</i>	95
<i>Lumbricidae</i>	96
<i>Nematoda</i>	97
ALLEGATI	98
CLASSIFICAZIONE DI USO DEL SUOLO (AREE AGRICOLE)	
SECONDO IL CODICE CORINE LAND COVER	98
PROPOSTA DI CLASSIFICAZIONE DI USO DEL SUOLO	
E CODIFICA DELLE TIPOLOGIE DI COLTURE	101
BIBLIOGRAFIA	103

PRESENTAZIONE

Il suolo italiano, nonostante il suo fondamentale ruolo ambientale, non è stato oggetto di ricerche adeguate relativamente al suo popolamento biologico, almeno per quanto concerne la sua componente animale. In particolare poche sono le indagini sulla struttura biocenotica del popolamento edafico nonostante, tra l'altro, l'interesse che ciò ha sotto il profilo applicativo in relazione al degrado ed all'inquinamento degli ecosistemi.

Pochi sono anche i manuali che possono essere utilizzati in ricerche di ecologia del suolo e ciò è il riflesso del disinteresse degli ecologi di base per questo strato basale degli ecosistemi terrestri, interesse nato tardivamente come dimostrato dal fatto che il primo manuale è apparso piuttosto tardivamente (Parisi, 1974).

È quindi con soddisfazione che presento questo testo rivolto specificamente a quanti hanno il compito di valutare lo stato di salute del suolo come gli operatori delle ARPA. Compito difficile e non solo per la scarsa conoscenza dell'ecologia dei nostri suoli, ma anche per la difficoltà intrinseca di una valutazione affidabile della qualità biologica del suolo.

L'ARPA del Piemonte svolge in questo settore un programma di indagine sul territorio di competenza di grande interesse anche generale e con spirito innovativo. Ne è dimostrazione l'applicazione di metodi nuovi e che avranno in queste indagini ulteriori ed estese convalide anche perché applicati in parallelo con altri di tipo fisico-chimico, sempre insostituibili, ma che per loro natura danno altri tipi di informazioni.

Il testo, steso con encomiabile chiarezza, potrà essere utilizzato da operatori che non hanno una specifica preparazione tassonomica e sarà comunque utile per quanti si occupano di ecologia del suolo, in quanto propone una procedura che renderà comparabili i risultati conseguiti da diversi gruppi di ricerca.

L'attività delle strutture pubbliche deputate al controllo ambientale (prima PMIP e LSP, poi ARPA), ad esclusione di poche e frammentarie eccezioni, si è a lungo tradizionalmente focalizzata sulle matrici acqua ed aria trascurando quella, non meno importante, rappresentata dal suolo. Quest'ultimo inteso nella sua veste di habitat fondamentale degli ecosistemi terrestri, appare ora come una nuova e promettente frontiera da esplorare per valorizzarne il potenziale significato di indicatore della naturalità e biodiversità, nonché di mezzo per la previsione e la stima degli impatti e, infine, di verifica delle iniziative di bonifica e ripristino. Uno degli approcci possibili fa capo al significato bioindicatore della fauna del suolo, la cui interpretazione può garantire una parte importante delle informazioni attese e, in prospettiva, guadagnarsi il consenso e l'autorevolezza che Licheni e Macroinvertebrati hanno ormai acquisito nel monitoraggio delle altre matrici ambientali come aria e acqua rispettivamente.

Questo manuale nasce dunque dalla consapevolezza di una lacuna da colmare e si propone di fornire, in merito all'ecologia ed alla sistematica della pedofauna, gli elementi conoscitivi di base indispensabili per effettuare in modo corretto il campionamento di matrice, l'estrazione della componente faunistica ed il suo riconoscimento, passaggi obbligati per arrivare al calcolo dell'indice sintetico di qualità biologica del suolo (QBS-ar, Parisi 2001), recentemente proposto e che ARPA Piemonte ha iniziato ad elaborare evidenziandone le molteplici potenzialità.

Il manuale si rivolge in primo luogo, ma non esclusivamente, a quegli operatori dell'Agenzia che per le loro competenze professionali di ambito naturalistico-ecologico e per le loro funzioni istituzionali sono coinvolti in problematiche correlate al suolo (in particolare aree tematiche Conservazione della Natura, Suoli e Rifiuti, VIA-VAS); in seconda battuta è prevedibile una ricaduta significativa delle conoscenze acquisite anche all'esterno dell'Agenzia, per esempio nel campo dell'educazione ambientale.

Si auspica che i primi confortanti segnali di interesse vengano confermati dalla intensificazione delle attività di campionamento e di analisi, i cui risultati rappresenteranno per l'Agenzia un nuovo ed efficace strumento di conoscenza del territorio, nonché di controllo e monitoraggio della qualità ambientale.

Pier Luigi Rampa

Area Progettazione Promozione e Produzione Servizi, ARPA Piemonte

Il suolo

Il suolo è un habitat estremamente vario, uno dei più ricchi di organismi di tutta la biosfera sia dal punto di vista tassonomico sia dal punto di vista numerico.

Secondo la natura della roccia madre, le condizioni climatiche, l'esposizione, la pendenza della zona in cui avviene la degradazione, si possono avere molti tipi di suolo, ciascuno strettamente correlato sia con la vegetazione sia con gli organismi che in esso vivono.

Il suolo, che può essere considerato quasi un ecotono in cui si intersecano l'atmosfera, l'idrosfera e la litosfera, è un **sistema integrato**, con ogni componente calibrata e coordinata con le altre, e in cui qualsiasi alterazione si ripercuote nel funzionamento di tutto l'insieme. Si tratta di una struttura dinamica, che ha una sua origine, una sua vita ed una fase terminale (Bernini *et al.* 1984).

Vi si possono riconoscere **fasi solide**, che possono essere suddivise in minerali ed organiche, **fasi liquide** formate dall'acqua che circola attraverso i pori e **fasi gassose**, che derivano in parte dalle stesse che costituiscono l'atmosfera soprastante, e in parte sono il risultato dei processi respiratori (aerobi ed anaerobi) delle componenti biologiche edafiche.

Nel 1911, Raman definiva il suolo come "lo strato superiore della crosta terrestre sottoposto alle intemperie. Esso è costituito da frammenti della roccia madre sbriciolati e rimaneggiati chimicamente, e da detriti di piante e animali" (Coineau, 1974).

Nel 1998 la FAO ha fornito una ulteriore definizione di suolo:

Il suolo è un corpo naturale continuo, le cui tre maggiori caratteristiche sono:

- L'organizzazione in strutture, specifiche per il mezzo pedologico. Queste strutture formano l'aspetto morfologico del suolo, derivano dalla sua storia e determinano le sue proprietà e la sua dinamica.

- La composizione, formata da costituenti minerali e organici, che comprende fasi solide, liquide e gassose.
- La costante evoluzione, caratteristica che assegna al suolo la sua quarta dimensione: il tempo.

Quando le condizioni sono favorevoli, le azioni congiunte dei fattori fisici, chimici e biologici portano alla formazione, sulla roccia madre e sotto la copertura vegetale, di uno strato relativamente complesso che evolve verso un certo equilibrio. Quando si raggiunge tale condizione si ha un suolo maturo. Un simile tipo di suolo è costituito da più strati disposti gli uni sotto gli altri.



Foto 1 - Un ambiente incolto

Profilo di un suolo

Il profilo di un suolo completamente sviluppato è composto dai seguenti orizzonti:

LETTIERA

L'orizzonte superiore (detto anche A_{00}) è formato dall'accumulo dei residui vegetali ed animali sulla superficie del suolo, vi si possono riconoscere, infatti, resti vegetali quali foglie di alberi, erbe secche, resti di muschi. Questo strato superficiale e semimobile è soggetto a marcate fluttuazioni dal punto di vista della temperatura e del suo contenuto in acqua, ciò nonostante vi possono permanere alcuni organismi adattati alle condizioni più stabili del suolo profondo.

Nella lettiera, i detriti organici sono sottoposti ad una lenta decomposizione sotto l'effetto dell'azione congiunta della microflora e della micro e meso-fauna che abita nello strato superficiale del suolo. Quest'orizzonte offre una buona protezione agli strati inferiori per quanto riguarda temperatura e umidità.



ORIZZONTE A

È lo strato in cui i residui della lettiera hanno subito modificazioni chimiche e fisiche, ad opera dei microrganismi e della pedofauna. Si può suddividere in tre ulteriori orizzonti, detti A_0 , A_1 ed A_2 .

• Orizzonte A_0

È formato da due diversi livelli: nel primo, chiamato **F** (fermentazione), sono presenti e ancora distinguibili i tessuti di partenza, è a questo livello che si incontra il maggior numero di organismi viventi, fra cui gli animali che operano la frammentazione dei tessuti (Coineau, 1974). Nel secondo strato, detto **H** (humus), la sostanza organica si trova in uno stadio avanzato di trasformazione. In questo strato si trovano anche le sostanze organiche di neosintesi, cioè che si sono formate nel suolo attraverso una serie di reazioni chimiche che costituiscono il processo di umificazione (Matthey *et al.*, 1992). I nutrienti che non sono immobilizzati nelle componenti biologiche, unitamente a particelle organiche ed argillose, sono portati via, cioè **lisciviati**, e questo è il motivo per cui tale orizzonte è detto **eluviale**.

• Orizzonte A_1

In questo orizzonte inizia a ridursi progressivamente la quantità di sostanza organica che, sminuzzata dagli animali e in parte rigettata sotto forma di "*pellets*" fecali, è ora resa più accessibile alla distruzione operata dai batteri.

• Orizzonte A_2

Generalmente, al di sotto dell'orizzonte A_1 si trova l'orizzonte A_2 . A questo livello, i resti vegetali più o meno decomposti ed i pellets fecali dei microartropodi sono mescolati a piccole parti minerali, costituite dalle sostanze eluviate superiormente e che, depositandosi, precipitano sotto forma di sali insolubili. Questo processo è favorito anche dall'azione meccanica svolta dagli anellidi (tale azione conferisce al suolo il tipico aspetto granulato). Comincia così la formazione dei complessi argillo-umici, il cui ruolo è decisivo per la vita delle piante (Coineau, 1974).

ORIZZONTE B

Sotto all'orizzonte A si trova uno strato di roccia madre fortemente decomposta, nel quale il tenore in humus decresce dall'alto verso il basso.

Questo strato è anche chiamato **orizzonte illuviale**, ed è caratterizzato dall'accumulo di sostanze provenienti sia dalla lisciviazione superiore sia dall'alterazione della roccia madre sottostante. È da questo strato che provengono gli elementi minerali che risalgono e si mescolano agli elementi organici dell'orizzonte A₂. La ripartizione della componente biotica non è omogenea in seno a questo orizzonte. Nelle parti compatte essa è poco presente, mentre raggiunge un grande sviluppo lungo i cosiddetti canali radicali ("*root channels*"), che sono canali che provengono dalla decomposizione delle radici morte e che costituiscono una vera intrusione dell'orizzonte A in seno all'orizzonte B. Allo stesso modo, le gallerie scavate dai vermi in quest'orizzonte costituiscono aree maggiormente favorevoli alla vita.

Orizzonte C

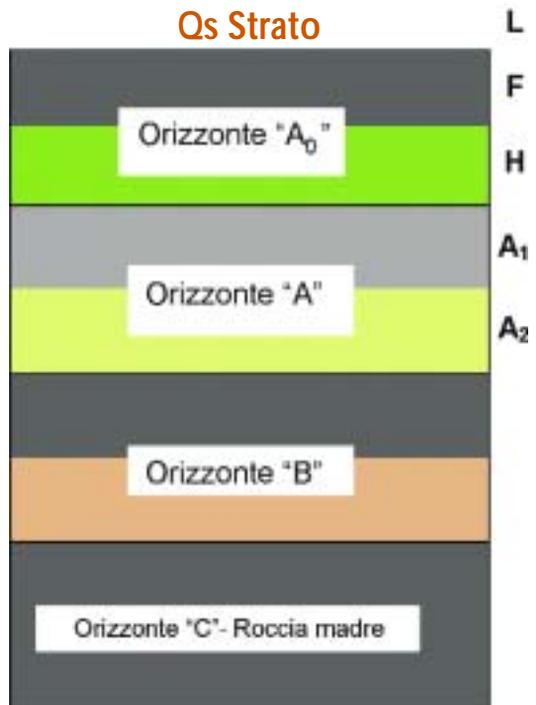
Vi si trova la roccia madre, in via di alterazione più o meno avanzata. In effetti, questo orizzonte rappresenta la transizione, più o meno marcata tra l'orizzonte B e la roccia madre.

Non in tutti i suoli si osserva il pieno sviluppo degli orizzonti descritti: spesso la lettiera e/o l'orizzonte B possono essere assenti, in altri casi bisogna, al contrario, considerare una suddivisione più approfondita.

CARATTERISTICHE DEL SUOLO E PEDOGENESI

Da un punto di vista fisico, due parametri di grande importanza per la caratterizzazione dei suoli sono la tessitura e la struttura.

Foto 2 - Schema profilo di un suolo





La **tessitura** è rappresentata dalla distribuzione percentuale delle particelle minerali a diversa granulometria: i sassi (< 2 cm), la ghiaia (da 2 cm - 2 mm), la sabbia grossolana (2 - 0,2 mm), la sabbia fine (0,2 - 0,05 mm), i fanghi grossolani (0,05 - 0,02 mm), i fanghi fini (0,02 - 0,002 mm), l'argilla (< 0,002 mm).

La **struttura** è un parametro che risulta fortemente influenzato dalla tessitura, consiste nello sviluppo di micro/macro aggregati a seguito delle interazioni fisiche e chimiche tra le componenti minerali e la sostanza organica stabile costituita dall'humus. La struttura influenza importanti proprietà fisiche dei suoli quali l'**aerazione**, la **permeabilità** e di conseguenza la **ritenzione idrica** totale di un suolo, ovvero il volume complessivo di acqua che un suolo può trattenere in modo temporaneo.

Le trasformazioni chimico-fisiche cui è soggetta la roccia madre nella **pedogenesi** sono influenzate notevolmente dalla natura dei composti minerali originari e dalle caratteristiche climatiche del sito. Il processo di formazione del suolo, infatti, coinvolge e dipende da una rilevante serie di variabili che contribuiscono a diversi livelli: escursioni termiche, differenti regimi di piovosità, erosione eolica, cui si associa l'azione dei microrganismi che giungono attraverso i processi di deposizione atmosferica prima, dopo e durante la colonizzazione da parte di organismi più complessi quali i licheni.

Nel percorso di colonizzazione, dal primo insediamento dei licheni a quello degli organismi vegetali superiori, possono passare molti anni. Durante questo processo, si verifica il progressivo accumulo di sostanza organica stabile (umificata) che rappresenta la componente essenziale perché si possa parlare di un suolo propriamente detto.

La disponibilità di nutrienti influenza l'attività degli organismi viventi nel suolo, che svolgono un ruolo fondamentale nel processo di pedogenesi e nel mantenimento delle caratteristiche strutturali e funzionali del suolo stesso.

Nella **pedogenesi** sono coinvolti numerosi tipi di microrganismi, tra i quali batteri, funghi, alghe e protozoi (Matthey *et al.*, 1992).

I funghi ed i batteri hanno un ruolo rilevante nelle trasformazioni che subisce il substrato organico e cioè:

- la **decomposizione** (la frammentazione dei polimeri organici nelle loro singole unità strutturali, monomeri);
- la **mineralizzazione**, (lo sviluppo di forme minerali semplici, a partire da composti organici di partenza polimerici o monomerici);
- l'**umificazione** (il processo di ripolimerizzazione a carico dei residui chimici delle due tappe precedenti).

La frammentazione dei polimeri organici (**cellulolisi, ligninolisi** e **proteolisi**) avviene tramite l'azione combinata degli organismi che vivono nel suolo. In particolar modo durante il processo di proteolisi vengono liberati amminoacidi, i quali per ammonificazione daranno ammoniaca che, a sua volta, per nitrificazione sarà convertita in nitrati.

Questi composti, in parte sono captati dalle popolazioni microbiche e dalle aree radicali (rizosfera) fornendo nutrimento, ed in parte vengono lisciviati.

La **mineralizzazione** può realizzarsi, a partire da resti vegetali, in presenza o meno di ossigeno e fornisce principalmente anidride carbonica (CO_2) e metano (CH_4), ma anche azoto (N_2 e NO_3^-) (Matthey *et al.*, 1992).

L'**umificazione**, cioè la formazione di composti organici complessi a partire dai resti vegetali (macromolecole: acidi fulvici con maggiori quantità di azoto e acidi umici con maggior contenuto di carbonio), è un processo assai complesso, che dipende dalle condizioni ambientali (aerazione, umidità, acidità, temperatura) e dalla composizione della materia organica umificabile (Matthey *et al.*, 1992).

Il contenuto di azoto delle foglie è molto importante nel processo di umificazione, le piante più comuni con rapporto C/N basso (da 16 a 24) sono robinia, ontano, olmo, frassino, e le graminacee: esse sono dette "miglioranti" e l'humus che formano è detto "**mull**".

Il mull può essere suddiviso in:

- mull calcico - è un humus basico (C/N vicino a 10), che si trova principalmente nel suolo privo di lettiera, a causa



della rapida decomposizione (ad es.: prato xerofilo su suolo calcareo);

- mull forestale - è un humus lievemente acido, con C/N compreso tra 10 e 20, e si trova principalmente nel suolo privo di lettiera, la cui mineralizzazione è rapida.

Le piante con C/N relativamente elevato (> 20) sono in generale le conifere (il pino silvestre, ad esempio, ha un valore pari a 65) e le ericacee; esse sono dette "acidificanti" e l'humus che formano è detto "**mor**", si tratta di un humus acido (con valori di pH tra 3,5 e 4,5).

Le piante con foglie che presentano rapporto C/N intermedio, come il carpino, le querce o il faggio, formano un humus detto "**moder**" (Matthey *et al.*, 1992).

La sostanza organica del suolo

La natura delle due principali costituenti del suolo, frazione minerale ed organica, fa sì che la prima sia presente prevalentemente negli strati sottostanti e la seconda in quelli più superficiali.

I principali input di sostanza organica nel suolo derivano dalle biomasse vegetali in crescita, e secondariamente dalle spoglie animali e microbiche.

In un suolo forestale il contributo principale di sostanza organica deriva dalla deposizione della lettiera, mentre in un suolo prativo la fonte principale è costituita dalla rizosfera (l'interfaccia radici-suolo) sotto forma di secreti, microsoluti rilasciati, cellule di sfaldamento, aree radicali morte.

Le componenti vegetali sono caratterizzate, in media, dalla presenza di frazioni più facilmente decomponibili quali proteine, polisaccaridi, acidi nucleici, lipidi ("pool a breve termine"), e da altre più resistenti alla decomposizione quali lignina, tannini, cere. ("pool a lungo termine") (Lucadamo, 1997).

Il pool a breve termine è caratterizzato da composti organici di origine biologica di recente aggiunta al suolo che, per la stessa natura dei suoi componenti chimici, ha un tasso di decomposizione variabile, ma relativamente rapido.

Il resto della sostanza organica, con un'emivita media di 4 anni, è dato da composti organici molto più resistenti al-



l'attività degradativa della microflora edafica. Tale tipo di sostanza organica si rinviene tardivamente nel suolo, rispetto al momento in cui pervengono i residui vegetali ed animali, e può essere identificato con le sostanze umiche.

L'humus, rappresenta la componente organica "stabile", e interagisce con le frazioni minerali per formare aggregati, le cui dimensioni e caratteristiche chimico-fisiche condizionano la struttura del suolo in alcune sue proprietà, quali l'aerazione o la ritenzione idrica.

Anche l'humus può essere decomposto e mineralizzato, sia pure molto lentamente, liberando nutrienti che torneranno ad essere fruiti dagli elementi biologici. La sua presenza quindi, assicura nel tempo un "deposito" potenziale di sostanze trofiche.

I **nutrienti** rappresentano quella categoria di ioni o molecole la cui assunzione è indispensabile per gli organismi viventi, siano essi vegetali, animali, funghi o batteri. Sono costituiti o derivano dalla combinazione di elementi che possono essere raggruppati, sulla base della loro rappresentatività percentuale, in **macroelementi** e **microelementi**.

I **macroelementi** sono le sostanze che si rinvencono con maggiore frequenza in tutte le principali molecole biologiche. Ossigeno, azoto, carbonio, idrogeno, sono gli elementi preponderanti, ma grande importanza hanno anche zolfo, fosforo, sodio, potassio, calcio, magnesio e cloro sotto forma di ione cloruro (Cl^-).

I **microelementi** sono richiesti in quantità estremamente ridotte, e per lo più si rinvencono all'interno di molecole enzimatiche o in quelle aventi il ruolo di "scambiatori di elettroni", quali i citocromi, le clorofille, i carotenoidi ecc. I più importanti sono: ferro, manganese, zinco, rame, cobalto, nickel, selenio, molibdeno, cromo, iodio come ioduro (I^-) e silicio.

Un aspetto fondamentale è la loro "disponibilità" per le componenti biologiche. Non è sufficiente che essi siano presenti in un certo volume di suolo, ma occorre che essi si trovino in uno stato chimico-fisico che li renda fruibili agli organismi viventi, vale a dire sotto forma di soluti nell'acqua che circola nel suolo.



Funzioni della sostanza organica

La sostanza organica presente nel suolo svolge molteplici funzioni:

• Funzioni strutturali

La sostanza organica svolge anche funzioni strutturali, partecipando allo sviluppo di aggregati di dimensioni variabili a seconda delle caratteristiche tessiturali del suolo. I suoli ben areati hanno scarsa capacità di ritenzione idrica, poiché gli aggregati organo minerali, essendo grossolani, presentano deboli forze di tensione superficiale; i suoli a tessitura argillosa, invece, sono poco areati (asfittici), ma hanno un alto contenuto idrico per l'elevato potenziale che caratterizza l'acqua presente.

• Funzioni di reattività chimica

Tutte le componenti biologiche giocano un ruolo fondamentale nel ciclo dei nutrienti. La presenza di gruppi acidi rende le molecole organiche chimicamente attive a seconda del pH della soluzione acquosa presente nel suolo. Ciò fa sì che un'aliquota delle funzioni acide sia nella forma deprotonata (carica negativa) e in grado di interagire con atomi o molecole recanti cariche positive. La sostanza organica ha dunque anche una funzione tampone.

Gli stessi principi regolativi valgono sia in un suolo boschivo sia in un suolo prativo, ma con caratterizzazioni specifiche.

• Funzioni trofiche

Sono svolte tramite la liberazione di nutrienti a seguito dei processi di mineralizzazione con il pool a breve termine che rende rapidamente disponibili i nutrienti. L'humus invece costituisce la scorta a lungo termine dei nutrienti in un suolo.

Una volta "liberati" in forma minerale, i nutrienti possono:

- essere immobilizzati nelle componenti biologiche (alta biodisponibilità);
- essere fissati sul complesso di scambio (alta biodisponibilità);
- entrare negli interstrati dei fillosilicati assumendo posizioni che li rendono difficilmente scambiabili (minore biodisponibilità);
- precipitare sotto forma di sali;
- essere lisciviati e trasportati negli orizzonti inferiori del suolo;
- raggiungere la falda freatica andandone ad influenzare la composizione.



Le componenti biologiche che in prima istanza fruiscono dei nutrienti liberati sono le popolazioni microbiche e le radici delle piante; la fauna edafica fruisce dei nutrienti attraverso le complesse reti alimentari o nutrendosi del detrito organico. Nel suolo quindi si chiudono i principali cicli biogeochimici degli elementi.

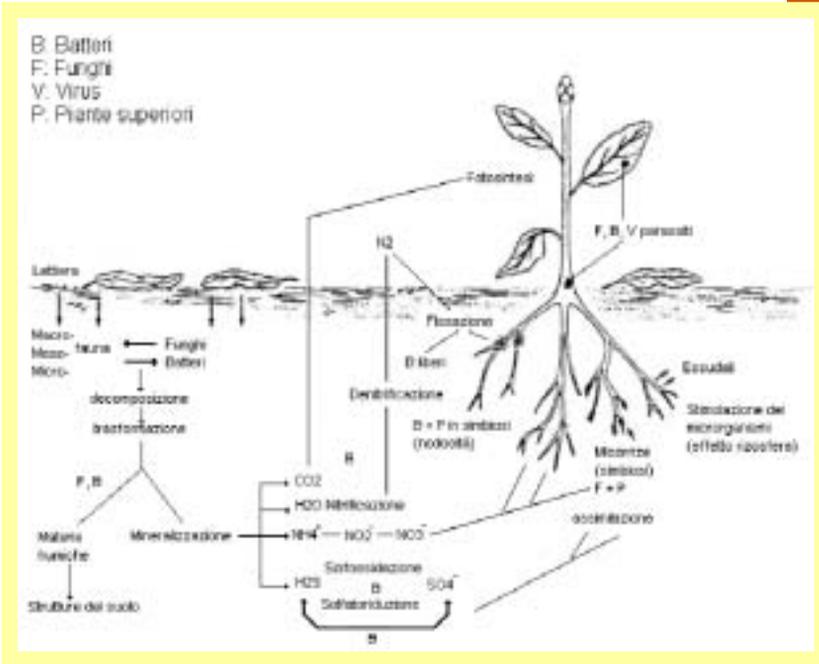


Figura 3 - Interazioni fra gli organismi edafici
(da Matthey et al 1992, modificato)

Fattori ambientali che determinano le caratteristiche biologiche del suolo

Diversi fattori ambientali contribuiscono a stabilire le caratteristiche biologiche del suolo:

• Temperatura

La temperatura può agire in modi diversi, generalmente a temperature più elevate le attività chimiche sono favorite, esse invece vengono ridotte dal freddo e cessano quando l'acqua presente nel suolo è gelata. Allo stesso modo le attività biolo-





giche sono incrementate dall'aumento della temperatura, e rallentate dalla sua diminuzione (Accordi *et al.*, 1993).

L'energia termica viene trasmessa al suolo dalle radiazioni solari, il flusso di calore viene propagato agli strati più profondi, ai quali arriva con minore intensità e maggiore ritardo (Coineau, 1974).

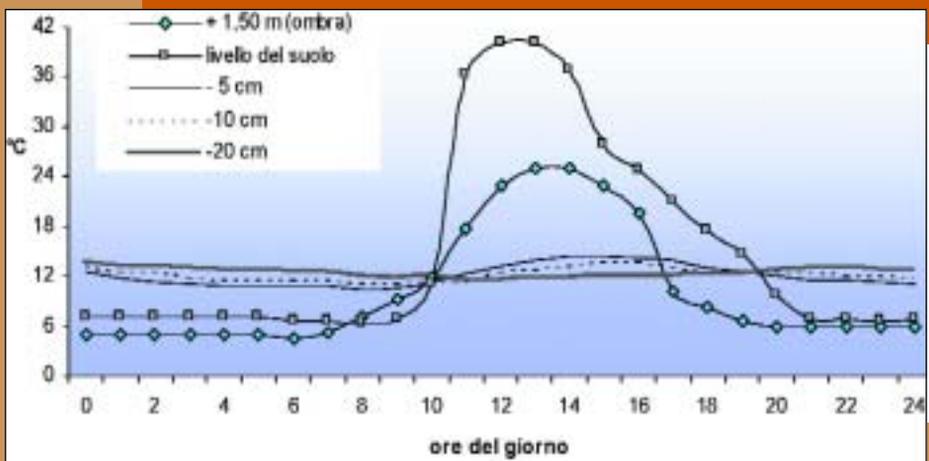
Le variazioni termiche seguono sia un ritmo stagionale sia un ritmo giornaliero. Le variazioni giornaliere sono per lo più riscontrabili sullo strato superficiale, in cui si sentono maggiormente gli effetti dei fenomeni meteorologici. Nelle ore calde del giorno, sotto l'effetto dell'insolazione, la temperatura si alza molto in superficie, ma scendendo in profondità le variazioni man mano tendono ad attenuarsi fino a scomparire.

In profondità, la temperatura presenta una bassa variabilità ed è in relazione con le medie annuali del luogo. Nel caso in cui sia presente una copertura vegetale le variazioni di temperatura vengono ulteriormente attenuate (V. fig. 4).

In generale, si può dire che in un suolo umido gli scarti di temperatura rispetto alla profondità sono meno evidenti che in un suolo secco. Inoltre, l'evaporazione che accompagna una precipitazione provoca un abbassamento della temperatura solo negli strati superficiali del suolo.

Le variazioni di temperatura sono importanti nello studio della fauna del suolo, in quanto ne inducono una migrazione verticale alla ricerca di una temperatura idonea alla loro sopravvivenza: in ogni caso, a causa della tendenza alla stabilità man mano che si scende negli strati inferiori, queste migrazioni non sono mai troppo consistenti (circa 10 - 15 cm).

Figura 4 -Variazioni delle temperature in un suolo forestale (da Parisi, 1974 modificato)



• **Acqua nel suolo**

L'acqua che si trova nel suolo occupa una parte dei suoi pori. Quest'acqua non circola liberamente ma viene trattenuta nei pori dalle forze fisiche che sono tanto maggiori quanto i pori sono più piccoli.

Su queste basi possiamo distinguere:

Acqua di gravità. E' l'acqua che dopo le precipitazioni riempie i pori di maggiori dimensioni per poi disperdersi per azione della forza di gravità.

Acqua capillare. L'acqua trattenuta nei pori con diametro compreso tra 0,2 e 8 μ .

Acqua igroscopica. Essa forma un sottile film di molecole trattenuto dalla pressione presente sulla superficie delle particelle di suolo.

• **Tenore di CO₂ dell'atmosfera del suolo**

Nell'atmosfera del suolo si trova un tenore di CO₂ più elevato di quello dell'atmosfera epigea; esso, in genere, risulta più elevato in primavera e in autunno, in seguito alla decomposizione delle materie organiche (Coineau, 1974).

• **Porosità**

La porosità determina le modalità di circolazione dei fluidi come l'aria e l'acqua. Un suolo poroso risulta ben aerato e possiede microcanali attraverso i quali possono circolare le sostanze, tale situazione lo rende un ambiente più favorevole allo svolgimento dei processi biologici (Coineau, 1974).

• **Luce**

La presenza di luce rappresenta un fattore inibitorio nei confronti degli organismi edafici, e molti di loro tendono a fuggire dagli strati superficiali alla ricerca di spazi più bui.

I suoli forestali, dove la luce è filtrata dalle chiome degli alberi, rappresentano l'ambiente preferito da parte di un gran numero di organismi edafici.

• **pH**

La concentrazione dello ione idrogeno nel suolo è influenzata dalla presenza di sali, CO₂ e cationi scambiabili. Il pH caratterizza il suolo anche dal punto di vista biologico. Le biocenosi presenti nei suoli acidi, infatti, si differenziano notevolmente da quelle dei suoli alcalini, tuttavia mancano studi approfonditi che possano fornire informazioni più precise a questo riguardo.

Fauna del suolo

Da un punto di vista funzionale, gli animali che vivono nel suolo (detti anche pedofauna o fauna edafica) si possono suddividere in **predatori**, che si nutrono di altri organismi viventi, e **detritivori**, che utilizzano quali fonti alimentari residui organici di origine animale o vegetale già parzialmente degradati e quindi a contenuto energetico più basso.

- I detritivori hanno un ruolo fondamentale per le trasformazioni fisiche e chimiche che arrecano al terreno in quanto:
- Ingeriscono ed espellono continuamente particelle organico-minerali di suolo;
- Contribuiscono al continuo rimescolamento degli strati presenti nel suolo attraverso il loro movimento;
- Contribuiscono alla redistribuzione nel suolo di composti organici, di nutrienti e delle cellule microbiche che fuoriescono vive al passaggio attraverso il tubo digerente;
- Migliorano l'aerazione e la permeabilità scavando canali.

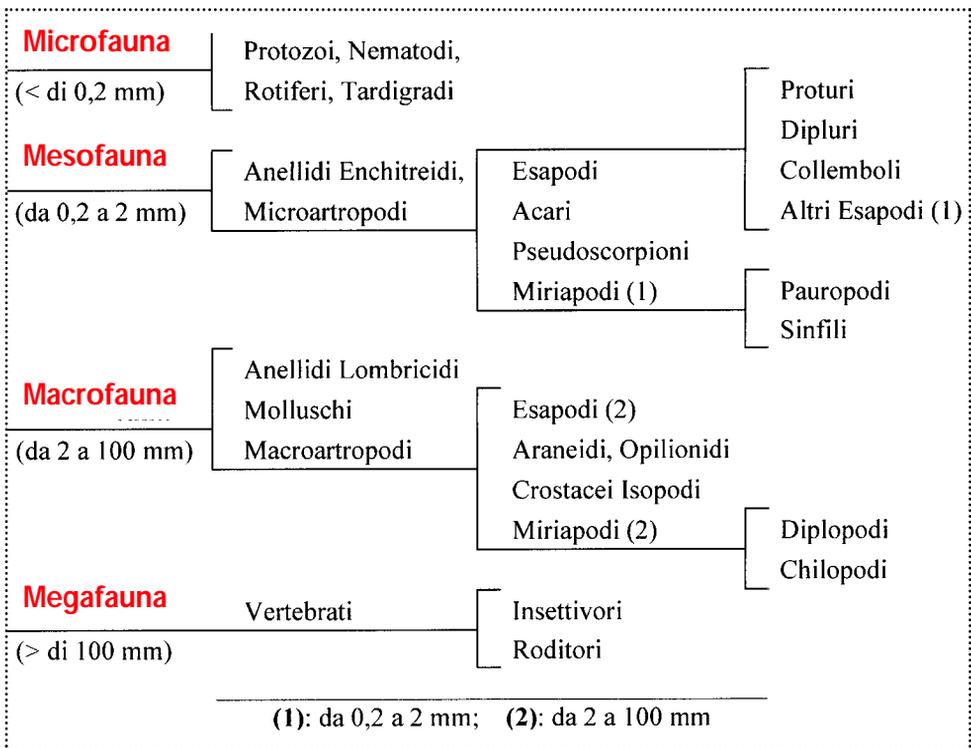
Le dimensioni determinano il ruolo trofico svolto dalla fauna edafica nelle reti alimentari; relativamente a ciò si possono distinguere tre sottoinsiemi principali (Lavelle, 1997; Jacomini *et al.*, 2000):

- le **micro-reti**, che agiscono prevalentemente in un'area d'azione assai ristretta, nell'ordine di qualche centimetro cubico, composte dagli animali più piccoli (protozoi, rotiferi, tardigradi, nematodi), che si cibano di materia organica particolata, batteri, alghe, lieviti e funghi. Di regola, a questo gruppo appartengono gli organismi di dimensioni inferiori a 0,2 mm. Si tratta per lo più di esseri viventi idrofili, legati alla pellicola d'acqua che riveste le cavità del suolo (*hydrobios*), alla rizosfera e alla lettiera, che necessitano quindi di un elevato tenore di umidità. Spesso sono capaci di resistere alla siccità incistandosi, o rallentando le funzioni vitali. Il tempo di sviluppo di una sequenza successionale (**tempo ecologico**) è dell'ordine di giorni o mesi; il tempo di **turnover biologico** (quello necessario ai flussi di nutrienti per ricomporre le riserve di nutrienti) varia da un giorno a una settimana.

- le **meso-reti**, alle quali appartengono gli organismi di dimensioni comprese tra 2 e 0,2 mm. All'interno di questo gruppo si trovano per lo più i cosiddetti "trasformatori della lettiera", rappresentati da acari, collemboli, enchitreidi, piccoli miriapodi, larve di ditteri e alcuni gruppi di coleotteri. L'ordine di grandezza spaziale varia da qualche centimetro a pochi metri; il tempo ecologico varia da una settimana ad alcuni mesi, il tempo di turnover biologico da giorni a mesi.
- le **macro-reti**, popolate dai cosiddetti "ingegneri del suolo" (nel senso che sono in grado di cambiarne sostanzialmente la struttura): termiti, formiche, coleotteri, lombrichi, fino ad arrivare alle talpe. Il tempo ecologico varia da qualche settimana a mesi, quello di turnover biologico impiega mesi o anche anni.

È quindi possibile classificare la pedofauna in base alle dimensioni degli organismi:

Figura 5
Dimensioni dei
diversi gruppi
della fauna edafica



Nel suolo, forse più che in ogni altra matrice ambientale, esistono relazioni molto complesse all'interno delle bioce-nosi. Qui è possibile trovare sia organismi che trascorrono solo una parte del loro ciclo vitale nel suolo, sia organismi che vi risiedono in permanenza.

Le forme **edafoxene** soggiornano nel suolo solo per una parte del loro ciclo vitale, esse possono avere o meno un ruolo attivo nella formazione del suolo.

Le forme **edafobie** passano l'intera vita nel suolo: gran parte dei microartropodi sono gli esempi più tipici.

Molti elementi della pedofauna possono essere collegati ai differenti ambienti del suolo: superficie, annessi, ecc.

L'**ambiente umicolo** (legato agli strati più superficiali del suolo) è ricco di materia organica ed è il più popolato. In superficie il suolo si diversifica ed arricchisce in un mosaico di microambienti particolari, tra cui si possono riconoscere i cosiddetti ambienti annessi: **ambiente muscicolo** (legato ai muschi), **lapidicolo** o sassicolo (massi o sassi), **saprossilico** (tronchi in decomposizione). Tali ambienti svolgono un ruolo di rifugio, oltre ad essere abitati da comunità specializzate. L'**ambiente saprossilico** è caratterizzato da numerosi animali xilofagi, che decompongono il legno, preparando il terreno agli invertebrati umicoli, che restituiranno gli elementi al suolo.

La fauna dell'**ambiente endogeo** (orizzonte B) è più povera, ma ancora più specializzata. L'ambiente endogeo può essere messo in relazione con l'**ambiente cavernicolo** attraverso l'**ambiente freatico terrestre** e con quello **freatico in senso stretto**.

Gli animali che vivono nel suolo presentano caratteri tipici (indipendenti dalla selezione naturale), congruenti all'ambiente in cui essi vivono. Tali caratteri sono ad esempio la riduzione o la perdita degli occhi (**anoftalmia**) oppure la riduzione della pigmentazione secondo un gradiente legato alla profondità (**depigmentazione**).

Adattamenti specifici alla vita nel suolo (derivati dalla selezione naturale) sono invece la sensibilità alle variazioni della temperatura e dell'umidità in base alla profondità, la presenza di organi igrorecettori, chemiorecettori e termorecettori e la riduzione delle appendici.



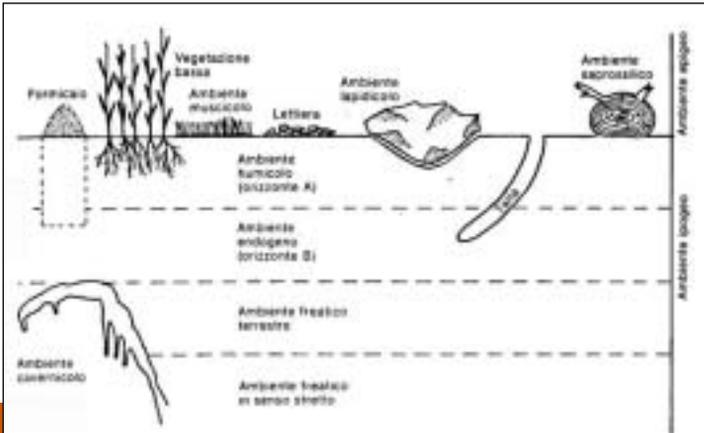


Fig. 6 - Diversi tipi di ambienti che si trovano nel suolo
(da Matthey et al ,1992)



Fig. 7 - La fauna del suolo nel suo ambiente naturale

Il numero di organismi viventi nel suolo varia notevolmente non solo in funzione del tipo di terreno e di vegetazione, ma anche in relazione alla latitudine, altitudine, esposizione (Tab.1) e stagione considerata. Così ad esempio, la densità dei gruppi edafici in una querceta è molto diversa rispetto a quella di una faggeta nella medesima regione.

Notevoli differenze si possono rilevare anche in suoli forestali dello stesso tipo ma che si trovano a latitudini e/o condizioni climatiche diverse.



Tabella 1 - Valori medi della densità per metro quadrato di alcuni gruppi di animali edafici (*da Bernini et al, 1984*)

ORGANISMI	SUOLI FORESTALI		SUOLI DI PRATERIA E COLTIVI
	QUERCETA	FAGGETA	
Protozoi	200.000.000	200.000.000	10.000.000
Rotiferi	680.000	200.000	1.000.000
Tardigradi	80.000	13.000	150.000
Nematodi	4 - 30.000.000	12.000.000	3.000.000
Molluschi	50 - 100	20 - 40	50 - 200
Anellidi Enchitreidi	20.000 - 60.000	150.000	20.000 - 120.000
Anellidi Lumbricidi	50 - 100	40	300 - 1.000
Crostacei	2.000	1.000	-
Araneidi	50 - 120	230	200
Acari Oribatei	100.000 - 300.000	150.000 - 360.000	40.000 - 100.000
Altri Acari	50.000	60.000	80.000
Altri Aracnidi	10 - 25	25 - 55	20
Sinfili	500 - 1.500	100	800 - 1.800
Diplopodi	100 - 300	50	50
Chilopodi	100	50	30
Collemboli	200.000	58.000 - 150.000	10.000 - 100.000
Altri Apterigoti	400	200	150
Coleotteri	200 - 1.000	200 - 800	300 - 800
Ditteri (larve)	300 - 1.200	100 - 400	100 - 300
Altri Pterigoti	100	100	200
Vertebrati	1 - 5	1 - 2	2 - 10

I microartropodi del suolo e il loro ruolo

Il ruolo dei microartropodi del suolo può essere distinto in:

Ruolo fisico (meccanico)

Un gran numero di microartropodi rappresentano i veri frammentatori della lettiera (fig. 8). La loro azione di triturazione del detrito organico viene esplicitata in maniera minuziosa e facilitano l'attacco da parte dei microrganismi.

I microartropodi, quindi, possono essere considerati degli attivi pre-decompositori. Inoltre, col loro passaggio operano un'azione capillare di apertura e rivestimento dei

microcanali di aerazione del suolo, partecipando attivamente alla strutturazione dello stesso.

Ruolo chimico

Il percorso digestivo dei microartropodi può influenzare l'incorporazione nel suolo dei composti organici, per la formazione di complessi organici e organico-minerali. Quest'azione è comunque quantitativamente meno importante di quella svolta da Lumbricidi ed Enchitreidi.

Ruolo biologico

La pedofauna contribuisce al processo di decomposizione influenzando la biomassa e l'attività della comunità microbica sia direttamente, pascolando selettivamente su funghi e batteri, sia indirettamente, attraverso la triturazione della sostanza organica, la dispersione di propaguli, e l'aumento del turnover dei nutrienti (Cragg & Bardgett, 2001; Kandeler *et al.*, 1999; Travè *et al.*, 1996).

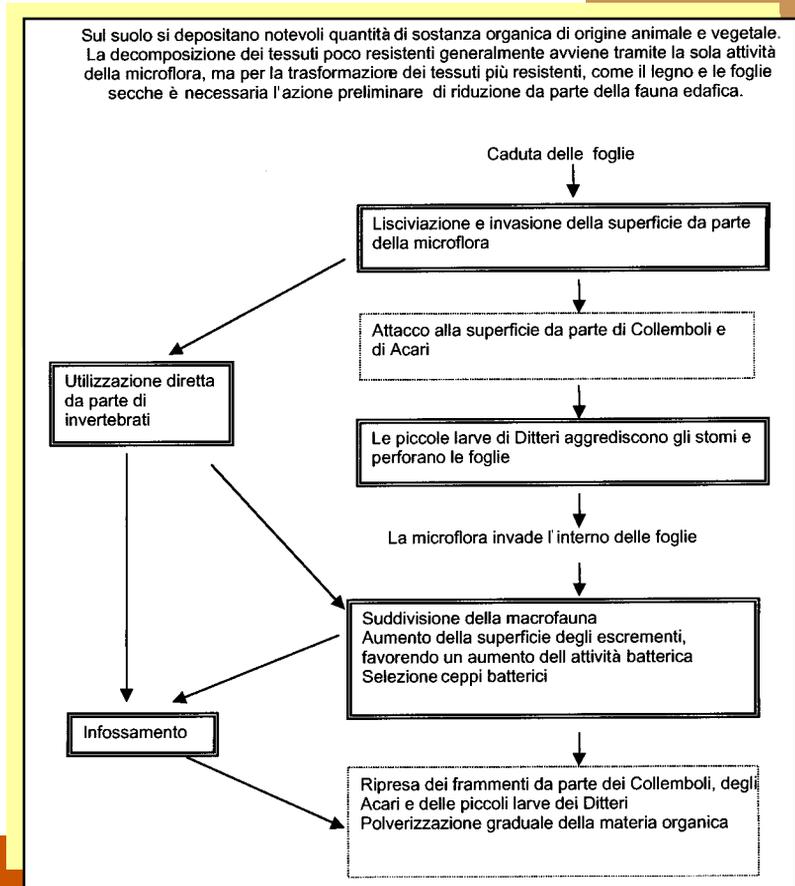


Figura 8
La degradazione della lettiera nell'ambiente forestale (da Matthey *et al* 1992, modificato)

Tecniche di raccolta e di osservazione della fauna e del suolo

In qualsiasi ricerca naturalistica, una delle tappe fondamentali è la gestione dei dati di campo.

Ogni disciplina ha le sue tecniche di campionamento, che sono legate all'ecologia e allo stile di vita della cenosi indagata. Fondamentale è lo **scopo della ricerca**, che deve essere pianificato e ben definito prima di effettuare qualsiasi tipo di campionamento. Sulla base dell'obiettivo, andrà scelta la strategia di campionamento.

Si distinguono metodi di raccolta qualitativi e quantitativi.

Raccolte qualitative

Sono utilizzate, in genere, per identificare i gruppi presenti in una certa area. Per la maggior parte della fauna del suolo, i campionamenti si basano su raccolte di una certa quantità di terreno da riporre in sacchetti di plastica utilizzando una semplice paletta da giardinaggio o una vanga.

Metodi di raccolta qualitativa dei macroinvertebrati

Uno dei metodi più usati per le raccolte qualitative dei macroinvertebrati edafici è quello della **cattura a vista** (con o senza aspiratore). Durante quest'operazione non bisogna trascurare l'esplorazione degli ambienti muscicoli, saproscillici, lapidicoli, corticicoli (licheni delle cortecce).

Il materiale raccolto verrà posto in sacchetti di plastica o in provette, ponendo cura ad etichettarli con tutte le indicazioni utili (luogo, data, biotopo).

Mediante questo tipo di campionamento, in genere si ottengono dati relativi al popolamento faunistico e quindi della biodiversità del suolo di una certa area.

Possono essere creati elenchi faunistici che saranno tanto più dettagliati quanto più esteso sarà stato il campionamento e possono essere messi in relazione tra di loro aree, o gruppi di aree sulla base della presenza/assenza delle specie individuate.

Raccolte quantitative

Questo tipo di campionamento prevede la raccolta di quantitativi standard di suolo.

Prima di adottare qualsiasi strategia di campionamento quantitativo è necessario conoscere le caratteristiche principali del gruppo animale che si intende studiare, questo perché la fauna del suolo tende a distribuirsi in maniera stratificata, seguendo le caratteristiche dei microhabitat, gli andamenti climatici stagionali e la fenologia dei singoli gruppi. Inoltre si deve provvedere alla caratterizzazione dell'area d'indagine.

Questo tipo di campionamento permette di acquisire dati più "elastici" dei precedenti. Infatti i campionamenti qualitativi standardizzati permettono di confrontare l'incidenza delle specie e delle loro abbondanze relative nello spazio e nel tempo.

Relativamente ad altri artropodi di taglia maggiore come ad esempio i Coleotteri Carabidi (comunemente considerati ottimi bioindicatori) vengono utilizzate le cosiddette trappole a caduta (*pitfall traps*) che vengono disposte nel terreno in genere all'interno di aree predefinite e caratterizzate da un punto di vista fito-sociologico e geo-pedologico. Spesso la posizione delle trappole si estende lungo un **trasetto**, cioè un asse ipotetico che taglia l'area prescelta in maniera tale da rappresentare il maggior numero di ambienti presenti.

Le trappole, costituite da becker di plastica da 500 ml (alti 12 cm e del diametro di 10 cm), muniti di sfogo per l'acqua piovana (un foro allungato di circa 15 mm posto a due terzi dal fondo) sono interrate sino all'orlo. Per proteggere ulteriormente le trappole da eventuali corpi estranei (foglie, rametti ecc.) possono essere utilizzati dei piccoli ripari formati da un disco di plastica di 15 cm di

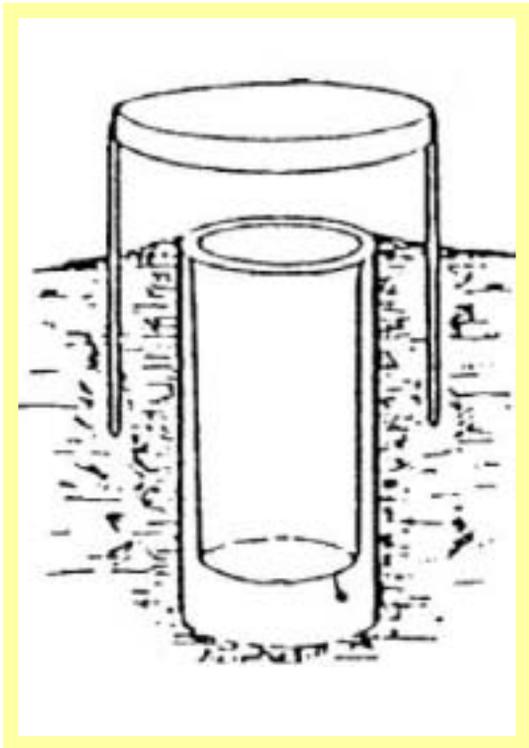


Figura 9 - Trappola a caduta
(da Matthey et al 1992,
modificato)

diametro mantenuto sospeso dal suolo a circa 5 cm tramite degli opportuni spessori. Le trappole, poste all'interno dell'area in maniera tale da essere equidistanti le une dalle altre, sono riempite del liquido attrattivo e/o conservante (costituito da una soluzione di aceto di vino e formalina, ma anche da glicole etilenico, alcool a 70%, ecc) e rinnovate periodicamente.

Per la mesofauna del suolo in genere vengono individuate e caratterizzate delle aree (ad es. di 10 m x 10 m) all'interno delle quali verranno effettuati campionamenti possibilmente

in maniera ripetuta nel tempo. Tali raccolte verranno effettuate raccogliendo quantitativi standard di suolo possibilmente utilizzando un carotatore (detto anche carotiere), in mancanza del quale può essere usato un comune piantabulbi da giardinaggio.

Il carotatore è uno strumento in grado di raccogliere quantità precise di suolo, ciò è particolarmente utile nelle indagini quantitative.

Inoltre, utilizzando strumenti adeguati, è anche possibile raccogliere materiale in profondità, in maniera tale da sondare i vari orizzonti del suolo.



Figura 10 – Un semplice piantabulbi può essere utilizzato come carotatore

Lavoro in laboratorio

Esistono due metodologie principali per la separazione degli invertebrati dal suolo in cui vivono. La prima si basa su principi fisici, cioè sulle differenze nella gravità specifica tra gli invertebrati e il suolo, così da poter essere separati in una fase liquida o sulla base delle proprietà idrofobiche della cuticola dei vari artropodi (Bater, 1996).

Una volta che gli invertebrati sono stati separati dalle particelle di suolo, essi galleggeranno sulla superficie della soluzione. Comunemente sono usate acqua salata (salamoia), zucchero o solfato di magnesio.

La seconda metodologia si basa su metodi dinamici, vale a dire sull'applicazione al campione di suolo di uno stimo-



lo fisico in maniera tale da guidare gli invertebrati in un recipiente di raccolta (Bater, 1996).

Metodi Fisici

• Flottazione e Lavaggio

Quando un campione di suolo è inserito in una soluzione più densa dell'acqua (possono essere usate soluzioni di acqua-benzene, acqua-etere, acqua-solfato di magnesio, acqua-kerosene, ma anche solamente acqua-cloruro di sodio), tutti gli animali che non sono intrappolati nelle particelle di suolo vengono in superficie. Purtroppo, anche una grande quantità di sostanza organica sale sulla superficie della soluzione. Per aumentare l'efficienza della tecnica, prima della flottazione, si consiglia di lavare il suolo utilizzando una serie di setacci a maglia di dimensioni decrescente per separare le particelle più grandi da quelle via via più piccole.

Metodi Dinamici

Esistono diversi sistemi per estrarre la fauna edafica. Per la microfauna (Anellidi Enchitreidi, Nematodi, Rotiferi e Tardigradi), legata al velo d'acqua che ricopre le particelle di suolo, si utilizza il *wet-funnel method* tramite l'apparato di O'Connor o quello di Baermann (fig. 11).

• Wet-funnel method

Per allestire quest'ultimo, si sistema, su un supporto metallico, un imbuto di vetro e si inserisce attorno alla sua parte inferiore un tubo di caucciù, chiuso con una pinza.

Nella parte superiore dell'imbuto si dispone una rete metallica di 1 mm di maglia, su cui sistemare il campione di suolo, quindi si riempie progressivamente d'acqua l'imbuto, fino a che la base del campione viene in contatto con essa, così da imbibirlo.

Si sistema una lampada sopra l'imbuto per aumentare la temperatura dell'acqua nel campione e sulla sua superficie. Gli animali lasceranno la zona riscaldata e asfittica per raccogliersi alla base dell'imbuto.

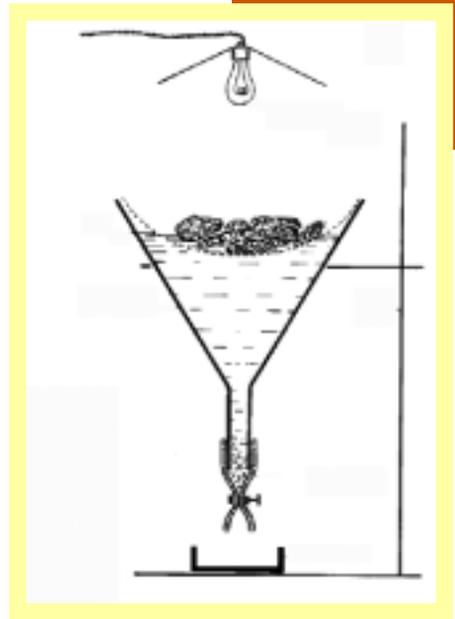


Figura 11- Estrattore di Baermann
(da Matthey et al 1992, modificato)

Infine, disponendo sotto l'imbuto un contenitore di raccolta e aprendo con attenzione il tubo di caucciù, si lascia passare l'acqua in cui sono raccolti gli animali.

• Estrattore Berlese-Tullgren modificato

Si tratta di un apparecchio semplicissimo e conveniente, è usato comunemente per l'estrazione dei microartropodi (mesofauna) del suolo.

Il campione di suolo viene posto su una griglia metallica (maglia 2 mm) montata sull'estrattore, che può avere una intelaiatura in legno, plastica o essere composto da un semplice imbuto (fig. 12).

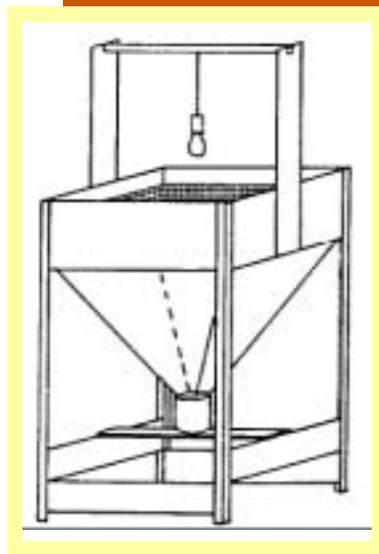
Sotto l'effetto del disseccamento progressivo della terra, causato dal calore di una lampada ad incandescenza posta sopra l'estrattore, gli organismi tendono a spostarsi verso il fondo del campione e, alla fine, quelli di dimensioni adeguate passano attraverso le maglie del setaccio e cadono in un recipiente. Il materiale così raccolto prende il nome di **selettura**.

Il recipiente deve contenere un conservante (ad esempio alcool 75% due parti, glicerina una parte) se si desidera fissare gli organismi oppure, se si vuole conservare la fauna viva, basterà disporre sul fondo della carta da filtro bagnata, oppure un piccolo strato di gesso, che dovrà essere mantenuto umido. In questo caso gli animali devono essere raccolti giornalmente.

La durata dell'estrazione dipende alla quantità di suolo sistemata sulla griglia. In genere, si consiglia un minimo di 7 – 10 giorni per piccole quantità di suolo, aumentando fino ad uno o due mesi per quantità maggiori.

Figura 12
Estrattore Tullgren-Berlese modificato¹

(da Matthey et al 1992, modificato)



¹ L'estrattore Tullgren-Berlese in origine era un sistema chiuso, in cui la lampadina non era visibile dall'esterno. La versione modificata dell'estrattore Tullgren-Berlese non prevede pareti attorno alla lampadina. Per la sua semplicità realizzativa questo sistema a tutti gli effetti è diventato lo standard per la raccolta della mesofauna del suolo.

Valutazione e analisi dei dati raccolti

La valutazione dei dati raccolti permette, in un primo momento, di familiarizzare con questo complesso insieme di organismi. In un secondo momento è possibile evidenziare le interazioni biologiche e il ruolo che questi organismi svolgono nell'ecologia del suolo. Possono inoltre essere stabiliti interessanti confronti tra le biocenosi caratteristiche di diversi biotopi. In particolare i dati raccolti con metodologie standardizzate possono essere trattati statisticamente oppure, utilizzando l'analisi multivariata, possono essere confrontati e correlati sulla base di variabili ambientali e chimico-fisiche dei suoli. Possono inoltre essere misurati ed analizzati anche gli andamenti temporali dei dati raccolti.

Indici di qualità

Per la valutazione della qualità del suolo, un approccio spesso utilizzato, specie per gli ambienti forestali, è quello di basarsi sulla **densità** degli organismi, cioè sul numero totale di animali trovati in una data quantità di suolo. Questa metodologia presenta, però, alcuni problemi legati alla sua natura quantitativa; inoltre, non considera il numero di taxa presenti e quindi la biodiversità del campione.

La diversità specifica è interpretata in molti casi come un indicatore di qualità degli ecosistemi, essa può essere considerata come risultante di due componenti: il numero di specie (ricchezza) e l'equiripartizione che si riferisce all'abbondanza di individui delle diverse specie. In questi ultimi decenni sono stati proposti vari indici nel tentativo di combinare sia la ricchezza specifica sia l'equiripartizione in un unico valore (Indice di Diversità Shannon, Indice di Ricchezza di Margalef, Indice di dominanza di Simpson, Indice di Equiripartizione di Pileou, ecc.).

Una delle maggiori critiche a questi tentativi è stata quella di combinare e quindi anche di "confondere" diverse variabili che caratterizzano la struttura delle comunità, e cioè:

- a) numero di specie,
- b) abbondanza relativa delle singole specie
- c) omogeneità e dimensione delle aree di campionamento.



La maggior parte degli indici sono indipendenti dalle dimensioni del campione, in quanto si basano sulla relazione tra numero di specie e numero di individui che, generalmente cresce al crescere delle dimensioni del campione. Spesso però questi indici risultano variamente sensibili alle specie molto abbondanti (Indice di Simpson) o alle specie rare (Indice di Shannon) (Ludwig e Reynolds, 1988).

Inoltre nel calcolo di questi indici non si tiene conto del "valore ecologico" dei diversi taxa, quindi della loro diversa sensibilità alle alterazioni ambientali. In molti casi infatti valori elevati possono essere causati dalla presenza di specie invasive piuttosto che dalla presenza di una comunità faunistica ben strutturata.

Un altro indice che è spesso utilizzato, nato dai ricercatori della scuola francese, è il **rapporto acari/collemboli**. Si tratta di un parametro che può essere facilmente determinato, e rappresenta un buon indicatore. Esso si basa sul principio che in suoli degradati, che hanno avuto diversi tipi di modificazioni del loro ambiente naturale, il rapporto va a svantaggio degli acari, in pratica c'è una diminuzione di questi ultimi. In realtà questo parametro, pur essendo spesso utilizzato in ecologia del suolo, varia moltissimo negli ecosistemi, non esistono riferimenti precisi, e il confronto dei valori non è sempre attuabile (Jacomini *et al*, 2000).



L'indice di qualità biologica del suolo QBS-ar



Come si può operare, quindi, su un campione di suolo in termini di bioindicazione? In questa fase di sviluppo della conoscenza del suolo dal punto di vista biologico, è necessario disporre di un indice che sia affidabile e di agevole applicazione, con lo scopo di indicare se esiste uno stato di sofferenza dell'ambiente.

A causa delle notevoli difficoltà legate alla determinazione tassonomica, l'approfondimento sistematico è spesso un fattore limitante nei sistemi di monitoraggio biologico, che privilegiano l'aspetto ecologico a quello tassonomico - specialistico. Un approccio che consente di superare di tali difficoltà è l'applicazione dell'indice di Qualità Biologica del Suolo basato sulla presenza dei microartropodi (QBS-ar) (Parisi, 2001).

Il principio sul quale si basa l'**indice QBS-ar** è quello dell'adattamento più o meno marcato degli animali alle condizioni ambientali, a prescindere dalla tassonomia. Questo comporta l'introduzione del concetto di "**forme biologiche**", in altre parole **l'insieme di organismi che presentano determinate modificazioni delle strutture morfologiche finalizzate a adattarsi all'ambiente in cui vivono** (Parisi, 2001).

L'adattamento rende evidenti fenomeni di convergenza a livello morfologico: ad esempio, nelle forme che vivono nel suolo, i caratteri condivisi sono la piccola dimensione, la depigmentazione, l'anoftalmia, ecc. Il punto importante, quindi, è quello di considerare un insieme di caratteri, facilmente leggibili, che permetta di valutare il livello di adattamento alla vita del suolo.

In alcuni gruppi, adattamenti morfologici variano nelle diverse specie, dipendendo, dallo strato in cui essi vivono: all'interno di alcuni taxa sono presenti forme **edafobie** (che compiono l'intero ciclo vitale all'interno del suolo), forme **edafoxene** (che compiono solo parte del ciclo vitale nel

Tabella 2 - Valori dell'indice ecomorfologico EMI (da Parisi, 2001)

GRUPPO	PUNTEGGIO
Proturi	20
Dipluri	20
Collemboli	1-20
Microcoryphia	10
Zygentomata	10
Dermatteri	1
Ortotteri	1-20
Embiotteri	10
Blattari	5
Psocotteri	1
Emitteri	1-10
Tisanotteri	1
Coleotteri	1-20
Imenotteri	1-5
Ditteri (larve)	10
Altri olometaboli (larve)	10
Altri olometaboli (adulti)	1

GRUPPO	PUNTEGGIO
Pseudoscorpioni	20
Palpigradi	20
Opilioni	10
Araneidi	1-5
Acari	20
Isopodi	10
Diplopodi	10-20
Paupodi	20
Sinfili	20
Chilopodi	10-20

suolo), forme **epigee** (che vivono sopra la superficie), **ipogee** (che vivono dentro il suolo) e forme legate alla lettiera. In altri taxa, invece, tutte le specie posseggono un totale adattamento alla vita del suolo, ed essi possono essere considerati un'unica forma biologica.

La costruzione di "fasce di adattamento" che sono indipendenti dalla tassonomia, rappresenta sicuramente un enorme vantaggio poiché permette di superare i problemi legati alla determinazione delle specie. Ciò permette anche di prescindere dallo stadio del ciclo biologico nel quale un organismo è trovato: alle larve di certi gruppi sistematici, infatti, sono attribuiti valori ben differenti da quelli che sono attribuiti agli adulti.

Ad ogni gruppo, quale parametro di misura del valore ecologico, è attribuito un punteggio, che può variare da un minimo di 1, attribuito alle forme poco o nulla adattate alla vita edafica, ad un massimo di 20 per le forme che presentano il massimo adattamento alla vita edafica. Questo valore è chiamato **indice ecomorfologico (EMI)** e può variare all'interno delle diverse unità sistematiche.

La tabella 2 mostra l'elenco dei gruppi sistematici di **microartropodi** presenti nella fauna italiana, con relativo valore legato al grado di adattamento alla vita edafica.

Gruppi	EMI
Ortotteri	
in generale	1
fam. Grillidae	20
Emitteri	
forme epigee	1
larve cicala	10
Coleotteri*	
forme epigee	1
dimensioni <2mm	4
tegumenti sottili colori testacei	5
microatterismo atterismo	5
microftalmia anoftalmia	5
forme edafobie con tutti i caratteri sopraccitati	20
Imenotteri	
in generale	1
Formicidi	5
Araneidi	
forme > 5mm	1
forme piccole e poco pigmentate	5
Diplopodi	
forme > 5mm	10
forme < 5mm	20
Chilopodi	
forme > 5mm con zampe ben sviluppate	10
altre forme Geofilomorfi	20

*Nel caso dei coleotteri si assegna il punteggio specificato per ogni carattere presente, l'EMI sarà la somma dei valori.

Il calcolo del **QBS-ar** avviene sommando gli EMI dei gruppi sistematici.

Nel caso in cui in un campione siano presenti forme appartenenti allo stesso gruppo sistematico, ma con diversi livelli di adattamento alla vita edafica, il punteggio assegnato sarà il valore massimo di EMI trovato.

Lo scopo principale quindi, nella determinazione dell'indice è l'individuazione, all'interno di ogni gruppo sistematico, della forma biologica meglio adattata al suolo.



Tabella 3:
Note esplicative
alla tabella 2

Tenendo presente il ruolo che hanno i microartropodi nelle reti trofiche del suolo, è chiaro che in presenza di problemi di tipo ecologico si manifesterà un abbassamento del valore del QBS-ar.

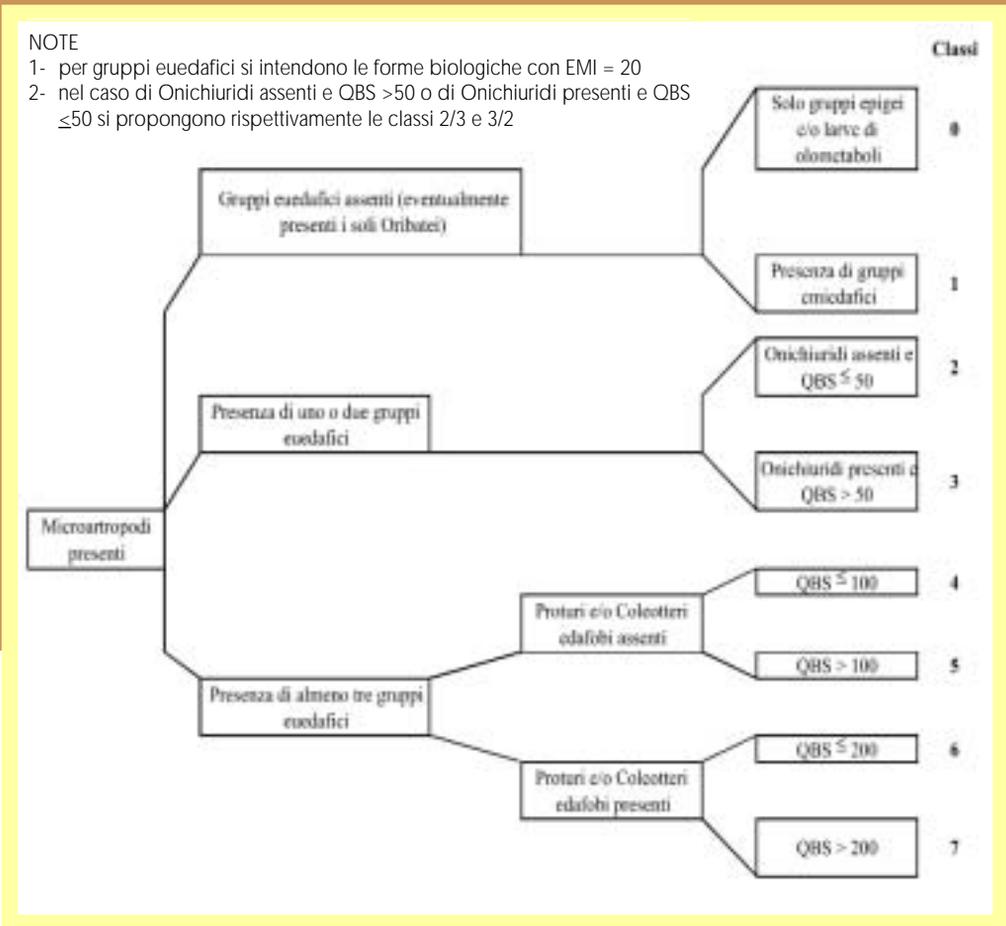
Per i collemboli è possibile arrivare ad una stima molto precisa del valore EMI, tenendo conto che in questo gruppo sistematico sono presenti un elevato numero di forme biologiche, molto adattate al suolo o francamente epigee. L'attribuzione del valore EMI ai collemboli avviene tramite l'individuazione dei caratteri riportati nella Tabella 4.

Carattere	Punteggio EMI
Forme epigee: appendici allungate, ben sviluppate, apparato visivo (macchia ocellare e occhi) ben sviluppato, dimensioni medie o grandi, presenza di livrea complessa	1
Forme epigee non legate alla vegetazione arborea, arbustiva o erbacea con buono sviluppo delle appendici con forte sviluppo (eventualmente) di setole o copertura fortemente protettiva di squame, apparato visivo ben sviluppato	2
Forme di piccola dimensione (ma non necessariamente) con medio sviluppo delle appendici, apparato visivo ben sviluppato, livrea modesta forme generalmente limitate alla lettiera	4
Forme emiedafiche con apparato visivo ben sviluppato, appendici non allungate, livrea con colore	6
Forme emiedafiche con riduzione del numero di ocelli, appendici poco sviluppate, talvolta con furca ridotta o assente presenza di pigmentazione	8
Forme euedafiche con pigmentazione assente riduzione o assenza di ocelli, furca presente, ma ridotta	10
Forme euedafiche depigmentate, prive di furca, appendici tozze, presenza di pseudoculi, organo postantennale sviluppato (ma non necessariamente presente), strutture sensoriali apomorfiche	20

Tabella 4: Calcolo dell'EMI per i collemboli (da Parisi, 2001)

Sulla base del valore complessivo del QBS-ar, si possono suddividere i suoli in classi, caratterizzate da una crescente qualità ambientale. La definizione di queste classi avviene tramite l'utilizzo dello schema riportato in figura 13.

Figura 13 - Attribuzione delle classi di qualità del suolo sulla base dell'indice QBS-ar (da Parisi, 2001 modificata D'Avino, 2002)



Come si può vedere, per l'assegnazione delle classi di qualità entrano in gioco alcuni gruppi chiave: Proturi, Coleotteri e Collemboli onichiuridi. Si tratta, infatti, di gruppi considerati eccellenti bioindicatori, poiché la loro presenza è in genere legata ad un suolo ricco di sostanza organica e potenzialmente di buona qualità.

Nel calcolo della classe di qualità, si possono verificare situazioni intermedie, in pratica è possibile, ad esempio, che siano presenti gli onichiuridi, ma contemporaneamente il QBS-ar sia minore di 50, o viceversa siano assenti gli onichiuridi, ma il QBS-ar sia maggiore di 50. In questa situazione si dovrà ricorrere alla definizione di classi intermedie, rispettivamente classe 3/2 nel primo caso e classe 2/3 nel secondo.

La definizione delle classi di qualità del suolo sulla base del QBS-ar è comunque ancora in fase di studio.

A questo punto, ci si potrebbe chiedere in che maniera può influire la densità delle popolazioni sul calcolo del QBS-ar. Dato che lo scopo principale di questo indice è la valutazione del maggior adattamento possibile delle zoocenosi nell'area che si va ad analizzare, è sufficiente sapere che la forma biologica in esame è presente, indipendentemente dalla densità della popolazione.

L'applicazione del QBS-ar ha dato fino ad ora ottimi risultati in diversi campi: effetti di degradazione dovuti al calpestio, la buona riuscita dei ripristini ambientali, la conduzione di alcune tipologie di colture come frumento, mais, bietola, erba medica (in questo caso specifico, il QBS-ar ha permesso di discriminare sia la tipologia di coltura meno impattante, sia la tipologia di conduzione della coltura stessa), il livello di conservazione dei prati polifitici; nei suoli forestali, il QBS-ar è in grado di evidenziare la relazione tra i diversi tipi di governo, ad esempio nei boschi cedui si trovano valori di QBS-ar molto più bassi che nelle fustaie.

Metodologie

Per l'acquisizione di dati confrontabili è necessario che materiali e metodi siano il più possibile uniformati. A tale scopo verranno descritte le procedure e gli strumenti da adottare, fornendo altresì delle alternative idonee per non alterare i risultati.

Materiali

• **Campionamento e trasporto**

- **Carotatore** (o carotiere). Estrattore d'acciaio (o altro metallo indeformabile), cilindrico o, se non disponibile, troncoconico rovesciato (tipo piantabulbi), munito di scala o altro sistema per fermare l'inserimento nel suolo a -10 cm;



- **Contenitori per il trasporto del campione in laboratorio.** Si possono usare dei sacchetti di plastica (del tipo usato per congelare gli alimenti), o recipienti rigidi a chiusura ermetica; borsa termica;
- **Codifica del campione.** Etichette adesive, pennarello indelebile, carta pergamena, penna a china, matita.

• Estrazione

- **Imbuto.** Il diametro dipende dalla quantità di suolo prelevata. Si consiglia un diametro fra 20 - 30 cm. L'altezza e l'inclinazione dell'imbuto dovrebbero permettere agli animali e al detrito accidentalmente caduto di passare nel recipiente senza fermarsi sulle pareti. Si possono utilizzare dei coni di metallo o plastica costruiti all'uopo, avendo cura di sigillare bene le giunture in modo da minimizzare le perdite di materiale. Un imbuto per ogni campione;
- **Vaglio.** Reticella metallica o altro tipo di setaccio con maglie di 2 mm, da incastrare nell'imbuto per contenere il campione;
- **Portaimbuti.** Si possono utilizzare sostegni singoli (treppiedi, vasi in plastica rovesciati con un'apertura laterale per manipolare e controllare i contenitori), o un'unica struttura (pannello di legno, struttura di metallo, ecc.) da fissare saldamente alla base;
- **Lampade.** Lampadine elettriche ad incandescenza, da 25-40 Watt (a bulbo azzurrato, o chiaro) con portalamпада;
- **Liquido conservante.** Soluzione di acqua distillata ed alcool etilico al 75%, non denaturato (bianco);
- **Spruzzette per alcool.** Dispenser per versare la soluzione alcolica;
- **Contentore.** Recipiente tipo beker, beute in vetro, o tubi grandi a fondo piatto, eventualmente fissati all'estremità dell'imbuto utilizzando Parafilm® o altri mezzi per evitare l'evaporazione;
- **Codifica del campione.** Rettangoli di carta pergamena, forbici, penna a china o matita;
- **Conservazione del campione** (Per lo smistamento) Contenitori in materiale infrangibile (pirex, plastica), tipo "reagent bottles", con chiusura ermetica.



• Smistamento

- **Beute.** In vetro, a fondo piatto;
- **Sale.** Soluzione soprassatura di NaCl o MgCl₂;
- **Recipiente.** Tanica, bottiglia o spruzzetta di plastica per la soluzione soprassatura di sale;
- **Lavabo.** Acqua corrente per dissalare il campione;
- **Filtro.** Vaglio di piccole dimensioni, a maglia da 80 a 120 µm, con bordi alti o saldato su imbuti di plastica corti e larghi;
- **Imbuto** a bocca piccola, in plastica o vetro, per travasare il campione e la soluzione conservante.
- **Salierine.** Piccoli recipienti infrangibili, in ceramica o vetro (Vetri da orologio, capsule di Petri);
- **Microscopio.** Stereoscopio da dissezione, ad almeno 40 ingrandimenti, con illuminazione a lampada o a fibre ottiche;
- **Pinzette** a punte fini, del tipo da entomologia;
- **Aghi manicati.** Bacchette con spilli entomologici innestati ad un'estremità;
- **Pennellini.** Misura zero (talvolta è necessario togliere delle setole);
- **Portaprovette.** Contenitori per provette delle dimensioni adeguate ai tubi usati;
- **Provette.** Tubetti in vetro, di varie misure (generalmente di piccole dimensioni, ma variabili secondo le necessità), con tappi a tenuta ermetica. Un tubo per ogni unità sistematica;
- **Conservante.** Soluzione di acqua distillata ed alcool etilico al 75%, non denaturato (bianco);
- **Spruzzette per alcool.** Dispenser per versare la soluzione alcolica;
- **Parafilm®.** Pellicola per sigillare i tappi delle provette;
- **Etichettatura del campione.** Rettangoli di carta pergamena, penna a china o matita;

• Identificazione

Per l'applicazione del QBS-ar, non è necessario arrivare alla determinazione di taxa (gruppi sistematici) inferiori al-

l'ordine, per cui non è necessario disporre di attrezzature costose o conoscenze specializzate².

- **Microscopio***. Stereoscopio a trasmissione ad almeno 100 ingrandimenti
- **Vetrini**. Portaoggetti normali e scavati *
- **Acido lattico***. Soluzione di acido lattico ed acido lattico diluito per l'eventuale chiarificazione.
- **Salierine**. Piccoli recipienti in ceramica o vetro (Vetri da orologio, capsule di Petri). Talvolta è utile averne a disposizione alcune di colore scuro, per gli organismi trasparenti o bianchi (enchitreidi, dipluri, sinfili, paupodi, ecc.);
- **Microscopio**. Stereoscopio da dissezione, ad almeno 40 ingrandimenti, con lampada o illuminazione a fibre ottiche*;
- **Pinzette** a punte fini, del tipo da entomologia;
- **Aghi manicati**. spilli entomologici (che possono essere piegati ad uncino in punta) innestati e fissati su bacchette o altre impugnature;
- **Pennellini**. Cilindrici, misura 0 (talvolta è necessario togliere delle setole o accorciarle);
- **Pipette Pasteur**. In vetro trasparente eventualmente montata su una siringa tramite un tubetto collettore in gomma (ciò facilita notevolmente la calibrazione della quantità di materiale da maneggiare)
- **Portaprovette**. Contenitori per provette delle dimensioni adeguate ai tubi usati;
- **Provette**. Tubetti in vetro, di varie misure (generalmente di piccole dimensioni, ma variabili secondo le necessità), con tappi a tenuta ermetica. Un tubo per ogni unità sistematica;
- **Parafilm***. Pellicola per sigillare i tappi delle provette;
- **Conservante**. Soluzione di acqua distillata ed alcool etilico al 75%, non denaturato (bianco);
- **Spruzzette per alcool**. Dispenser per versare la soluzione alcolica;
- **Etichettatura del campione**. Rettangoli di carta pergamena, penna a china o matita.

NOTE

² Il loro uso è tuttavia consigliato per approfondire le informazioni raccolte. Tali oggetti sono contrassegnati con un asterisco *.



Figura 14 – Alcuni materiali per l'analisi della pedofauna



Metodi

• Campionamento

La non omogeneità della matrice suolo rende la fase di campionamento molto delicata se si vogliono raccogliere dati rappresentativi. Qualsiasi campionamento sul suolo, infatti avrà sempre una percentuale di incertezza in quanto le condizioni possono variare moltissimo anche a breve distanza (Belli M., 2002).

La densità dei vari gruppi di microartropodi (vedi tab. 1) è tale che utilizzando opportuni accorgimenti la possibilità di non campionare alcune unità sistematiche risulterà minima.

A tale scopo il prelievo andrà effettuato cercando di scegliere un'area omogenea per copertura e caratteristiche del suolo. Il punto nel quale prelevare il campione di suolo dovrà essere rappresentativo dell'area, per cui all'interno di essa sarà necessario evitare accuratamente microambienti particolari, come punti troppo vicini agli alberi, alle radici o ai sassi, oppure zone in cui sono evidenti ristagni d'acqua (D'Avino, 2002).

Raccolta dei campioni con il carotatore

Il prelievo verrà effettuato tramite un carotatore, inserito perpendicolarmente alla superficie fino alla profondità di dieci centimetri (il volume sarà pari a 280 cc circa). Recenti studi hanno dimostrato che tre repliche sono sufficienti per raccogliere dati rappresentativi (Casarini, 2002). Un campione di suolo sarà quindi composto da tre carote prelevate in un'area omogenea.

Nel caso in cui si debba effettuare un campionamento su un tipo di suolo non troppo compatto e pietroso, si può adottare l'accorgimento di porre un sacchetto all'interno del carotatore, con il margine ripiegato verso l'esterno, in modo da farvi entrare direttamente la carota da trasferire in laboratorio (fig. 15A e 15B).



Fig. 15A - Preparazione del carotatore ed estrazione del campione di suolo



Fig. 15B - Preparazione del carotatore ed estrazione del campione di suolo



Trasporto dei campioni

Per il trasporto in laboratorio, le carote prelevate dovranno essere inserite in un contenitore legato e opportunamente etichettato (fig. 16). È possibile adottare un contenitore per ogni area di campionamento, raccogliendo insieme le tre

repliche. Affinché la fauna presente mantenga la sua naturale vitalità, occorre evitare sbalzi di temperatura agli organismi raccolti; si consiglia a questo proposito l'utilizzo di borse termiche, o comunque di evitare l'esposizione al calore e alla luce solare diretta. In ogni caso è sempre meglio non fare intercorrere troppo tempo dal momento del prelievo al momento del posizionamento del campione sull'estrattore.

Condizioni meteorologiche

La composizione delle comunità faunistiche del suolo varia moltissimo con le stagioni ma può subire importanti variazioni anche a causa delle condizioni di temperatura, umidità ecc. È quindi necessario fare in modo che la raccolta non avvenga in condizioni di secchezza eccessiva del suolo, o dopo forti precipitazioni (ciò è particolarmente importante in ambienti aperti).

Schedatura dei campioni

Durante la raccolta dei campioni è necessario compilare un'apposita scheda di campo, che fornirà i dati del rilevatore, i codici delle stazioni di prelievo, i valori di temperatura, meteorologici, ecc.

Criteri per la compilazione di una scheda di prelievo

- Rilevatori: cognome e nome dei rilevatori abilitati
- Comune: comune amministrativo
- Località: si riporta la località più vicina alla stazione di campionamento indicata sulla Carta Tecnica Regionale;
- Codice punto: si riporta la sigla del luogo + numero progressivo del campione + mese + anno
- Codice CORINE Land Cover: si riporta il codice relativo all'uso del suolo secondo i criteri di classificazione CORINE Land Cover (fino al terzo livello).

Figura 16

Sacchetto con campione



- Data: giorno, mese, anno;
- Ora prelievo: ora, minuti
- Coltivazione in atto: indicare se nell'area in cui viene prelevato il campione vi è o meno una coltivazione in atto.
- Tipo coltura: qualora nell'area vi sia una coltivazione in atto segnalare il tipo di coltivazione.
- Presenza lettiera: indicare se è presente o meno uno strato di lettiera.
- Presenza compatto apparato radicale: indicare se nell'area scelta per il prelievo del campione nel suolo è presente uno sviluppo di apparati radicali compatti
- Presenza di scheletro: indicare se è presente un consistente scheletro di ghiaia o ciottoli.
- Condizioni meteorologiche: indicare le condizioni meteorologiche al momento del prelievo.

• Estrazione tramite sistema di Berlese Tullgren modificato

Si tratta di un metodo di estrazione dinamica, che sfrutta cioè la reazione di fuga della fauna del suolo dalla luce e dall'essiccamento provocato da una modesta sorgente di calore, quale una lampadina. Quasi tutti organismi che vivono nel suolo, infatti, sono "lucifughi" e prediligono ambienti umidi, perciò tenderanno a fuggire dalla luce e dal disseccamento provocati dalla lampada, fino a cadere, passando attraverso le maglie del setaccio, nel contenitore posto sotto l'imbuto.

Preparazione dell'estrattore

Collocare l'imbuto sul portaimbuti, e incastrarvi dentro saldamente il vaglio o setaccio (fig. 17). Posizionare la lampada sopra l'imbuto. L'estrattore dovrà essere posto in un luogo indisturbato, al riparo dalle vibrazioni.

Procedura

Disporre il campione di suolo al centro della griglia dell'imbuto, cercando di non modificare troppo la struttura delle "carote" di terreno. Durante questa operazione, sarà opportuno mettere sotto l'imbuto un recipiente o un foglio bianco (per raccogliere la porzione di



Figura 17
Imbuto estrattore



campione che dovesse passare attraverso le maglie del vaglio), dopodiché riversare sul setaccio quanto è caduto.

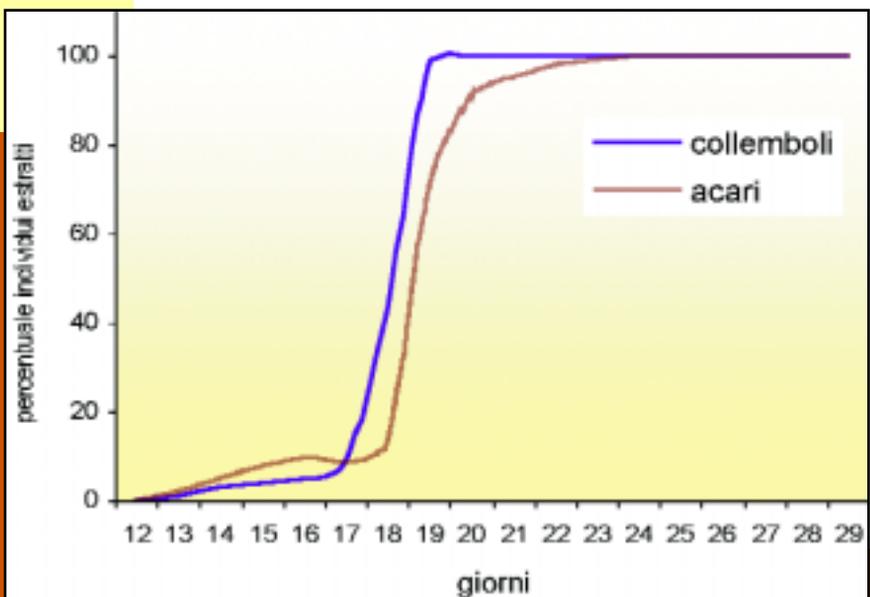
A questo punto, porre sotto l'imbuto un contenitore contenente un volume di 50 - 100 cc di liquido conservante per la raccolta della selettura (soluzione di alcool etilico al 75%) eventualmente avvolgendo il collo dell'imbuto con Parafilm®. Se non si prevede l'immediata classificazione della fauna raccolta, andrà posto sotto l'imbuto, un contenitore richiudibile in vetro resistente, in modo da permettere la conservazione della fauna estratta.

Accendere la lampada posta ad una distanza di circa 30 cm dall'imbuto e lasciarla accesa ininterrottamente (giorno e notte).

Il tempo di estrazione varia in funzione di numerosi fattori quali il tipo di suolo, lo spessore del campione e l'umidità, per questo la sostituzione del contenitore della selettura permetterà di verificare, dopo almeno ventiquattrore l'effettiva conclusione dell'estrazione.

È possibile evidenziare la risposta allo stress dei diversi gruppi presenti in un campione costruendo la curva di caduta della selettura. Ciò può essere fatto sostituendo periodicamente il contenitore fino a quando non si osserveranno più cadute. Come è evidenziato in figura 18, l'estrazione della fauna segue un andamento sigmoide in cui ogni gruppo sistematico ha un suo tempo di caduta.

Figura 18
Comportamento di Collemboli e Acari durante l'estrazione con selettore di Tullgren-Berlese (da Parisi, 1974 modificato)



Al termine del tempo previsto per l'estrazione:

1. sfilare il contenitore con la selettura facendo attenzione a non far cadere ulteriore terreno dal setaccio;
2. etichettare il campione secondo le indicazioni fornite di seguito;
3. rabboccare con altro liquido conservante;
4. chiudere accuratamente, e sigillare ermeticamente il tutto con Parafilm®.
5. È buona norma pulire subito il vaglio, l'imbuto e il portaimbuti, eliminando la polvere ed il terriccio eventualmente caduto.

I recipienti contenenti i campioni andranno conservati in posizione verticale, al riparo dagli urti, dalla luce e dalle fonti di calore.

Controllare periodicamente la chiusura ermetica dei contenitori, rabboccando se necessario il liquido conservante.

• Smistamento

Gli animali estratti andranno separati dal detrito caduto dal vaglio, divisi per unità sistematiche e conservati entro provette etichettate.

Usando una soluzione soprassatura di sale, è possibile accelerare i tempi di smistamento. Ciò è particolarmente utile se i suoli campionati sono secchi e privi di struttura, e nel contenitore sotto gli imbuti, oltre alla fauna oggetto di studio, è caduto parecchio suolo.

Per fare ciò, sarà necessario filtrare la selettura (liquido conservante e campione con detrito) utilizzando un filtro a maglia molto fitta. Il materiale filtrato andrà poi travasato in una beuta, aiutandosi eventualmente con un piccolo imbuto). Nella beuta si aggiunge abbondante soluzione soprassatura di sale (NaCl o MgCl_2), e si lascia depositare per una decina di minuti. Gli organismi verranno in superficie, e in uno o più passaggi sarà possibile filtrarli lasciando il deposito di suolo sul fondo della beuta. Sempre dentro il filtro a maglia fitta, si lavano abbondantemente dal sale in eccesso sotto un filo d'acqua corrente (un getto più forte potrebbe danneggiarli e farli cadere dal filtro), per poi versarli in una salierina spruzzando una soluzione alcolica (75%). Tutte le azioni descritte andranno svolte con la massima cura, per evitare di la-



sciare organismi attaccati sulle pareti del contenitore d'origine, dell'imbuto di travaso, del filtro o della beuta.

Le operazioni di separazione e determinazione della fauna estratta richiedono l'utilizzo di un buon microscopio stereoscopico.

Particolare attenzione andrà posta nel maneggiare gli animali, perché ogni piccolo danneggiamento potrebbe compromettere la successiva fase di identificazione e, poiché la mesofauna è di dimensioni ridotte, si corre facilmente il rischio di perdere o mescolare individui che restano attaccati agli strumenti, contenitori, ecc.

Per separare i residui di suolo e spostare gli individui nelle provette, opportunamente etichettate, si possono usare pipette Pasteur oppure pennellini di proporzioni adeguate alle dimensioni degli animali e aghi manicati. Un utile accorgimento per migliorare la manipolazione dei campioni è quello di innestare la pipetta Pasteur con una siringa tramite un raccordo in gomma.

• **Identificazione**

Il riconoscimento sistematico delle specie della fauna invertebrata che vive nel suolo presenta notevoli difficoltà poiché, oltre a richiedere professionalità assai specializzate, ha bisogno anche di strumentazione sofisticata. Per arrivare al calcolo del QBS-ar però non è necessario spingersi ad un livello dettagliato di classificazione, per cui sarà sufficiente l'utilizzo delle chiavi dicotomiche semplificate (v. pag. 58). Tuttavia, in qualche caso (coleotteri, imenotteri, ecc.), all'interno degli ordini sarà possibile individuare taxa di semplice riconoscimento, e rimandare un'eventuale indagine sistematica più specifica ad un esame successivo da parte di specialisti tassonomi.

• **Raccolta dati**

Durante questo tipo di analisi verranno rilevate le unità sistematiche presenti nel campione estratto. Volendo approfondire la conoscenza delle comunità faunistiche presenti nel campione di suolo prelevato, per ogni unità sistematica identificata può essere rilevato anche il numero di individui presenti³.

NOTE

³ Per Acari, Collemboli Imenotteri formicidi e larve di Ditteri è possibile inserire solo la classe di abbondanza, secondo il seguente schema: 0-2, 3-10, 11-50, 51-200, >200 (D'Avino, 2002)

Sarà necessario inserire i dati in apposite schede, predisposte in modo tale da agevolarne l'elaborazione.

Criteria per la compilazione di una scheda di misura per l'elaborazione del QBS-ar

- *Lampada utilizzata per l'estrazione*: indicare i watt della lampada utilizzata per l'estrazione in laboratorio.
- *Distanza dall'estrattore*: indicare i centimetri di distanza della lampada dal campione di suolo.
- *Data inizio estrazione*: giorno, mese, anno in cui è stato posizionato il campione sull'estrattore di Tullgren – Berlese.
- *Data fine estrazione*: giorno, mese, anno in cui è stato tolto il campione dall'estrattore di Tullgren – Berlese.
- *Elenco dei taxa estratti*: per ogni taxon campionato si riporta il nome latino, il numero di individui osservati nel campione e il valore EMI (indice ecomorfologico) calcolato tramite le apposite tabelle.
- *Note*: riportare eventuali incidenti occorsi durante il prelievo, trasporto o estrazione.
- *Totale U.S.*: totale delle unità sistematiche estratte.
- *Totale individui estratti (facoltativo)*: il numero totale degli esemplari estratti
- *Valore dell'Indice di Qualità Biologica del suolo (numero arabo) QBS-ar*: calcolato mediante la somma dei valori EMI trovati
- *Classe di Qualità* = Classe di Qualità del suolo definita sulla base della fig. 13

Figura 19
Provette contenenti
fauna estratta





• Etichettatura e conservazione della fauna estratta

La fauna estratta e suddivisa per unità sistematiche sarà conservata entro provette, che andranno riempite quasi completamente di alcool etilico 75% e ben chiuse. Poiché è difficile impedire l'evaporazione del liquido, esse andranno inoltre sigillate con Parafilm®. È importante ricordare che va utilizzata una provetta per ogni unità sistematica determinata, indipendentemente dal numero di individui trovati (fig. 19).

Ogni provetta sarà corredata da un'etichetta che riporterà:

- codice del campione
- luogo di raccolta
- data
- chi ha effettuato la raccolta
- chi ha identificato il taxon.
- L'etichetta sarà costituita da una striscia di carta pergamena, scritta con inchiostro di china ed inserita, eventualmente arrotolata, all'interno della provetta PRIMA di inserire i campioni (Zangheri, 1969). *In ogni caso è sempre meglio evitare di apporre etichette adesive all'esterno delle provette, perché col tempo potrebbero staccarsi, rovinarsi o diventare illeggibili.*

NB: quando si estrae il campione, conviene togliere anche l'etichetta e controllare attentamente sotto il binocolare che non vi siano rimasti attaccati animali (la carta va sempre tagliata, invece che strappata, per limitare le possibilità che gli animali interi o parti di essi vi s'impiglino).

È utile raccogliere le provette contenenti i campioni dentro recipienti più grandi anch'essi riempiti di alcool. Ciò eviterà l'evaporazione del liquido conservante all'interno delle provette e quindi faciliterà la loro conservazione anche per tempi molto lunghi.

Chiavi per il riconoscimento dei principali invertebrati del suolo

Chiavi dicotomiche semplificate

Chiave A

1 animali del tutto privi di arti ambulacrali o altre appendici corporee articolate **2**

1' animali sempre forniti di appendici articolate e di tegumento più o meno sclerificato (phylum **ARTHROPODA**) **5**

2 corpo non segmentato, privo di qualsiasi sclerificazione, protetto oppure no da un nicchio calcareo a struttura elicoidale; apparato oculare (se presente) portato in cima ad appendici estroflettibili del capo ordine **STYLOMMATOPHORA**

2' corpo più o meno nettamente segmentato e/o suddiviso in "regioni" **3**

3 presenza in numero variabile di appendici non articolate e/o di peli e/o di tubercoli. Almeno la capsula cefalica è chiaramente sclerificata, talvolta retrattile e allora poco visibile ordine **DIPTERA** (larve)

3' assenza di appendici, peli, sclerificazioni; presenza di serie longitudinali di setole rigide infisse nel tegumento **4**

4 dimensioni < 25 mm, clitello poco evidente sui segmenti 10-12, setole per lo più bastoncellari, raramente sigmoidi, disposte a gruppi di 2-6 famiglia **ENCHYTRAEIDAE**



4' dimensioni > 25 mm, clitello ben evidente posteriore al 15° segmento, setole brevi, sigmoidi, disposte a gruppi di due.....famiglia **LUMBRICIDAE**

5' più di quattro paia di arti ambulacrali (zampe "vere")
..... **CHIAVE B**

5' quattro paia di arti ambulacrali (**ARACHNIDA**)
..... **CHIAVE C**

5" tre paia di arti ambulacrali (**EXAPODA**)..... **CHIAVE D**

Chiave B

1 due paia di antenne, corpo depresso..... **ISOPODA**

1' un solo paio di antenne **2**

2 due paia di arti per segmento, corpo più spesso allungato, talora accorciato, per lo più a sezione circolare, raramente depresso **DIPLOPODA**

2' un solo paio di arti per segmento **3**

3 presenza di evidenti piedi mascellari (massillipedi) veleniferi di forma uncinata; corpo allungato, depresso, variamente pigmentato **CHILOPODA**

3' massillipedi assenti, animali nettamente depigmentati **4**

4 antenne trifurcate, corpo di 9-11 segmenti oltre il capo, con nove paia di arti; lunghezza totale fra 1 e 2 mm; presenza di pseudo-occhi sensibili alle vibrazioni (organo di Tömösvary)..... **PAUROPODA**

4' antenne moniliformi, corpo di 15-22 segmenti con dodici paia di arti, lunghezza totale fino a 8 mm; animali privi di occhi **SYMPHYLA**



Chiave C: Arachnida

1 animali di lunghezza inferiore ai 3 mm, ciechi e depigmentati con un lungo flagello addominale estremamente fragile..... **PALPIGRADI**

1' animali non come sopra, senza flagello..... **2**

2 animali forniti di lunghissimi pedipalpi a chela, spesso lunghi quanto l'intero corpo o anche di più.....
PSEUDOSCORPIONIDA

2' animali non come sopra..... **3**

3 animali piccoli o piccolissimi (anche < 1 mm), con pedipalpi e cheliceri brevi, talora conformati a chela oppure parzialmente fusi a formare un rostro caratteristico; corpo non suddiviso né visibilmente segmentato..... **ACARI**

3' animali più grandi, con pedipalpi pluriarticolati ben visibili; corpo suddiviso in "regioni" e/o segmenti più o meno visibili..... **4**

4 corpo nettamente suddiviso in prosoma ed opistosoma, presenza di cheliceri veleniferi ad uncino e di pedipalpi che terminano con unghie o altrimenti conformati, particolarmente complessi negli individui di sesso maschile; gli arti ambulacrali del secondo paio non sono di norma più lunghi degli altri.....ordine **ARANEAE**

4' corpo non suddiviso in prosoma ed opistosoma ma almeno in parte segmentato, presenza di cheliceri terminanti a chela e di pedipalpi allungati, simili per conformazione agli arti ambulacrali: questi ultimi, in genere, molto lunghi, quelli del secondo paio più degli altri..... **OPILIONES**



Chiave D: Exapoda

- 1** animali sempre privi di ali, anche rudimentali **2**
- 1'** animali con due o quattro ali ben sviluppate, oppure rudimentali oppure ancora atteri secondariamente **7**
- 2** animali con o senza occhi, muniti sul 4° segmento addominale di un organo ventrale del salto (furca) ben sviluppato o almeno di un abbozzo del retinacolo sul 1° sternite addominale; antenne sempre presenti **COLLEMBOLA**
- 2'** animali sempre senza furca e retinacolo, antenne presenti oppure no **3**
- 3** animali molto piccoli (< 2 mm), completamente ciechi e depigmentati, senza antenne, con estremità addominale semplice, senza cerci, il primo paio di zampe tipicamente proteso in avanti **PROTURA**
- 3'** animali più grandi (fino a 10 mm), completamente ciechi e depigmentati, estremità addominale foggiate a "pinza", antenne moniliformi e piuttosto lunghe
..... **DIPLURA** (tipo *Japyx*)
- 3''** animali con o senza occhi, depigmentati o meno, con cerci semplici e variamente articolati oppure assenti (ma in questo caso si tratta di organismi non ciechi), antenne sempre presenti **4**
- 4** animali vermiformi o eruciformi o campodeiformi, almeno in parte sclerificati o pigmentati; occhi semplici, con o senza cerci ordine **COLEOPTERA** (larve)
- 4'** animali di aspetto diverso, interamente pigmentati, con occhi composti e cerci costituiti da due soli articoli
..... **EMBIOPTERA** (individui di sesso femminile)



4" animali di aspetto diverso, con cerci multiarticolati, con o senza occhi.....5

5 animali ciechi e depigmentati; antenne e cerci moniliformi.....**DIPLURA** (tipo *Campodea*)

5' animali con occhi e con pigmento più o meno evidente; corpo allungato, ricoperto di scaglie o squame caduche; fra i due cerci addominali è presente un "paracerco"6

6 aspetto del corpo nettamente appiattito**ZYGENTOMA**

6' aspetto del corpo nettamente convesso e "gibboso"**MICROCORYPHIA**

7 animali con il primo paio di ali completamente membranose ed il secondo trasformato in bilancieri**DIPTERA** (adulti)

7' animali con due paia di ali sempre presenti, talvolta, ridotte o caduche oppure atteri (ma in questo caso con apparato boccale pungente e succhiante o rostro)8

8 animali con ali assenti o, se presenti, esclusivamente membranose- rostro presente9

8' animali con il primo paio di ali completamente o parzialmente sclerificato e il secondo membranoso12

9 apparato boccale masticatore.....10

9' apparato boccale di tipo pungente e succhiante (rostro)11

10 cerci ridotti, antenne molto lunghe, corpo più o meno tondeggiante e depresso, talvolta con ali vestigiali.....**PSOCOPTERA**



10' cerci assenti (ali caduche nella fam. *FURMICI-DAE*)..... **HYMENOPTERA**

10" cerci biarticolati.....
..... **EMBIOPTERA** (individui di sesso maschile)

11 ali di aspetto normale, trasparenti o variamente pigmentate..... **HEMIPTERA (*HOMOPTERA*)**

11' ali strette e vistosamente frangiate ai margini (talora assenti secondariamente); tarsi costituiti da non più di due articoli..... **THYSANOPTERA**

12 entrambe le paia di ali presentano una venatura molto fitta; il primo, con evidente funzione coprente (tegmine), è sclerificato moderatamente ma uniformemente su tutta la superficie..... **BLATTARIA**

12' il primo paio di ali, con venatura normale o assente, è intensamente sclerificato, il secondo (se non è atrofizzato) è ripiegato sotto il primo e presenta venature di normale densità..... **13**

13 ali anteriori con la sola parte anteriore sclerificata e quella posteriore membranosa (emielitre); apparato boccale pungente-succhiante (rostro).....
..... **HEMIPTERA (*HETEROPTERA*)**

13' ali anteriori completamente e intensamente sclerificate (elitre); apparato boccale masticatore..... **14**

14 addome terminante con caratteristici cerci a "pinza", elitre ricoprenti solo parzialmente l'addome, assenti o ridotte negli stadi preimaginali..... **DERMAPTERA**

14' addome senza cerci o con cerci pluriarticolati semplici, elitre ricoprenti o meno tutto l'addome.....
..... **COLEOPTERA**



Chiave E: Coleoptera

- 1** antenne genicolate, elitre interamente ricoprenti l'addome, apparato boccale masticatore, prolungato in un "rostro"
.....famiglia **CURCULIONIDAE**
- 1'** antenne moniliformi semplici o, al più, con gli ultimi articoli progressivamente ingrossati a clava **2**
- 2** elitre nettamente accorciate, ricoprenti l'addome solo in parte..... **3**
- 2'** elitre ricoprenti completamente o quasi l'addome **4**
- 3** corpo allungato, di lunghezza variabile da 1 mm a oltre 1 cm; apparato boccale con mandibole falcate, di tipo "predatorio", a bordi più o meno trancianti, antenne semplici, ali posteriori generalmente presenti.....
.....famiglia **STAPHYLINIDAE**
- 3'** corpo accorciato, di lunghezza non superiore a 3 mm; apparato boccale masticatore semplice, antenne con una evidente "clava" terminale, ali posteriori sempre rudimentali o assenti.....famiglia **PSELAPHIDAE**
- 4** apparato boccale con mandibole falcate, di tipo "predatorio", a bordi più o meno trancianti; zampe ed altre appendici liberefamiglia **CARABIDAE**
- 4'** apparato boccale masticatore semplice **5**
- 5** corpo nettamente allungato, le zampe e le antenne sono alloggiato, a riposo, in apposite scanalature dell'esoscheletro, angoli posteriori del protorace caratteristicamente appuntiti, ali posteriori quasi sempre presenti.....
.....famiglia **ELATERIDAE**
- 5'** corpo più o meno accorciato e nettamente convesso, zampe e antenne libere, ali posteriori per lo più rudimentali o assenti.....famiglia **CHOLEVIDAE**



Nella colonna "rif" si riporta il nome del taxa o dei taxon interessati in cui, nella chiave, compare il termine di cui è fornita la definizione

Termine	rif	Definizione
ali rudimentali		v. ali vestigiali
ali vestigiali	PSOC	Ali atrofizzate, cioè ridotte a dimensioni minime e quindi non più adatte al volo
antenne		Appendici cefaliche articolate con funzione sensoriale
antenne clavate	PSEL	Antenne terminanti a forma di clava
antenne genicolate	CURC	Antenne piegate a ginocchio o a gomito
antenne moniliformi	COLE	Antenne costituite di segmenti tutti simili tra loro
arto ambulacrale		Arto per la deambulazione
campodeiforme (larva)	COLE	Larva oligopoda con tre paia di arti e senza pseudopodi
capsula cefalica	DIPT	Involucro chitinizzato che riveste i segmenti cefalici
cerci		Appendici caudali articolate
chela	ARAC	Appendice foggiate a pinza
cheliceri	ARAC	Prime appendici boccali negli aracnidi
clitello	OLIG	Regione ghiandolare che spesso forma una evidente fascia attorno ad alcuni dei segmenti della metà anteriore del corpo degli oligocheti
elitre	COLE	Primo paio di ali, completamente indurite e coriacee
emielitre	HETE	Primo paio di ali indurite e coriacee solo alla base
eruciforme (larva)	COLE	Corpo rigonfio, tre paia di zampe, eventuale presenza di pseudopodi
flagello	PALP	Prolungamento impari e mediano, pluriarticolato, dell'ultimo segmento addominale foggiate a "coda"
furca	COLL	Organo addominale per il salto nei collemboli
insetto attero		Insetto privo di ali
mandibole falcate	STAF	Mandibole curvate a guisa di falce
massillipedi	CHIL	Appendici boccali in forma di artigli velenosi, dette anche forcipule

nicchio	STYL	Guscio, conchiglia
opistosoma	ARAN	Parte posteriore del corpo negli aracnidi
organo di Tömôsvary	CHIL	Organi presenti in alcuni ordini di chilopodi con funzione sensoriale
paracercio	ZYGE, MICR	Appendice pluriarticolata caudale, impari e mediana
pedipalpi		Seconde appendici boccali negli aracnidi
peli		Formazioni filiformi sottili e flessibili (cfr. setola)
pigmentazione		Distribuzione del pigmento in un organo o in un animale (colorazione)
prosoma		Parte anteriore del corpo negli aracnidi
retinacolo		Struttura di ancoraggio della furca nei collemboli
sclerificazione		Ispessimento chitinoso del tegumento
setole	OLIG	Formazioni filiformi spesse e rigide (cfr. pelo)
setole bastoncellari		Setole di diametro uniforme
setole sigmoidi		Setole foggiate ad "s"
tarso		Segmenti terminali degli arti ambulacrali degli artropodi
tegmine		Primo paio di ali, moderatamente chitinizzato e privo di funzione motoria
tegumento		Strato esterno di rivestimento del corpo degli artropodi
tubercolo		Formazione superficiale a guisa di nodulo
vermiforme (larva)	DIPT	Larva apoda

Tavole iconografiche

In questo capitolo vengono riportate le tavole iconografiche dei gruppi sistematici appartenenti alla fauna edafica, con particolare riferimento ai taxa considerati per il calcolo del QBS-ar.

Per ogni gruppo, viene presentato l'inquadramento sistematico secondo quanto riportato nella *"Guida sistematica alla checklist della fauna italiana"*, una breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia.

Elenco delle unità sistematiche rappresentate

Invertebrati tipici della fauna edafica appartenenti al phylum degli artropodi PROTURA
DIPLURA

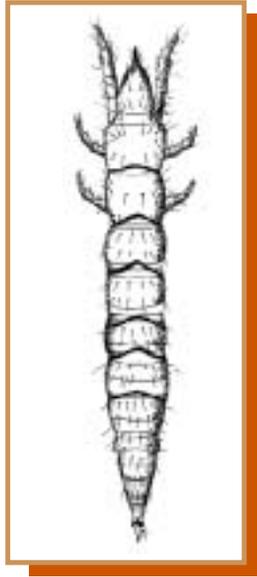
COLLEMBOLA	altri OLOMETABOLI (larve)
MICROCORYPHIA	altri OLOMETABOLI (adulti)
ZYGENTOMA	PSEUDOSCORPIONIDA
DERMAPTERA	PALPIGRADI
ORTOPTERA	OPILIONES
EMBIOPTERA	ARANEAE
BLATTARIA	ACARI
PSOCOPTERA	ISOPODA
HEMIPTERA	DIPLOPODA
THYSANOPTERA	PAUROPODA
COLEOPTERA	SYMPHYLA
HYMENOPTERA	CHILOPODA
DIPTERA (larve)	

Altri invertebrati tipici della fauna edafica, non appartenenti al phylum degli artropodi

MOLLUSCA	NEMATODA
ANELLIDA	

PROTURA

PHYLUM: ARTHROPODA
CLASSE: EXAPODA
TAXON: APTERIGOTA
ORDINE: PROTURA



Nomi comuni: proturi, proturans

Dimensioni: 0,5 – 2 mm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Vi sono comprese quasi duecento specie, largamente diffuse. Gli individui sono di piccole dimensioni, depigmentati e ciechi.

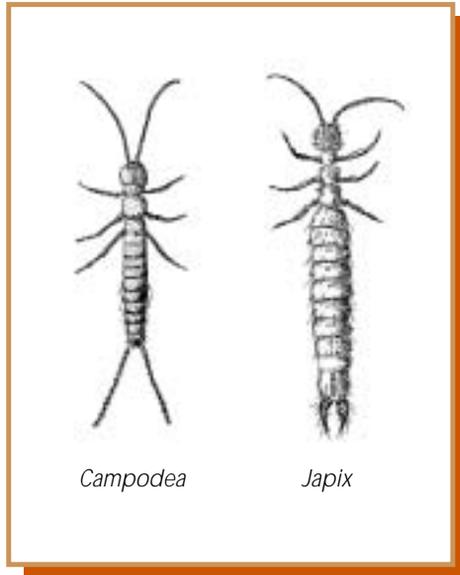
La forma del corpo risulta allungata e depressa, il capo è privo di antenne e l'addome è formato da dodici segmenti, il primo paio di zampe ha funzione tattile e sostituisce le antenne, tipicamente proteso in avanti. Ultimo segmento addominale privo di cerci.

Specie localizzate che vivono nel terreno umido, in quello erboso, sotto la corteccia degli alberi, sotto le pietre, ecc. Si nutrono a spese di alghe e miceli fungini che si trovano nella sostanza organica dei suoli.



DIPLURA

PHYLUM: ARTHROPODA
CLASSE: EXAPODA
TAXON: APTERIGOTA
ORDINE: DIPLURA



Nomi comuni: dipluri, *diplurans*

Dimensioni: fino 10 mm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Esapodi di forma allungata ed appiattita, depigmentati (salvo gli Japygidae che presentano l'estremità giallo-bruna), privi di occhi e con lunghe antenne multiarticolate.

Sull'ultimo segmento addominale si trovano sempre un paio di cerci, che possono essere uniarticolati e foggiate a forcipe (famiglia Japygidae), oppure multiarticolati (famiglie Campodeidae, Projapygidae).

I dipluri prediligono climi caldi e temperati, sono per lo più onnivori e si alimentano di detriti.

COLLEMBOLA

PHYLUM:	ARTHROPODA
CLASSE:	EXAPODA
TAXON:	APTERIGOTA
ORDINE:	COLLEMBOLA



Nomi comuni: collemboli, *springtails*

Dimensioni: 0,5 – 9 mm (più comunemente 2 mm)

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Esapodi atteri, di piccole dimensioni, largamente diffusi in ogni ambiente. Vivono tipicamente nel suolo, non mancano specie cosmopolite.

Morfologicamente sono facilmente riconoscibili a causa della presenza di un organo propulsore, la furca, con il quale l'animale è in grado di saltare. Molte specie, particolarmente adattate alla vita edafica, sono cieche e presentano una forte riduzione o addirittura la scomparsa della furca (ma conservano il tubo ventrale).

L'aspetto generale del corpo può essere allungato (sottordine Artropleona) con i segmenti addominali ben distinti, oppure globoso e raccorciato (sottordine Sinflepleona) senza una visibile distinzione dei segmenti addominali.



ZYGENTOMA

PHYLUM: ARTHROPODA
CLASSE: EXAPODA
ORDINE: ZYGENTOMA



Nomi comuni: Pesciolini d'argento, *silverfish*

Dimensioni: > 5 mm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Quest'ordine, che un tempo riunito a quello dei Microcoryphia, formava i Tisanuri, costituisce uno dei gruppi più primitivi di insetti. Tra le caratteristiche più primitive, ricordiamo oltre alla mancanza di ali, la debole sclerificazione e la presenza di appendici vestigiali nell'addome. Distinguibili facilmente per la presenza di tre cerci. Gli occhi spesso sono ridotti o addirittura assenti. Lo sviluppo non avviene attraverso una vera e propria metamorfosi, ma gli stadi giovanili si evolvono gradualmente nell'adulto. Gli Zygentoma presentano un corpo allungato, cilindrico, abbastanza appiattito, con appendici boccali dirette anteriormente e lobi laterali del torace abbastanza espansi. Delle quattro principali famiglie note, i Lepismatidae o pesciolini d'argento sono i più noti: comuni abitatori delle case, essi vivono a stretto contatto con l'uomo, nutrendosi di materiale organico come residui cartacei. Se ne conoscono circa 250 specie.

MICROCORYPHIA

PHYLUM: ARTHROPODA
CLASSE: EXAPODA
SUPERORDINE: MICROCORYPHIA



Nomi comuni: Archaeognata, *Rock jumpers*

Dimensioni: > 5 mm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Separati recentemente dagli Zygentoma, con i quali formavano l'ordine dei Tisanuri, sono distinguibili da questi ultimi per una serie di differenze morfologiche a livello dell'apparato boccale e per la forma del corpo, che si presenta depresso lateralmente piuttosto che dorso-ventralmente. Ne sono note circa 150 specie. Prediligono la vita in ambienti non antropizzati, dove si possono trovare sotto le pietre, tra il muschio, negli ammassi di foglie cadute ed anche sulle rocce emerse del litorale marino. In grado di spiccare notevoli salti, sono prevalentemente notturni e crepuscolari. Presentano colori smorti, tendenti al grigio-brunastro.



DERMAPTERA

PHYLUM: ARTHROPODA
CLASSE: EXAPODA
ORDINE: DERMAPTERA



Nomi comuni: forbicine, forficule, *earwigs*

Dimensioni: da 5 a 25 mm

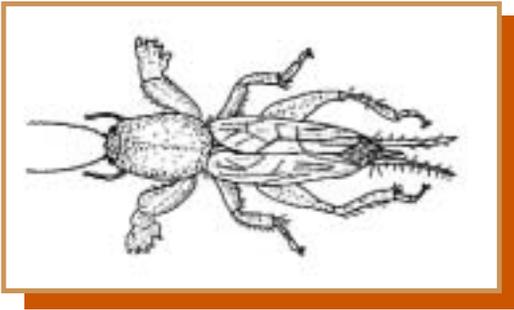
Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Facilmente riconoscibili per la presenza di cerci foggiate a pinza o forbice all'estremità addominale (da non confondere con i dipluri Japigidi). I dermatteri sono un ordine omogeneo di insetti tipicamente allungati, con apparato boccale masticatore, capo ben distinto dal torace, colorazione giallastra o bruno-nerastra. Numerosi dermatteri presentano due paia di ali, delle quali il primo paio, ispessito e coriaceo (tegmine), ricopre e protegge il secondo. L'addome è allungato, con i segmenti (uriti) distinti e ben riconoscibili. Si nutrono prevalentemente di vegetali, ma si conoscono anche specie predatrici e addirittura parassite.



ORTHOPTERA

PHYLUM: ARTHROPODA
CLASSE: EXAPODA
ORDINE: ORTHOPTERA



Nomi comuni: grillotalpa, grilli, cavallette, *grasshoppers*, *crickets*

Dimensioni: > 5 mm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

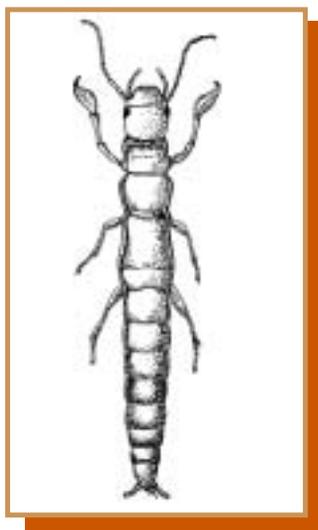
Anche se esistono ortotteri di piccole dimensioni (dai 2 ai 3,5 mm nella famiglia Myrmecophilidae), le specie più comuni superano abbondantemente i 10 mm, per cui il loro rinvenimento con il metodo di estrazione di Tullgren – Berlese è raro. Potrebbero essere trovati con maggior frequenza gli stadi ninfali che, come in tutti gli ordini eterometaboli, presentano numerose somiglianze con l'adulto.

Gli ortotteri presentano generalmente zampe posteriori con il femore molto sviluppato; nei gruppi epigei questi arti sono adattati per il salto, mentre i Grillotalpa hanno perso questa particolarità e sono caratterizzati dalla presenza del primo paio di arti modificato in robusti strumenti per lo scavo. L'apparato boccale è sempre di tipo masticatore.



EMBIOPTERA

PHYLUM: ARTHROPODA
CLASSE: EXAPODA
ORDINE: EMBIOPTERA



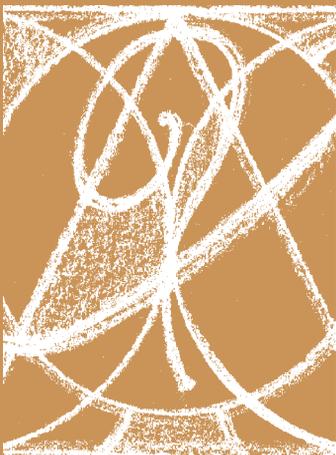
Nomi comuni: embiotteri

Dimensioni: pochi mm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Gli embiotteri sono insetti di piccola taglia poco conosciuti. Vivono in gallerie sotto le pietre o nel suolo in gruppi di 12 o più individui intrecciati nella loro tela prodotta da ghiandole poste nell'articolo basale del tarso anteriore, struttura caratteristica del gruppo.

Il capo è piccolo, largo quanto il corpo con apparato masticatore più sviluppato nel maschio che nella femmina. L'addome termina con due cerci in genere asimmetrici nei maschi. I maschi talvolta sono alati, ma le specie europee sono generalmente attere.



BLATTARIA

PHYLUM: ARTHROPODA
CLASSE: EXAPODA
ORDINE: BLATTARIA



Nomi comuni: blatte, cockroaches

Dimensioni: da 5 mm a 3-4 cm

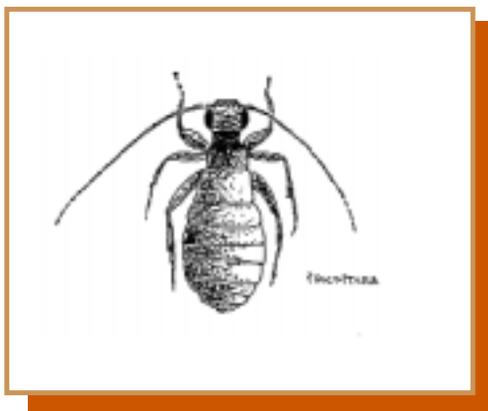
Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Le blatte presentano generalmente un colore bruno-nerastro oppure ocraceo. Il corpo è generalmente ovale, fortemente appiattito in senso dorso-ventrale e terminante posteriormente con due cerci. Le ali sono presenti in alcune specie (in particolare nei maschi), assenti in altre. Le antenne sono lunghe e filiformi, l'apparato boccale è masticatore. Sono insetti paurometaboli, con uova estremamente resistenti e protette in ooteche denominate cocoon. Numerose specie sono antropofile, legate per l'alimentazione e la dispersione alle attività umane. Sono organismi tipicamente tropicali: delle oltre 3.500 specie conosciute, solo poche decine si riscontrano in Europa.



PSOCOPTERA

PHYLUM: ARTHROPODA
CLASSE: EXAPODA
ORDINE: PSOCOPTERA



Nomi comuni: pulci dei libri

Dimensioni: < 6 mm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

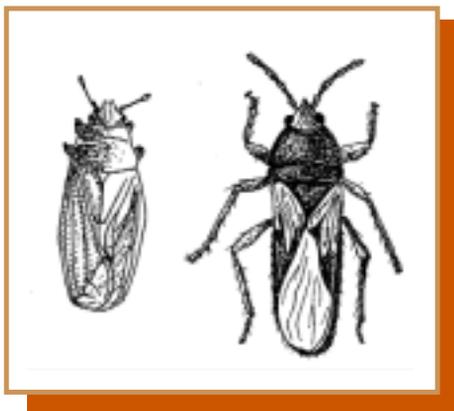
La maggior parte delle specie indigene sono attere o con ali ridotte e si trovano soprattutto tra i libri (da qui il nome pulci dei libri) ove si nutrono di leggere tracce di muffa. Vivono anche sulla corteccia degli alberi ove si nutrono di alghe, piccolissimi funghi e talvolta di polline. Queste ultime specie generalmente sono alate e a riposo posizionano le ali a tetto in forte pendenza sopra l'addome. Le forme alate, inoltre, posseggono occhi composti situati lateralmente, accompagnati da tre ocelli. Le forme attere invece hanno occhi fortemente ridotti.

Le antenne degli esemplari appartenenti all'ordine degli psocotteri sono filiformi con, generalmente, 13 articoli anche se alcune specie possono averne 20 o più. Tale numero è utilizzato per la classificazione.

L'apparato boccale, di tipo masticatore, è costituito da potenti mandibole atte a raschiare i pezzetti di cibo che trovano sul substrato.

HEMIPTERA⁴ (Heteroptera)

PHYLUM:	ARTHROPODA
CLASSE:	EXAPODA
SUPERORDINE ⁴ :	HEMIPTERA
ORDINE:	HETEROPTERA



Nomi comuni: cimici, bugs

Dimensioni: da pochi mm a 2 cm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Gli eterotteri, un tempo uniti agli omotteri in un unico ordine, gli emitteri, sono caratterizzati dal possedere un apparato boccale di tipo pungente-succhiante, che prende nel complesso il nome di rostro. A differenza degli omotteri, gli eterotteri presentano il primo paio di ali modificate in emielitre; le ali anteriori possiedono cioè un'area basale sclerificata e rigida ed un'area apicale membranosa e flessibile. Nelle specie appartenenti alla pedofauna, il corpo è generalmente appiattito in senso dorso-ventrale, ovoidale oppure variamente allungato. Sono insetti a metamorfosi incompleta, che presentano regimi alimentari estremamente diversificati: esistono eterotteri fitofagi ed altri predatori. Molti presentano ghiandole odorifere specializzate a scopo repulsivo

NOTE

⁴ Raggruppamento non considerato dalla checklist della fauna italiana ma necessario per il calcolo del QBS-ar



HEMIPTERA⁴ (Homoptera)

PHYLUM:	ARTHROPODA
CLASSE:	EXAPODA
SUPERORDINE ⁴ :	HEMIPTERA
ORDINE:	HOMOPTERA



Nomi comuni: cicale, cicadelle, afidi, cocciniglie

Dimensioni: varie, da qualche decimo di mm ad alcuni cm.

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Gli omotteri sono tutti terrestri e fitofagi, e raggruppano esemplari con forme molto differenti (cicale, afidi). La conformazione del corpo è varia, talvolta il capo si fonde con il torace e l'apparato boccale e le ali possono atrofizzarsi completamente. Il capo è fortemente inclinato verso il basso, dotato di un rostro spesso in posizione arretrata.

Hanno occhi composti e molto vistosi, accompagnati generalmente da due o tre ocelli anche se talvolta alcune specie (afidi) posseggono anche tubercoli oculari.

La forma delle antenne è molto importante per l'identificazione di alcune famiglie.

Le ali anteriori sono totalmente membranose oppure uniformemente sclerificate, disposte a tetto sull'addome quando sono a riposo. Molte specie risultano dannose per la vegetazione.

NOTE

⁴ Raggruppamento non considerato dalla checklist della fauna italiana ma necessario per il calcolo del QBS-ar

THYSANOPTERA

PHYLUM: ARTHROPODA
CLASSE: EXAPODA
ORDINE: THYSANOPTERA



Nomi comuni: tisanotteri

Dimensioni: 1 mm ca.

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

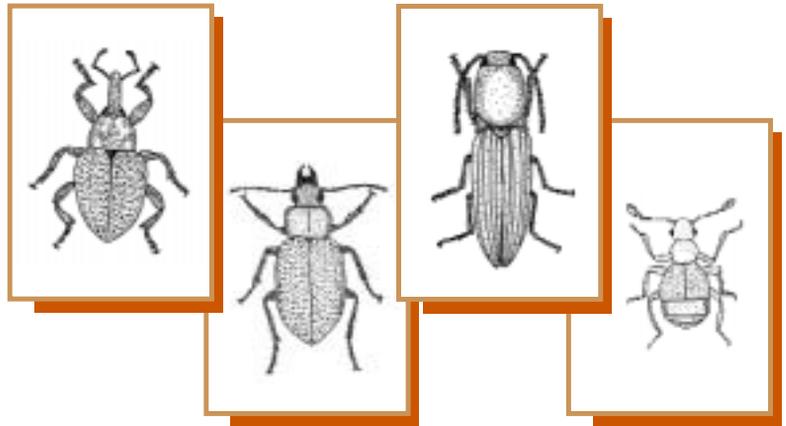
Insetti succhiatori, generalmente fitofagi, di dimensioni piccole o piccolissime. Sul capo si trovano un paio di antenne 6 - 9 articolate. Gli occhi sono sempre ben sviluppati e l'apparato boccale, a forma di stiletto, è pungente e succhiatore.

Le ali sono sviluppate in maniera diversa a seconda delle specie, a volte possono mancare (anche all'interno della stessa specie), ma la loro forma tipica è molto stretta con il margine provvisto di una ricca frangia di peli.



COLEOPTERA

PHYLUM: ARTHROPODA
CLASSE: EXAPODA
ORDINE: COLEOPTERA



Note generali

È l'ordine di insetti che ha ottenuto il maggior successo evolutivo in tutto il regno animale. Questo gruppo, estremamente vario per dimensioni, forme, aspetto ed ecologia è rappresentato nella fauna del suolo da moltissimi taxa più o meno specializzati.

Elemento tipico dei Coleotteri è la trasformazione del primo paio di ali in strutture sclerificate chiamate elitre. L'apparato boccale è di tipo masticatore.

Allo scopo del calcolo del QBS-ar non è necessario il riconoscimento di gruppi inferiori all'ordine, tuttavia, data l'importanza del taxon, si riportano alcuni esempi relativi alle più importanti famiglie presenti nella fauna edafica.



Curculionidae

PHYLUM:	ARTHROPODA
CLASSE:	EXAPODA
ORDINE:	COLEOPTERA
SOTTORDINE:	POLIPHAGA
FAMIGLIA:	CURCULIONIDAE



Nomi comuni: punteruoli, weevils

Dimensioni: da 3 a 40 mm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Costituiscono la più vasta famiglia del mondo animale, con oltre 57.000 specie censite. Sono coleotteri facilmente riconoscibili perchè nelle forme più tipiche presentano il capo allungato a formare un rostro, alla cui estremità sono presenti le mandibole. Le antenne sono tipicamente genicolate, con il primo articolo molto allungato (scapo). La colorazione è estremamente variabile, ma le specie tipiche del suolo presentano spesso colori smorti (nei toni del bruno) e anoftalmia. L'esoscheletro è fortemente chitinizzato e robusto. Tutti fitofagi, alcuni curculionidi sono assai dannosi ai coltivi ed alle derrate.



Staphylinidae

PHYLUM:	ARTHROPODA
CLASSE:	EXAPODA
ORDINE:	COLEOPTERA
SOTTORDINE:	POLIPHAGA
FAMIGLIA:	STAPHYLINIDAE



Nomi comuni: stafilinidi, rove beetles

Dimensioni: da 0,4 a 20 mm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Grande e morfologicamente omogenea famiglia di coleotteri, gli stafilinidi sono facilmente riconoscibili per il corpo allungato, appiattito dorso-ventralmente, con elitre corte e tozze che lasciano scoperto l'addome. Il capo è largo, solitamente quanto il pronoto. Spesso, se disturbati, sollevano l'estremità dell'addome a scopo intimidatorio. Alcuni gruppi presentano secreti irritanti anche per la cute umana. Ecologia e regime alimentare variano moltissimo nelle diverse specie, ma generalmente gli stafilinidi sono predatori. Il loro aspetto ricorda superficialmente quello dei dermatteri, ma sono sempre sprovvisti di cerci. Alcuni *Leptotyphlus* che vivono nel suolo sono piccolissimi, ciechi e depigmentati.

Carabidae

PHYLUM:	ARTHROPODA
CLASSE:	EXAPODA
ORDINE:	COLEOPTERA
SOTTORDINE:	ADEPHAGA
FAMIGLIA:	CARABIDAE



Nomi comuni: carabidi, *ground beetles*

Dimensioni: da pochi mm a 3-4 cm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

È uno tra i gruppi maggiormente studiati e conosciuti di coleotteri. La famiglia dei carabidi è formata da specie tipicamente predatrici, sia allo stadio larvale sia a quello adulto. Sono coleotteri generalmente compatti e robusti, con capo nettamente distinto dal torace e dotato di evidenti mandibole e lunghe zampe cursorie. Le antenne sono filiformi, con 11 segmenti. La testa è generalmente più stretta del pronoto. Le elitre ricoprono interamente l'addome e presentano, tipicamente, strie e interstrie. Alcune specie presentano colorazioni brillanti e metalliche, altre sono contraddistinte da colori scuri.



Elateridae

PHYLUM:	ARTHROPODA
CLASSE:	EXAPODA
ORDINE:	COLEOPTERA
SOTTORDINE:	POLIPHAGA
FAMIGLIA:	ELATERIDAE



Nomi comuni: elateridi, saltamartini, *click-beetles*

Dimensioni: da 8 mm a 2 cm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Coleotteri con aspetto allungato, depresso e zampe corte. Il capo è piccolo ed incastrato nel protorace. Pronoto terminante lateralmente in piccoli prolungamenti più o meno appuntiti. Antenne di 11 elementi, serrate o pettinate, mai clavate. Gli adulti possiedono una struttura ad incastro tra protorace e mesotorace, che permette all'insetto di scattare improvvisamente, liberando l'energia immagazzinata e realizzando salti di notevole entità (sono detti dagli anglosassoni *click-beetles*). Tale meccanismo è basato sull'azione dei potenti muscoli toracici ed è utilizzato dall'insetto per sfuggire ad un pericolo immediato. Presentano spesso vistose colorazioni metalliche, anche se non mancano specie caratterizzate da colori smorti. Gli adulti sono fitofagi, le larve possono essere fitofaghe o carnivore.

Pselaphidae

PHYLUM:	ARTHROPODA
CLASSE:	EXAPODA
ORDINE:	COLEOPTERA
SOTTORDINE:	POLIPHAGA
FAMIGLIA:	PSELAPHIDAE



Nomi comuni: pselafidi

Dimensioni: da 1 a 35 mm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Le caratteristiche distintive degli pselafidi sono: antenne clavate, formate da 10-11 elementi, elitre brevi, tronche e (quasi sempre) assenza di ali. L'addome rimane scoperto e libero parzialmente. I tarsi sono formati da tre soli segmenti. Sono tipici abitatori del suolo, delle grotte, delle tane e dei formicai. Notturmi e lucifughi, sono in gran parte predatori e mirmecofili.



Cholevidae

PHYLUM:	ARTHROPODA
CLASSE:	EXAPODA
ORDINE:	COLEOPTERA
SOTTORDINE:	POLIPHAGA
FAMIGLIA:	CHOLEVIDAE



Nomi comuni: colevidi, catopidi, anisotomidi, leiodidi

Dimensioni: 1-5 mm

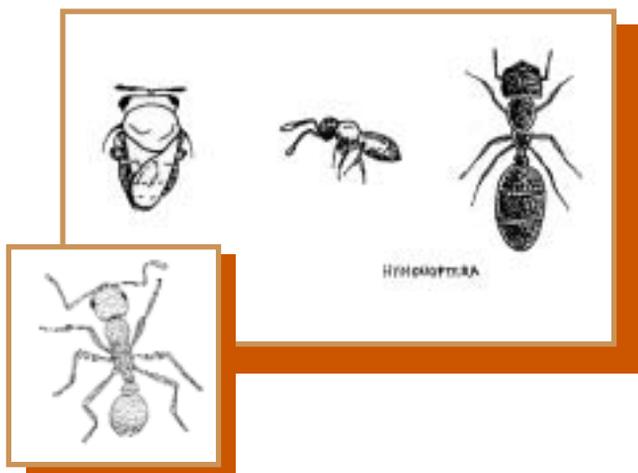
Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Questa famiglia, un tempo denominata Catopidae, comprende coleotteri di modeste dimensioni, tra cui si possono annoverare numerose forme troglobie, cioè particolarmente adattate alla vita nelle cavità ipogee. Numerosi sono anche i Colevidi che vivono negli orizzonti superficiali del suolo. Il corpo è generalmente ovaleggiante, con capo piccolo e lunghe antenne, formate da 10-11 elementi. Zampe spesso spinose ed addome nascosto dalle elitre. Questi animali si nutrono di materiale vegetale in decomposizione e ife fungine.



HYMENOPTERA

PHYLUM: ARTHROPODA
CLASSE: EXAPODA
ORDINE: HYMENOPTERA



Nomi comuni: api, formiche, vespe, calabroni.

Dimensioni: da pochi decimi di mm fino a 4 - 6 cm.

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Gli imenotteri posseggono nella maggior parte dei casi due paia di ali membranose, prive di squame e ricoperte di numerosi ed esili peli, di cui il paio anteriore risulta essere più grande. Il corpo è generalmente allungato con il capo ben distinto. Le antenne sono per lo più lunghe e sottili, ma occasionalmente possono presentarsi anche brevi ed ispessite oppure genicolate. L'apparato boccale può essere di tipo lambente - succhiatore oppure masticatore. Nel sottordine degli *apocriti* torace e addome sono uniti tramite un peduncolo.

Si tratta di un ordine le cui specie hanno meglio sviluppato i comportamenti sociali.

Gli imenotteri vivono su fiori e piante, tra l'erba, nel terreno, ma anche sui muri.



DIPTERA (Larve)

PHYLUM: ARTHROPODA
CLASSE: EXAPODA
ORDINE: DIPTERA



Nomi comuni: moltissimi, a seconda dei diversi generi o specie (mosche, zanzare, tafani, moscerini, tipule...)

Dimensioni: da pochi mm ad alcuni cm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

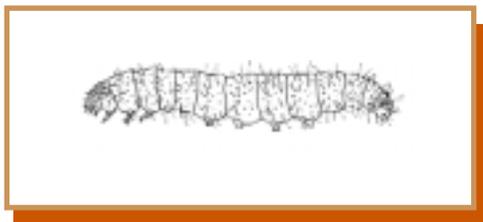
Le larve dei Ditteri si possono rinvenire nel suolo con grande frequenza. Sono riconoscibili in quanto quasi sempre apode, anche se talvolta possono presentare escrescenze simili alle pseudozampe dei bruchi.



ALTRI OLOMETABOLI (larve)

In riferimento a questo gruppo si possono trovare principalmente larve di coleotteri (A) più raramente lepidotteri (B).

A



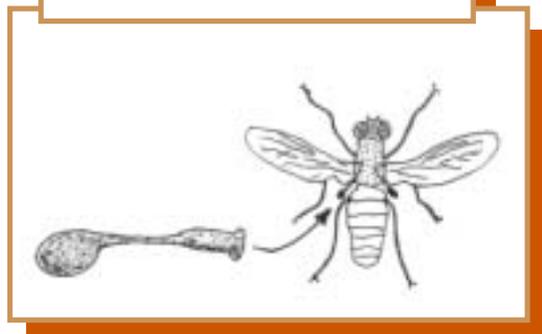
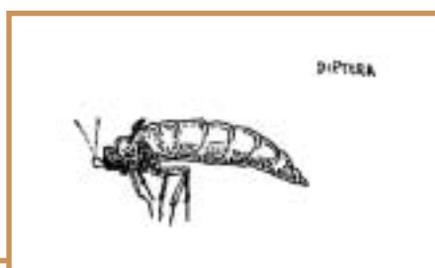
B



ALTRI OLOMETABOLI (adulti)

Per l'applicazione del QBS-ar, in questo gruppo vengono considerati per lo più gli artropodi appartenenti all'ordine dei ditteri. Si tratta di un ordine di insetti molto vasto (70.000 ca. le specie conosciute). Sono di varie dimensioni, le ali posteriori sono sempre ridotte a forma di bilancieri o a di clava (B), ed il paio anteriore è membranoso. Si trovano anche alcune specie completamente attere (A). L'apparato boccale si presenta molto eterogeneo all'interno dell'ordine, può essere di tipo masticatore, lambente oppure pungente succhiatore.

A



B



PSEUDOSCORPIONES

PHYLUM: ARTHROPODA
CLASSE: ARACHNIDA
ORDINE: PSEUDOSCORPIONIDA



Nomi comuni: pseudoscorpioni, *pseudoscorpions*

Dimensioni: mai oltre gli 8 mm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

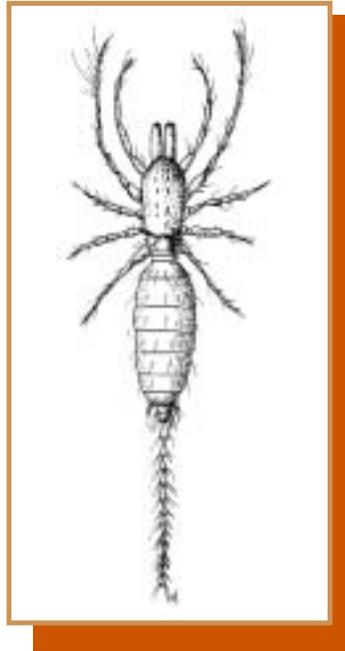
Questi aracnidi di piccole dimensioni vivono negli strati profondi della lettiera, nel terreno, sotto cortecce, tra muschi e in altri tipi di habitat simili. Le piccole dimensioni sono il motivo per cui questi animali si vedono di rado, pur essendo, in realtà, abbastanza comuni.

Molto simili nell'aspetto generale ai veri scorpioni, non presentano però il lungo metasoma e l'apparato pungitore. Inoltre nessuno scorpione adulto è tanto piccolo quanto uno pseudoscorpione. Uno o due paia di occhi laterali, a volte del tutto assenti.



PALPIGRADI

PHYLUM: ARTHROPODA
CLASSE: ARACHNIDA
ORDINE: PALPIGRADA



Nomi comuni: paligradi, *microwhip scorpions*

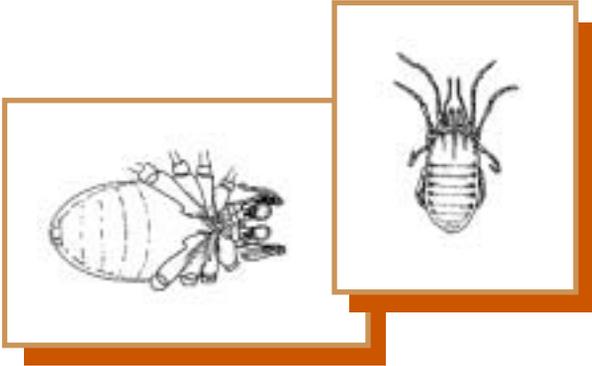
Dimensioni: 0,5 - 3 mm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

I Palpigradi sono animali molto rari, la cui biologia è poco nota. Presentano un tegumento molto sottile di colore biancastro, non posseggono occhi e si ritrovano sotto le pietre o nel suolo, in particolare in grotte dove l'umidità è elevata. Il corpo è segmentato e prolungato in un flagello terminale simile ad una frusta. Il prosoma è diviso in tre piastre principali, lo *scudo anteriore*, lo *scudo posteriore* e una piccola terza piastra per ogni lato del prosoma. Cheliceri ben sviluppati.

OPILIONES

PHYLUM: ARTHROPODA
CLASSE: ARACHNIDA
ORDINE: OPILIONIDA



Nomi comuni: opilioni, *opiliones*

Dimensioni: tra i 3 e gli 8 mm, esclusi gli arti

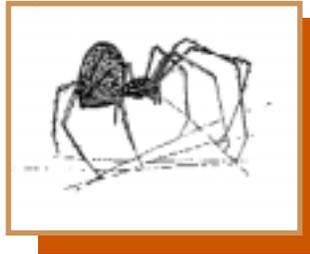
Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Relativamente simili ai ragni, con i quali vengono spesso confusi, si distinguono facilmente da questi per avere il corpo più o meno ovoidale senza strozzatura tra la parte anteriore e la posteriore. Alcuni piccoli opilioni del suolo possono essere confusi con gli acari, se ne distinguono per le dimensioni, la forma peculiare e per avere cheliceri e pedipalpi non fusi in un rostro. In ogni caso la caratteristica principale per il loro riconoscimento è la suddivisione dell'opistosoma in segmenti che risultano ben visibili nella parte ventrale dell'individuo. Negli opilioni più noti gli arti sono molto lunghi, ma esistono altri gruppi legati maggiormente al suolo che presentano arti più corti.



ARANEAE

PHYLUM: ARTHROPODA
CLASSE: ARACHNIDA
ORDINE: ARANEAE



Nomi comuni: ragni, *spiders*

Dimensioni: molto varie, da 1-2 mm a pochi cm.

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

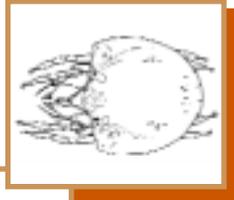
I ragni presentano abitudini di vita estremamente varie. Le specie terricole si ritrovano per lo più nei primi strati del terreno, anche se esistono specie che scavano le loro tane anche a diversi cm di profondità (si tratta comunque di specie di dimensioni medio-grandi). Le specie ritrovabili nei primi strati del suolo, di dimensioni minori (1-2 mm), appartengono in maggioranza alla famiglia del Linyphiidae.

Corpo chiaramente diviso in due parti, una anteriore, il *prosoma* e l'altra, posteriore, l'*opistosoma*. Cheliceri di dimensioni moderate, occhi generalmente presenti in numero di 8.



ACARI

PHYLUM: ARTHROPODA
CLASSE: ARACHNIDA
TAXON: ACARIDA



Nomi comuni: acari, *mites*

Dimensioni: 0,1 - 2 mm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Costituiscono una sottoclasse di aracnidi, numerosa e varia, dalla sistematica estremamente complessa.

Le dimensioni sono ridotte, lo sviluppo è indiretto, dalle uova nasce una larva esapoda, che si trasformerà in adulto con quattro paia di zampe (attraverso diversi stadi ninfali). La forma del corpo è spesso breve, tondeggiante o quasi sferica, solo in alcune forme parassite il corpo assume una forma allungata. Si tratta di un gruppo vastissimo ed ubiquitario.

Gli acari costituiscono una delle principali componenti della fauna del suolo.



ISOPODA

PHYLUM:	ARTHROPODA
CLASSE:	CRUSTACEA
SOTTOCLASSE:	MALACOSTRACA
INFRACLASSE:	EUMALACOSTRACA
ORDINE:	ISOPODA
SOTTORDINE:	ONISCOIDEA



Nomi comuni: porcellini di terra, oniscidi, pidocchi del legno, *isopods*

Dimensioni: fino a 2 cm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

La maggior parte delle specie di Isopodi descritte sono marine. Solamente gli oniscidi presentano specie terrestri. Questi sono chiamati anche porcellini di terra e si ritrovano facilmente nella lettiera e nei primissimi strati di suolo. La loro presenza è fortemente condizionata dall'umidità e in una certa misura dal tenore di calcio. Si nutrono di detriti vegetali.

L'aspetto peculiare degli isopodi è il corpo appiattito dorso-ventralmente. Molti oniscidi hanno evoluto la capacità di arrotolarsi a palla, assicurando così protezione e contribuendo a ridurre la perdita d'acqua per evaporazione. Un paio di antenne. Tegumento fortemente sclerificato e assenza di cere.

DIPLOPODA

PHYLUM: ARTROPODA
CLASSE: DIPLOPODA



Nomi comuni: millepiedi, *millipedes*

Dimensioni: da 2 mm a pochi cm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Frequentatori abituali della lettiera, si ritrovano ugualmente tra le pietre, e sotto le cortecce. Molti diplopodi sono cavernicoli.

Aspetto peculiare di questa classe è la presenza, nel tronco, di segmenti duplici (o diplosegmenti). Ogni diplosegmento porta due paia di zampe (da cui il nome della classe). Il corpo è sostanzialmente cilindrico, il capo tende ad essere convesso sul dorso e appiattito centralmente. Come gli isopodi, alcune specie (Fam. Glomeridae) hanno evoluto la capacità di appallottolarsi. Il tegumento è molto duro, fortemente impregnato di sali di calcio.



PAUPODA

PHYLUM: ARTROPODA
CLASSE: PAUPODA



Nomi comuni: pauropodi, *pauropods*
Dimensioni: 0,5 - 2 mm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

I pauropodi costituiscono una piccola classe di animali comprendente in tutto circa 500 specie conosciute, una trentina delle quali presenti in Italia.

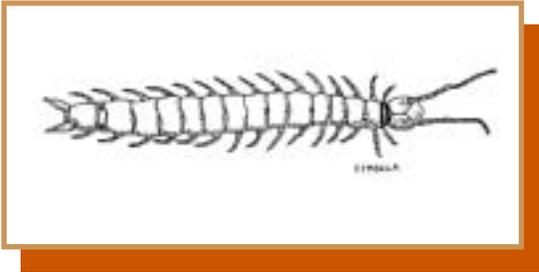
Si tratta di animali ciechi e lucifughi, il loro corpo non è sclerificato e vi si distinguono un capo ed un tronco. Il tronco è costituito generalmente di 11 segmenti dei quali 9 portano ognuno un paio di zampe. Le antenne sono bifide, un ramo termina in un solo flagello, l'altro in due flagelli ed una particolare struttura sensoriale a forma di clava.

Abitano gli ambienti molto umidi, nei detriti, in particolare quelli dei primi strati del suolo forestale. Non sono in grado di scavare.



SYMPHILA

PHYLUM: ARTROPODA
CLASSE: SYMPHILA



Nomi comuni: sinfili

Dimensioni: 2 - 10 mm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Piccola classe di circa 120 specie conosciute. Sono animali delicati, dall'esoscheletro depigmentato, sottile e flessibile.

Il corpo è allungato e vi si riconoscono un capo ed un tronco. Il capo porta lunghe antenne moniliformi; gli occhi sono assenti. Sul tronco si trovano 12 paia di zampe, e l'ultimo segmento addominale porta un paio di cerci con lo sbocco di ghiandole setigere.

I primi strati del suolo ed i detriti vegetali costituiscono il loro habitat, preferiscono ambienti umidi poiché sono molto sensibili alla disidratazione.

Nei periodi secchi, pur non essendo in grado di scavare, riescono a raggiungere le profondità del terreno insinuandosi tra le zolle del terreno.



CHILOPODA

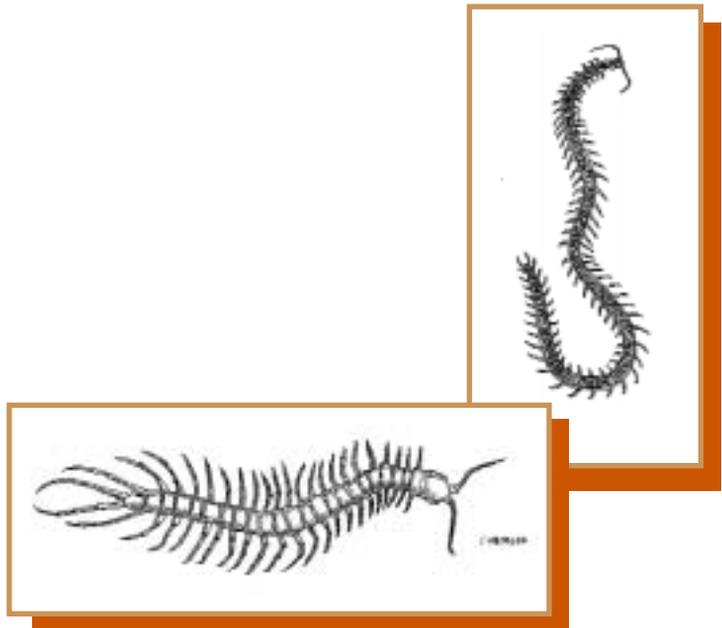
PHYLUM: ARTROPODA
CLASSE: CHILOPODA

Nomi comuni: centopiedi, scolopendre, geofilomorfi, *centipedes*

Dimensioni: fino a 6 cm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Diffusi nei primi strati di terreno, sotto pietre e cortecce. Le specie più adattate alla vita nel suolo appartengono all'ordine dei Geofilomorfi, simili a scolopendre lunghe e filiformi con le zampe che servono, più che a sorreggere, a puntellare il corpo tra le particelle di suolo. La parte basale della mandibola è allungata e giace sotto la superficie ventrolaterale del corpo. Sotto le mandibole vi è un primo paio di mascelle. Le forcipule o massillipedi sono degli artigli velenosi posti lateralmente. Al contrario di altri centopiedi, i geofilomorfi sono adatti per penetrare nel suolo incoerente e nell'humus, occhi per lo più assenti.



ALTRI GRUPPI

Mediante la tecnica di estrazione con l'apparato di Tullgren-Berlese possono essere frequentemente rinvenuti rappresentanti di gruppi sistematici non appartenenti al phylum degli artropodi, e che quindi non sono presi in considerazione per il calcolo dell'indice di qualità QBS-ar. Si tratta comunque di fauna tipica del suolo, che svolge un ruolo fondamentale nell'ecosistema edafico.

Mollusca

PHYLUM:	MOLLUSCA
CLASSE:	GASTROPODA
SOTTOCLASSE:	PULMONATA/PROSOBRANCHIA TERRESTRI

Nomi comuni: lumache, limacce, *snails*

Dimensioni: molto varie, le specie riscontrabili nel suolo possono misurare anche pochi mm.

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Le specie terrestri di molluschi comprendono gli Stylommatophora (Polmonati) e alcuni Prosobranchi terrestri. Gli Stylommatophora possiedono due paia di tentacoli; all'estremità del paio superiore hanno gli occhi, gli inferiori possono essere poco evidenti.

Molte specie presentano un nicchio calcareo, ma esistono specie (limacce) dette "nude", cioè senza conchiglia o con conchiglia estremamente ridotta. Si tratta di animali per lo più erbivori, ma esistono polmonati carnivori.

Alcune specie presentano diversi adattamenti tipici alla vita nel suolo, come *Caecilioides acicula* cieca e depigmentata che si ritrova in particolare nei suoli con alto tenore di calcio fino a 40 cm di profondità.

I Prosobranchi terrestri sono rappresentati dai generi *Pomaties* e *Cochlostoma* appartenenti rispettivamente alle famiglie Pomatiasidae e Cochlostomatidae. Vivono per lo più sulle rocce calcaree e sono muniti di conchiglia.



Enchytraeidae

PHYLUM: ANELLIDA
CLASSE: OLIGOCHAETA
FAMIGLIA: ENCHYTRAEIDAE



Nomi comuni: vermi bianchi, enchitreidi, *potworms*

Dimensioni: fino a 2 cm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Gli Enchytraeidae si possono ritrovare in ambiente marino, come dulciacquicolo, come terrestre. Molte specie sono allevate per il nutrimento dei pesci d'acquario. *Enchytraeus albidus* si ritrova facilmente nella lettiera e nei primi centimetri di suolo. Preferiscono ambienti molto umidi e possono raggiungere densità enormi: in un m² di terreno prativo sono stati registrati fino a 8000 enchitreidi.

Le setole raggruppate in ciuffi ed un clitello di un solo strato cellulare sono le caratteristiche che permettono di distinguerli facilmente dai Lumbricidae.



Lumbricidae

PHYLUM: ANELLIDA
CLASSE: OLIGOCHAETA
FAMIGLIA: LUMBRICIDAE



Nomi comuni: lombrichi, vermi di terra, *earthworms*

Dimensioni: fino a 20 cm

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Si tratta di specie terrestri il cui effetto sul suolo è estremamente benefico. Ad un'importantissima azione di rimescolamento del terreno si associa, infatti, un aumento considerevole della capacità di drenaggio e dell'aerazione del suolo.

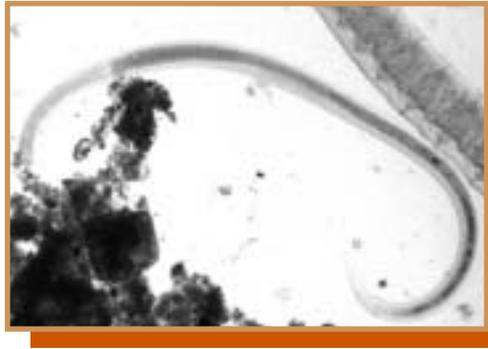
In genere i lombrichi si ritrovano in suoli molto fertili, ricchi di sostanza organica, debolmente acidi e ben drenati.

Le setole presenti sul corpo dei Lumbricidae sono di dimensioni microscopiche ed in genere in numero di 4 coppie su ogni segmento.



Nematoda

PHYLUM: NEMATODA
CLASSE: NEMATODA



Nomi comuni: Nematodi

Dimensioni: da 0,5 a 2-3 mm (specie che vivono nel suolo)

Breve descrizione morfologica e cenni sull'ecologia

Invertebrati di aspetto vermiforme, di colore bianchiccio o trasparente, il cui corpo ha una forma cilindrica fusiforme e allungata con le due estremità affusolate e impari. Gli organi interni sono poco evoluti.

I nematodi che vivono nel suolo sono spesso parassiti delle piante coltivate, ma numerose specie che si nutrono della microflora o di materiali in decomposizione, sono utili in quanto contribuiscono a mantenere l'equilibrio ecologico dell'ecosistema edafico.



Classificazione di uso del suolo (aree agricole) secondo il Codice Corine Land Cover

LIVELLO					DESCRIZIONE
I	II	III			
2	1		Terre arabili		<i>Aree coltivate regolarmente arate e generalmente condotte con un sistema a rotazione.</i>
2	1	1	Terre arabili		Cereali, legumi, foraggi secchi non irrigate, radici commestibili (carote, rape, ecc.) e maggese. Include coltivazioni di fiori e alberi (vivai) e ortaggi, sia in pieno campo che in serra (inclusi gli orti). Include le piante aromatiche, medicinali e dacucina. Esclude i pascoli permanenti.
2	1	2	Terre permanentemente irrigate		Colture irrigate permanentemente e periodicamente, utilizzando una infrastruttura permanente (canali d'irrigazione, rete di drenaggio). La maggior parte di queste colture non potrebbero essere coltivate senza una rete idraulica artificiale. Non include le terre sporadicamente irrigate.
2	1	3	Risaie		Terre sviluppate per la coltivazione di riso. Superfici piane con canali d'irrigazione. Superfici regolarmente allagate.
2	2		Colture permanenti		<i>Colture non sottoposte ad un sistema di rotazione che forniscono ripetuti raccolti e occu-</i>

pano la terra per un lungo periodo prima che sia arata nuovamente e ripiantata: principalmente piantagioni di colture arboree. Sono esclusi i prati e i terreni destinati a pascoli e le foreste.

2	2	1	Vigneti	Aree a vigna.
2	2	2	Frutteti e piantagioni per bacche	Impianti con alberi da frutto o arbusti: specie da frutto singole o miste, alberi da frutto associati con superfici a prato permanente. Include i castagneti ed i noceti.
2	2	3	Oliveti	Impianti di olivi, incluse le particelle miste olivo-vite
2	2	4	Agrumeti	Impianti di agrumi.
2	3		Pascoli	
2	3	1	Pascoli	Copertura densa di erba prevalentemente graminoide, non sottoposta a sistema di rotazione. Principalmente utilizzata per il pascolo, ma il foraggio può essere raccolto meccanicamente. Include aree con siepi (<i>bocage</i>) o recinzioni in genere.
2	4		Aree agricole eterogenee	
2	4	1	Colture annuali associate con colture permanenti	Colture non permanenti (terre arabili o pascoli) associate a colture permanenti sulla stessa particella.
2	4	2	Coltivazioni complesse	Accostamento di piccole particelle di varie colture annuali, pascoli e/o colture permanenti.

- | | | | | |
|---|---|---|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | 4 | 3 | Terre principalmente occupate dall'agricoltura, con significative aree di vegetazione naturale | Aree principalmente occupate dall'agricoltura, intramezzate con significative aree di vegetazione naturale. |
| 2 | 4 | 4 | Aree agro-forestali | Coltivazioni annuali o terre destinate al pascolo sotto una copertura alberata di specie forestali. |



Proposta di Classificazione di uso del suolo e codifica delle Tipologie di colture

Coltura assente

1. Bosco naturale

1.1. Ceduo

- 1.1.1. Semplice
- 1.1.2. Coniferato

1.2. Fustaia

- 1.2.1. Latifoglie
- 1.2.2. Conifere
- 1.2.3. Mista

2. Suolo Nudo

- 2.1. Cava
- 2.2. Scavo Antropico
- 2.3. Temporaneo

3. Coltivo abbandonato

4. Incontro improduttivo

5. Torbiera

6. Aree umide

Coltura presente

7. Colture foraggere permanenti

- 7.1. Prati permanenti asciutti
- 7.2. Prati permanenti irrigui

8. Seminativi avvicendati

8.1. Cereali autunno - vernini

- 8.1.1. Avena
- 8.1.2. Frumento tenero
- 8.1.3. Frumento duro
- 8.1.4. Orzo autunnale
- 8.1.5. Orzo Marzuolo
- 8.1.6. Segale
- 8.1.7. Triticale

8.2. Leguminose da granella

- 8.2.1. Fagiolo da granella
- 8.2.2. Fave da granella
- 8.2.3. Lupino
- 8.2.4. Soia

8.3. Oleaginose

- 8.3.1. Colza
- 8.3.2. Girasole

8.4. Colture orticole

- 8.4.1. Agli e Scalogno
- 8.4.2. Angurie
- 8.4.3. Asparagi
- 8.4.4. Barbabietole da orto
- 8.4.5. Bietole da coste
- 8.4.6. Broccoletti
- 8.4.7. Cardi
- 8.4.8. Carote
- 8.4.9. Cavolfiore
- 8.4.10. Cavolo cappuccio
- 8.4.11. Cavolo verza
- 8.4.12. Cipolle
- 8.4.13. Fagioli
- 8.4.14. Fave
- 8.4.15. Finocchi
- 8.4.16. Fragole
- 8.4.17. Indivia (riccia e scarola)
- 8.4.18. Lattughe
- 8.4.19. Melanzane
- 8.4.20. Patate
- 8.4.21. Peperoni
- 8.4.22. Piselli freschi
- 8.4.23. Pomodori
- 8.4.24. Poponi e Meloni
- 8.4.25. Porri
- 8.4.26. Radicchi e Cicorie
- 8.4.27. Rape
- 8.4.28. Ravanelli
- 8.4.29. Sedano da costa
- 8.4.30. Spinaci
- 8.4.31. Zucche e zucchine

8.5. Prati avvicendati

8.6. Erbai

8.7. Seminativi arborati

8.8. Mais

- 8.8.1. Ibrido
- 8.8.2. Nostrano

8.9. *Risaia*

8.10. *Sorgo*

8.11. *Tabacco*

9. Colture agrarie legnose

9.1. *Vigneti*

9.1.1. Uva da tavola

9.1.2. Uva da vino

9.2. *Frutteti*

9.2.1. *Actinidia*

9.3. *Pomacee*

9.3.1. Mele

9.3.2. Pere

9.4. *Drupacee*

9.4.1. Albicocche

9.4.2. Ciliegie

9.4.3. Nettarine

9.4.4. Pesche

9.4.5. Susine

9.5. *Castagneti*

9.5.1. Castagneti da frutto coltivati

9.6. *Noceti*

9.6.1. Noceto da frutto

9.7. *Piccoli Frutti*

9.7.1. Nocciolo

10. Colture arboree forestali

10.1. *Pioppeti*

10.2. *Noceti*

10.2.1. Noceto da legno

AA. VV., 1997. Guida sistematica alla checklist della fauna italiana. www.scn.minambiente.it

Accordi B., Lupia Palmieri E., Parlotto M., 1993. *Il globo terrestre e la sua evoluzione*. Zanichelli ed., Bologna

Baccetti B., N. E. Baldaccini, C. Bedini, P. Brandmayr, E. Capanna, G. Chieffi, M. Coboldi, M. Ferraguti, E. Ghirardelli, F. Giretti, F. Giusti, A. Ghigolo, D. Mainardi, A. Minelli, F. Papi, N. Parrinello, N. Ricci, S. Ruffo, M. Sarà, V. Scali, A. Zullini, 1991. *Trattato italiano di zoologia*. Grasso ed. – Bologna. 1280 pp.

Barnes R. D., 1980. *Zoologia degli invertebrati*. Piccin. 1237 pp.

Belli M., 2002. *Il progetto Soil Samp*. Giornate di lavoro "Campionamento e analisi su suoli e sedimenti", Società Italiana Scienza del Suolo, Verbania Pallanza 4-5 aprile 2002.

Benckiser G., 1997. *Fauna in Soil Ecosystem*. Marcel Dekker, U.S.A.

Bernini F., Bridges E.M., Busoni E., Dallai R., Ferrari G.A., Giacomini V., Landi R., Lulli L., Magaldi D., Mancini F., Radaelli L., 1984 *Conoscere il suolo. Introduzione alla pedologia*. ETAS Libri s.p.a, pp. 106.

Bater J.E., 1996, Micro- and Macro-Arthropods. In: G.S. Hale (Ed.), *Methods for examination of organismal diversity in soil and sediments*. CAB International, pp. 304.

Bolton H., 1994. *Identification Guide to the Ant Genera of the World*. Harvard U.P.

Casarini P., Genoni P., Pizzochero N., 2002. *Una strategia di campionamento per la valutazione della qualità biologica del suolo*. Poster al Seminario di studi "Nuovi Orizzonti dell'Ecologia", CISBA, Trento 18-19 aprile 2002.

Chinery M., 1987. *Guida degli insetti d'Europa*. Franco Muzzio Editore

Chu H.F, Cutkomp L. K., 1992. *How to Know the Immature Insects*. McGraw Hill.

Coineau Y., 1974. *Introduction a l'etude des microarthropodes du sol et de ses annexes*. Doin ed.

Coineau Y., R. Cléva, G. du Chatenet, 1997. *Ces animaux minuscules qui nous entourent*. Delachaux et Niestlé

Coleman D. C., Crossley D.A. (Eds.) 1996. *Fundamentals of Soil Ecology*. Academic Press.

Cortet J., Gomot-De Vaufleury A., Poinso-Balaguer N., Gomot L., Texier C., Cluzeau D., 1999. The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects. *Eur. J. Soil Biol.*, **35**:115-134.

Cragg R.G., R.D. Bardgett (2001) - How changes in soil diversity and composition within a trophic group influence decomposition processes - *Soil Biology & Biochemistry* **33**: 2073-2081.

D'Avino L., 2002. *Esposizione del metodo di Vittorio Parisi per la valutazione della Qualità Biologica del Suolo (QBS) e proposta di standardizzazione delle procedure*. Museo di Storia Naturale dell'Università di Parma. CD ROM - Parma, gennaio 2002

Dickinson C.H., Pugh G.J.F., 1974. *Biology of Plant Litter Decomposition*. Academic press - London and New York. Voll. 1,2.

Eisenbeis G., Wichard W., 1987. *Atlas on the biology of soil arthropods*. Springer-Verlag.

FAO, 1998. *World Reference Base for Soil Resources*. ISBN 92-5-104141-5. FAO, ISRIC & ISSS, Rome.

Gardi C., Tomaselli M., Parisi V., Petraglia A., Santini C., 2002. Soil quality indicators and biodiversity in northern Italian permanent grasslands. *Eur. J. Soil Biol.*, **38** (2002):103-110.

Górny M. & Grüm L. (Eds.), 1993. *Methods in soil zoology*. Elsevier, Amsterdam, London, New York, Tokyo - & PWN – Polish Scientific Publishers, Warszawa.

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



Kandeler E., Kampichler C., Joergensen R.G., K. Mölter, 1999, Effect of mesofauna in a spruce forest on soil microbial communities and N cycling in field mesocosms. *Soil Biology and Biochemistry* **31**: 1783-1792.

Jacomini, C., Nappi, P., Sbrilli, G. e Mancini, L., 2000. *Indicatori ed indici ecotossicologici e biologici applicati al suolo: stato dell'arte*. ANPA, RTI CTN_SSC 3/2000: 29 pp.

Disponibile on-line all'URL:

<http://www.sinanet.anpa.it/aree/geosfera/documentazione>

Lavelle, P., 1997. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecological Research*, **27**: 93-132.

Lucadamo L., 1997. La sostanza organica del suolo: aspetti strutturali e funzionali. <http://www.portalesila.it/terraterra/ecods/sostorg.html>.

Ludwig J.A., Reynolds J.F., 1988, *Statistica Ecology. A primer on methods and computing*. John Wiley & Sons, Inc (ed.): pp. 337.

Matthey W., Della Santa E., Wannemacher C., 1992. *Guida pratica all'ecologia*. Zanichelli, Bologna: pp. 230.

Parisi V., 2001. La qualità biologica del suolo. Un metodo basato sui microartropodi. *Acta Naturalia de "L'Ateneo Parmense"*, **37**, nn. 3/4, (2001): 97-106.

Parisi V., 1974. *Biologia e ecologia del suolo*. Boringhieri, Torino

Phillipson J. (ed), 1971. *Methods of Study in Quantitative Soil Ecology: population, production and energy flow*. Blackwell scientific publications – Oxford and Edinburgh

Pokarzhevskii, A.D., 1996. The problem of scale in bioindication of soil contamination. In: N.M. van Straalen & D.A. Krivolutsky (Eds.), *Bioindicator Systems for Soil Pollution*. Kluwer Academic Publishers, NL: pp. 111-121.

Schinner E., Ohlinger R., Kandeler E., Margesin R. (Eds.) 1995. *Methods in soil biology*. Springer.



Servadei, Zangheri et Masutti, 1972. *Entomologia generale ed applicata*. Edizioni Cedam, Padova

Stehr F. W., 1991. *Immature Insects*, Volume 1. Kendall Hunt Ed.

Stehr F. W., 1991. *Immature Insects*, Volume 2. Kendall Hunt Ed.

Travé J., André H.M., Taberly G., Bernini F., 1996. *Les Acariens Oribates*. Agar Publ., Wavre, Belgium, pp. 110.

Usher M.B., 1976. Aggregation responses of soil arthropods in relation to the soil environment. In: Anderson, J.M., & Macfadyen A. (eds), *The role of terrestrial and aquatic organisms in decomposition processes*. 17th Symposium of the British Ecological Society. Blackwell, Oxford, London, Edinburg, Melbourne, 61-94.

Usher, M.B., Booth, R.G., Sparkes, K.E., 1982. A review of progress in understanding the organization of communities of soil arthropods. *Pedobiologia* 23, 126-144.

Veeresh G., Rajagopal D., Viraktamath C. (Eds.), 1998. *Advances in Management and Conservation of Soil Fauna*. Backhuys, Netherlands.

Walter D.E., Proctor H.C. 1999. *Mites: Ecology, Evolution and Behaviour*. CABI Publishing

Wallwork J.A. 1970. *Ecology of soil animals*. McGraw-Hill (Ed.), pp.283.

Zahradnik J., Severa F., 1985. *Impariamo a conoscere gli insetti*. Istituto Geografico De Agostini, Novara.

Zanella A., Tomasi M., De Siena C., Frizzera L., Jabiol B., Nicolini G. (Eds.), 2001. *Humus forestali. Manuale di ecologia per il riconoscimento e l'interpretazione - Applicazione alle faggete*. Cealp, Trento.

Zangheri P., 1970. *Il naturalista - esploratore - raccogliitore - preparatore*. Hoepli ed., Milano.





SFERA - PUNTO DI DOMANDA - PIRAMIDE

La *sfera* rappresenta idealmente l'insieme delle strutture e delle istituzioni che operano nella tutela dell'ambiente.

Il *punto di domanda* evidenzia la volontà di conoscere.

La *piramide* rappresenta idealmente il punto di confluenza delle energie poste nella ricerca delle risposte.