



Tesi di Dottorato in Biologia Animale

**BIODIVERSITA' DEI CARABIDI E CONSERVAZIONE
DEGLI AMBIENTI FORESTALI**

XXI Ciclo - Dottorato in Biologia Animale

Settore scientifico disciplinare di afferenza BIO/07 Ecologia

Coordinatore

Prof.ssa Maria Carmela Cerra

Supervisore

Prof. Pietro Brandmayr

Candidato:

Valeria Pulieri

A.A. 2009-2010

Ad Antonio, Maria e Stefano,
e, soprattutto al Prof.

Riassunto

La resilienza, la stabilità e la resistenza degli ecosistemi forestali sono le principali proprietà che conferiscono la capacità di preservazione di un ecosistema, permettendo la produzione di quei “servizi ecosistemici” essenziali per la conservazione dell’equilibrio naturale.

Di fronte a fenomeni come i cambiamenti climatici e altri fattori di disturbo causati dalle attività antropiche, è di fondamentale importanza monitorare e controllare lo stato di stabilità degli ecosistemi.

I Coleotteri Carabidi, buoni bioindicatori, attraverso la loro struttura di comunità, l’analisi dei gruppi funzionali presenti e la sensibilità alle variazioni ambientali riscontrabile nell’analisi morfometrica, fornisce degli indicatori utili per valutare la conservazione degli habitat e per contribuire ad identificare cambiamenti altrimenti non rilevabili fra ambienti in apparenza simili.

L’analisi della biodiversità viene migliorata nella sua valutazione, dall’integrazione di tali fattori, che esaltano il ruolo funzionale delle singole specie della zoocenosi.

Abstract

Resilience, stability and resistance of forest ecosystems are the main properties providing the conservation of those habitats and allowing the maintenance of processes essential for the “ecosystem services” supply.

In front of climate change and other disturbances coming from human activities, it is of fundamental importance to watch and check stability status of ecosystems. Ground beetles, good bioindicators, by their community composition, functional groups and morphometric sensitivity, provide indicators on habitat conservation evaluation and contribute to identify little changes among areas looking similar.

The analysis of biodiversity could be improved by considering the above factors, enhancing the functional role of single species of the community.

Sommario:

Introduzione	8
Area di studio	14
Il Parco del Pollino	14
I siti Natura 2000 del Pollino	18
I Monti di Orsomarso	25
Riserva Naturale Orientata “Valle del Fiume Argentino”	29
I Coleotteri Carabidi	33
Collocazione sistematica	33
Morfologia	33
Adattamenti e risposte dei Coleotteri Carabidi all'ambiente	37
Ecologia	39
I bioindicatori	42
Forme biologiche	44
Potere di dispersione	47
La biodiversità dei Carabidi in Italia	48
Distribuzione ed areali	50
I Carabidi come bioindicatori	53
Studio della struttura di comunità	55
Campionamento con le trappole a caduta	59
Posizionamento delle trappole	60
Prelievo delle trappole, lavaggio e smistamento	65
Determinazione delle specie	65
Analisi dei dati	66
Compilazione della tabella zoosociologica	67
Analisi morfometrica di <i>Carabus lefebvrei</i>	69
Risultati	71
Analisi descrittiva generale	71
Corologia, abitudini alimentari, e potere di dispersione	78
Analisi della biodiversità	81
Valori di biodiversità vs gruppi funzionali	86
Analisi morfometrica	88
Schema riepilogativo dell'analisi morfometrica	100
Discussione e Conclusioni	101
Bibliografia	103
APPENDICE A	114
APPENDICE B	115
APPENDICE C	116
APPENDICE D	117

Indice delle figure

Figura 1 – Il precario equilibrio di un ecosistema.....	10
Figura 2 - Parco Nazionale del Pollino.....	14
Figura 3 - Area di svolgimento dello studio - Monti di Orsomarso.....	25
Figura 4 - Particolare del Fiume Argentino.....	30
Figura 5 - Overview di alcune specie con differenti dimensioni corporee.....	35
Figura 6 –Direzioni evolutive dei Carabidi proposte da Erwin, 1979.....	37
Figura 7 – Esempi di alcuni predatori olfattivo-tattili e la loro variabilità morfologica legata alle abitudini alimentari.....	44
Figura 8 - Esempi di alcuni predatori ottici.....	45
Figura 9 - Esempi di specie zoospermofaghe (a sx) e specie esclusivamente spermofaghe (a dx).....	45
Figura 10 - Esempi di specie con differente morfologia alare.....	48
Figura 11 –schema esemplificativo delle caratteristiche mostrate dai Coleotteri Carabidi lungo un gradiente ambientale da alto disturbo ad alta stabilità. (Gentilmente concesso dal Dott. A. Mazzei).....	54
Figura 12 - Schema di trappola a caduta.....	60
Figura 13 - Pitfall interrata.....	60
Figura 14 - Overview dei siti di campionamento rispetto al Comune di Orsomarso.....	62
Figura 15 - Dettaglio sulle alcune delle stazioni campionate rispetto al Comune di Orsomarso.....	63
Figura 16 - Stazioni di fondovalle collocate nei pressi del Fiume Argentino.....	64
Figura 18 – Distribuzione geografica di <i>Carabus lefebvrei</i>	70
Figura 19- Ordinamento delle stazioni per numero di specie.....	72
Figura 20 - Grafico relativo alla dominanza di specie della macrocategoria di ambienti HS (High Stability).....	73
Figura 21 - Grafico della dominanza delle specie per gli ambienti MS (moderate stability).....	75
Figura 22 - Grafico della dominanza delle specie per gli ambienti LS (low stability).....	77
Figura 23 - spettro corologico comparativo delle tre macrocategorie ambientali indagate: HS=High stability, MS=Moderate stability, LS=Low stability.....	78
Figura 24 - Grafico comparativo delle conformazioni alari delle specie campionate nelle tre macrocategorie ambientali indagate: HS=High stability, MS=Moderate stability, LS=Low stability.....	79
Figura 25 - Grafico comparativo delle preferenze alimentari delle specie campionate nelle tre macrocategorie ambientali indagate: HS=High stability, MS=Moderate stability, LS=Low stability.....	79
Figura 26 - Diversità di specie delle stazioni campionate calcolata attraverso l' indice alfa di Fischer.....	81
Figura 27 - Diversità di specie delle stazioni campionate calcolata attraverso l' indice di Shannon.....	82
Figura 28 - diversità di specie calcolata sulla base dell'indice di Berger-Parker.....	83
Figura 29 – Modello di abbondanza delle specie log-normale (Sugihara, G., 1980).....	84
Figura 30 - Confronto fra gli indici di diversità calcolati per le diverse stazioni.....	86
Figura 31 – Comparazione delle dimensioni morfometriche in diverse stazioni di campionamento.....	90
Figura 32 – Grafico di confronto delle misurazioni morfometriche nei maschi di <i>C. lefebvrei</i> in due stazioni di campionamento.....	91
Figura 33 - Grafico di confronto delle misurazioni morfometriche nelle femmine di <i>C. lefebvrei</i> in due stazioni di campionamento.....	92

Figura 34 - Grafico di confronto delle misurazioni morfometriche nei maschi di <i>C. lefebvrei</i> in due stazioni di campionamento.....	93
Figura 36 Grafico di confronto delle misurazioni morfometriche nelle femmine di <i>C. lefebvrei</i> in due stazioni di campionamento	95
Figura 37 - Grafico di confronto delle misurazioni morfometriche nelle femmine di <i>C. lefebvrei</i> in due stazioni di campionamento	96

Indice delle tabelle

Tabella 1 - Corotipi di specie ad ampia distribuzione nella regione olartica. Le specie di Carabidi della fauna italiana da riferire a questo gruppo sono 330 (25.13%)	51
Tabella 2 Corotipi di specie ad ampia distribuzione in Europa. Le specie di Carabidi della fauna italiana da riferire a questo gruppo sono 219 (16.68%), a cui vanno aggiunte ulteriori 356 specie ad areale ristretto (endemiche e sub-endemiche).....	51
Tabella 3 -Corotipi di specie ad ampia distribuzione nel bacino mediterraneo. Le specie di Carabidi della fauna italiana da riferire a questo gruppo sono 209 (15.91%), a cui vanno aggiunte 180 specie ad areale ristretto (endemiche e sub-endemiche).....	52
Tabella 4 -Corotipi di specie afrotropicali ed orientali presenti anche nell'area mediterranea.	52
Tabella 5- Tabella riepilogativa delle macrocategorie di habitat campionati.....	72
Tabella 6 - Struttura di dominanza della carabidofauna campionata negli ambienti considerati ad alta stabilità HS (OrLem+OrFg+OrFgm).....	73
Tabella 7 Struttura di dominanza della carabidofauna campionata negli ambienti considerati a moderata stabilità MS (OrLe+OrBr+OrNo)	74
Tabella 8 - Elenco delle specie della carabidofauna campionata negli ambienti considerati a bassa stabilità LS (OrLemx+OrPaA+OrPam)	76
Tabella 9 - Schema riassuntivo delle caratteristiche funzionali delle specie rinvenute negli habitat campionati.....	78
Tabella 10- Tabella zoosociologica con in valori di Daa delle specie.....	80
Tabella 11 – Tabella degli indici di biodiversità a livello alfa calcolati per le stazioni campionate.....	83
Tabella 12 – output dei dati della distribuzione di abbondanza delle specie secondo il modello log normale (Sugihara, G., 1980) nessuna differenza significativa per $p=5\%$ e $p=1\%$	85
Tabella 14 – Riepilogo dei campioni di <i>Carabus lefebvrei</i> analizzati nell'analisi morfometrica.....	88
Tabelle 15 – 10 Misurazioni morfometriche relative agli individui maschi e femmine di <i>Carabus lefebvrei</i> delle diverse stazioni di campionamento.....	89
Tabella 16 - Confronto tra i parametri morfometrici nei maschi.....	91
Tabella 18 - Confronto tra i parametri morfometrici nei maschi.....	93
Tabella 20 - Confronto tra i parametri morfometrici nei maschi.....	95
Tabella 21 - Confronto tra i parametri morfometrici nelle femmine	96
Tabella 22 - Confronto tra i parametri morfometrici nei maschi.....	97
Tabella 23 - Confronto tra i parametri morfometrici nelle femmine	97
Tabella 24 - Confronto tra i parametri morfometrici nei maschi.....	98
Tabella 25 -Confronto tra i parametri morfometrici nelle femmine.....	98
Tabella 26 -Confronto tra i parametri morfometrici nei maschi.....	99
Tabella 27 - Confronto tra i parametri morfometrici nelle femmine.....	99
Tabella 28 - Riepilogo delle differenze statisticamente significative negli ambienti campionati.....	100

Introduzione

Le foreste ospitano circa due terzi delle specie terrestri, e un' affascinante serie di processi ecologici. La stabilità ecologica, la resistenza, resilienza e la capacità di adattamento delle foreste dipendono in gran parte dalla loro biodiversità.

La diversità dei geni, delle specie e degli ecosistemi conferisce alle foreste la capacità di resistere a pressioni esterne, e la capacità di ritornare allo stato precedente al disturbo subito o adattarsi all'instaurarsi di nuove condizioni.

Gli impatti dei cambiamenti climatici a scala regionale, in particolare l'interazione con altre pressioni dovute all'utilizzo del territorio, possono essere sufficienti a minare seriamente i processi di resilienza di alcune grandi aree di foreste, generando dei cambiamenti permanenti.

Quando gli ecosistemi forestali vengono spinti oltre un determinato "punto critico", possono subire delle alterazioni atte a trasformarle in un tipo diverso di foreste, e, in casi estremi, in nuovi ecosistemi, anche non di tipo forestale.

Nella maggior parte dei casi, la transizione verso un nuovo stato ecologico comporta una maggiore povertà in termini di diversità biologica e fornitura di beni e servizi dell'ecosistema.

Mantenere la biodiversità a tutti i livelli spaziali (biotopo, paesaggio, bioregione) e preservare quella di tutti gli elementi (geni, specie, comunità), consente di proteggere le popolazioni, in particolare quelle che sono isolate, disgiunte, o con una distribuzione frammentaria.

Queste popolazioni, essendo maggiormente adattate a condizioni più instabili hanno infatti più probabilità di possedere pool genici adeguati per rispondere ai cambiamenti climatici o ad altri fenomeni di forte disturbo, e possono assumere il ruolo di popolazioni "base" in condizioni di forte cambiamento.

La diversità biologica delle foreste è il risultato di processi evolutivi avvenuti nel corso di migliaia e persino milioni di anni, che sono stati e sono ancora guidati da forze ecologiche come il clima, il fuoco, la competizione e altri fattori di disturbo. Inoltre, la diversità degli ecosistemi forestali (in entrambe le caratteristiche fisiche e biologiche) si traduce in alti livelli di adattamento, una caratteristica che è parte integrante della loro diversità biologica.

All'interno di specifici ecosistemi forestali, il mantenimento dei processi ecologici dipende dal mantenimento della loro diversità biologica.

Gli esseri umani stanno generando una moltitudine di effetti cumulativi a lungo termine sugli ecosistemi della Terra, attraverso una serie di meccanismi diretti e indiretti di sfruttamento e depauperamento delle risorse, uno fra tutti la produzione di gas ad effetto serra, in grado di influenzare il clima globale (IPCC 2007).

I maggiori impatti degli esseri umani sugli ecosistemi forestali includono la perdita di superficie forestale, la frammentazione degli habitat, il degrado del suolo, l'impoverimento della biomassa e dei relativi stock di carbonio, la trasformazione nella composizione delle associazioni di specie e del loro assetto generazionale, la perdita di specie e l'introduzione di nuove, ed una moltitudine di effetti a cascata (Uhl e Kauffman 1999, Gerwing 2002).

La capacità delle foreste di mantenere la loro biodiversità a lungo termine, e di continuare a fornire quegli "ecosystem services" necessari a contenere l'impatto delle attività umane (compreso lo stoccaggio del carbonio, la produzione di cibo, di acqua pulita, e offrire spazio per il tempo libero), è seriamente minacciata, e questa preoccupazione viene confermata dai segnali che, a livello globale, provengono dalle foreste e che sono principale conseguenza del cambiamento climatico (ad esempio, Phillips 1997, Phillips et al. 2009).

Le foreste possono essere considerate come un complesso di sistemi auto-organizzati con numerosi processi naturali attivi e dinamici, che conferiscono all'ecosistema la proprietà della "resilienza", ossia la capacità di rispondere autonomamente a fattori interni ed esterni. La resilienza è la capacità di un ecosistema di ritornare al proprio stato originario in seguito ad una perturbazione, mantenendo le sue caratteristiche essenziali in termini di composizione e struttura tassonomica, funzioni ecosistemiche e velocità dei processi (Holling 1973).

Anche un'altra definizione è stata data del concetto di resilienza, ed è quella data da Walker and Salt (2006), che la definiscono come la capacità di un sistema di "assorbire" gli effetti delle perturbazioni e riuscire a mantenere comunque le proprie funzioni di base e la propria struttura, conservando le sue caratteristiche identitarie.

La resilienza è una proprietà degli ecosistemi che si manifesta a scala genetica, a livello di specie e di gruppi funzionali di specie, nonché a livello dei processi del sistema (Gunderson 2000, Drever et al. 2006).

Mantenere o ripristinare la funzionalità di resilienza delle foreste, è considerato un necessario adeguamento dei comportamenti umani per far fronte ai cambiamenti climatici (Millar et al. 2007, Chapin et al. 2007).

Le foreste sono generalmente resilienti ai cambiamenti di entità non catastrofica, e presentano inoltre capacità di resistenza a cambiamenti ambientali che possono essere di carattere climatico o relativi a condizioni fisiche.

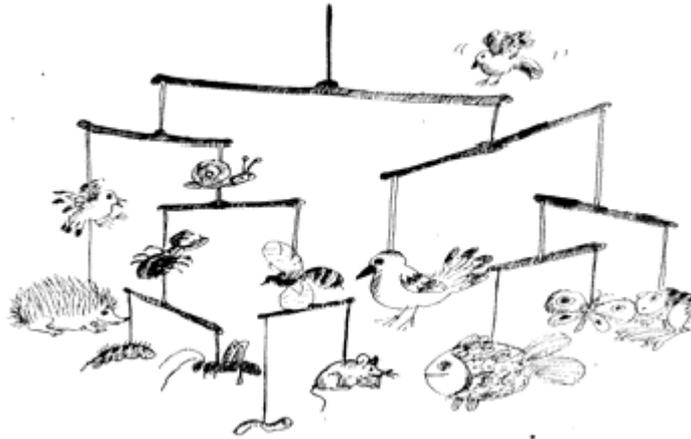


Figura 1 – Il precario equilibrio di un ecosistema.

Al concetto di resistenza è legato il concetto di stabilità, ossia la capacità di un ecosistema di mantenere il proprio status entro un ristretto range di variabili di valori.

La stabilità riflette la capacità di un ecosistema di mantenere un equilibrio dinamico nel tempo: un ecosistema stabile persiste quando esso ha la capacità di assorbire i cambiamenti e di lasciare invariato il suo status per lunghi periodi di tempo.

La stabilità delle specie è relativa al mantenimento di una composizione rilevante di specie nel corso del tempo. Drever et al (2006) affermano che i tipi forestali che naturalmente progrediscono attraverso un gradiente di successioni non sempre stanno cambiando il proprio stato, quanto piuttosto la comunità di specie, che cambia a causa di condizioni ambientali o perturbazioni dovute all'uomo, e che può cambiare gli stati degli ecosistemi.

Infatti le comunità di specie posseggono la proprietà della ridondanza a vari livelli funzionali: la ridondanza riguarda la sovrapposizione e la duplicazione di funzioni ecologiche svolte dalla diversità di genomi e specie in un ecosistema.

Loreau et al. (2002) hanno rilevato quanto sia importante la ricchezza di specie a scala regionale, in quanto ciò consente la migrazione di specie fra aree differenti e permette di aumentare l'adattabilità di un ecosistema nel tempo: inoltre la migrazione delle specie

favorisce una più efficace risposta genotipica e fenotipica ai cambiamenti ambientali, incrementando la resilienza attraverso meccanismi di compensazione del sistema.

Gli ecosistemi infatti esistono in numerosi stati di stabilità (Holling 1973) e le foreste possiedono stati di stabilità multipli che dipendono dalle tipologie di disturbo a cui le foreste sono regolarmente sottoposte (Marks and Bormann 1972, Mayer and Rietkerk 2004, Schroder et al. 2005).

La biodiversità è spesso considerata, specialmente in contesti di gestione forestale, come una semplice lista di specie presenti in un determinato luogo. Al contrario, numerosi studi mettono in correlazione la resilienza con la biodiversità di un sistema e l'attitudine a mantenerne i processi ecosistemici (Walker 1995, Peterson et al. 1998, Loreau et al. 2001, Hooper et al. 2005, Drever et al. 2006, Bodin and Wimen 2007): la maggior parte dei processi naturali che avvengono in un ecosistema sono il risultato della biodiversità. Non tutte le specie operano allo stesso modo nel mantenere questi processi, ed esiste una ridondanza funzionale a diversi livelli nella maggior parte degli ecosistemi.

La diversità funzionale non è necessariamente correlata con la diversità di specie (Diaz and Cabido 2001, Hooper et al. 2005): in un contesto mirato alla gestione forestale è importante comprendere quali siano le specie che maggiormente contribuiscono alla "produzione" dei servizi ecosistemici e alle loro caratteristiche e proprietà, che sono quelle in grado di attribuire ad un determinato ecosistema stabilità e resistenza (Diaz and Cabido 2001, Hooper et al. 2005).

La resilienza è un fenomeno "scala-dipendente", che permette agli ecosistemi di essere spazialmente e temporalmente resilienti quando le interazioni ecologiche in atto in un ecosistema hanno la capacità di ridurre nel corso del tempo l'impatto degli elementi di disturbo.

Questa condizione viene acquisita attraverso una serie di meccanismi che comprendono sia la ridondanza di specie funzionali, che la compensazione delle differenze fra le specie: infatti, gli ecosistemi e le foreste contengono comunità di specie che occupano nicchie ecologiche differenti che rispecchiano le condizioni fisiologiche a cui tali specie esprimono un vantaggio competitivo.

Specie con ampie nicchie fisiologiche possono risultare resilienti a qualsiasi perturbazione significativa, e allo stesso modo specie con nicchie ecologiche ristrette possono essere più

resilienti di quanto si potrebbe pensare qualora i cambiamenti sopraggiunti siano di svantaggio ai loro competitori.

Queste dinamiche avvengono in specie che possiedono pool genetici abbastanza variegati e che hanno le capacità per migrare. Dove le dimensioni delle popolazioni e la diversità genetica vengono ridotte, e anche la mobilità delle specie viene ridotta a causa della frammentazione degli habitat oppure per naturale mancanza di specie capaci di migrare, la probabilità di un adattamento di successo ai cambiamenti ambientali è molto inferiore al normale.

Mentre la resilienza può essere attribuita a diversi livelli di organizzazione della biodiversità, la combinazione genetica delle specie risulta l'elemento più importante.

La diversità genetica molecolare all'interno di una specie, la diversità di specie all'interno di una comunità forestale, e la diversità di una comunità o di un ecosistema in un paesaggio o una bioregione, rappresentano l'espressione della biodiversità a differenti scale spaziali. Alla base di qualsivoglia espressione della diversità biologica c'è la variabilità genotipica delle popolazioni.

La biodiversità aumenta la resilienza a lungo termine e la resistenza degli ecosistemi, aumenta la produzione primaria, ed incrementa la stabilità degli ecosistemi ad ogni scala.

Mentre non tutte le specie giocano un ruolo fondamentale negli ecosistemi, molte specie invece sono fondamentali e non è possibile stabilire *a priori* quale sia la specie che abbia più importanza di un'altra. Inoltre, in condizioni ambientali mutate, specie con responsabilità funzionali in precedenza minime possono diventare altamente funzionali, e la loro persistenza nei sistemi forestali può risultare determinante per la funzionalità eco sistemica e la loro resilienza.

La resilienza di un ecosistema e la sua stabilità sono fondamentali per preservare i beni ed i servizi che l'ecosistema produce a beneficio dell'uomo: la perdita della resilienza da parte di un ecosistema può avvenire a causa della scomparsa di gruppi funzionali, per cause relative ai cambiamenti climatici, oppure a causa di disturbi naturali (Folke et al. 2004).

L'importanza della resilienza risiede nella capacità di un sistema naturale di auto-ripararsi, sulla base della biodiversità in essa presente.

Stone et al. (1996) hanno stabilito che ecosistemi più produttivi sono anche più resilienti rispetto ad ecosistemi con minore produttività, e questa proprietà consente loro di ripristinare più velocemente i loro stati in seguito a sopraggiunti fenomeni di disturbo. La diversità funzionale nelle foreste è in relazione alla produttività degli ecosistemi (Chapin et

al. 1997, Diaz and Cabido 2003) e molte specie forestali sembrano essere ridondanti nella produttività complessiva (Pretzche 2005). La ridondanza conferisce caratteristiche di resilienza in quanto consente di mantenere la produttività dell'ecosistema a fronte di una perdita di specie ed inoltre costituisce uno strumento di difesa nei confronti di malattie e specie infestanti (Jactel et al. 2005, Pautasso et al. 2005).

Cambiamenti nelle dimensioni degli individui e nella distribuzione delle specie in un habitat sono attribuibili a condizioni di stress ambientale (McGeoch, 1998) e Blake *et al.* (1994) hanno dimostrato che per i Carabidi avviene una riduzione delle dimensioni in ambienti disturbati. Tuttavia, in uno studio di Lovei e Magura (2006) viene evidenziato come sia importante considerare i gruppi alimentari delle specie nella valutazione degli impatti che lo stress può generare sugli ecosistemi.

Uno studio di Gobbi e Fontaneto (2008), sottolinea che la ricchezza di specie è positivamente correlata con l'impatto umano (disturbo antropogenico), mentre i fattori che si mostrano una negativa correlazione riguardano le proporzioni delle ali e la quantità delle specie predatorie. Per i Carabidi, lo studio di tratti morfoecologici quali la morfologia delle ali, le abitudini alimentari e la dimensione del corpo è molto più indicato che lo studio della ricchezza di specie in sé.

In accordo con lo schema generale dei "taxon pulses" di Erwin (1979, 1981, 1985), esaminare le preferenze alimentari dei carabidi come parametro biologico è definita di "opportunità alimentare crescente" (Brandmayr et al. 2005). Questa scala vedrebbe quindi come elemento più sensibile delle forme biologiche il predatore (olfattivo-tattile – OL oppure ottico-OT) più o meno specializzato, seguito dal predatore (olfattivo-OL, solitamente), meno specializzato o generalista. Nella scala del disturbo antropico crescente seguirebbero poi gli spermofagi esclusivi, che dipendono solitamente da piante selvatiche ed evitano i coltivi, infine gli zoospermofagi opportunisti, in grado di nutrirsi sia di prede varie che di semi di piante coltivate o infestanti.

Il territorio del Parco, prevalentemente montuoso, è compreso tra il Mar Tirreno e il Mar Ionio e comprende tre sistemi montuosi principali:

- I Monti dell'Orsomarso, nella parte Sud-Occidentale del Parco, in direzione del Mar Tirreno;
- Il Monte Alpi (1900 metri) nella parte settentrionale del Parco, con particolari caratteristiche geologiche ;
- Il Massiccio del Pollino comprende le vette più alte del parco, quali Serra Dolcedorme (2267 metri), Monte Pollino (2248 metri), Serra del prete, Serra delle Ciavole, Serra di Crispo.

Le rocce che formano il Pollino sono di natura calcareo-dolomitica di origine sedimentaria, risalenti a 200 milioni di anni fa, quando componevano il fondo della Tetide, il mare che divideva i due continenti primordiali che solo in seguito avrebbero dato origine alla placca africana e a quella europea.

L'attività vulcanica sottomarina, avvenuta nel Terziario in era mesozoica , è tutt'oggi testimonianza delle rocce laviche della Timpa delle Murge e di Timpa di Pietrasasso, in territorio di Terranova di Pollino. Circa 100 milioni di anni fa la compressione della Tetide, dovuta all'avvicinamento delle due placche, originò la lentissima formazione dei rilievi tra cui anche quelli del Pollino. Le modifiche del territorio continuarono fino all'avvento dei ghiacci nell'ultima glaciazione di Würm, tra 100.000 e 12.000 anni fa, le cui tracce sono ancor ben visibili (circhi glaciali, depositi morenici).

Più tardi, 5 milioni di anni fa, movimenti contrapposti di distensione determinarono le fratture delle rocce emerse. Successivamente lo sprofondamento di blocchi di roccia ha provocato grandi fosse tettoniche, come la Valle del Mercure, un tempo sommersa da un grande lago.

La vegetazione del Parco presenta circa 1.700 specie su un totale italiano di 5.600, diversificate secondo le varie fasce altimetriche, ma la distribuzione delle specie vegetali è fortemente influenzata anche da altri fattori, quali il microclima, la natura del suolo, l'esposizione dei versanti, la distanza dal mare.

Nelle zone prossime alla costa, fino a 700-800 metri di altezza domina la macchia mediterranea, con la presenza di Leccio (*Quercus ilex*), Ginepro (*Juniperus oxycedrus*, *Juniperus communis*, *Juniperus phoenicea*), Roverella (*Quercus pubescens*), Acer minore (*Acer monspessulanum*) e degli arbusti tipici della macchia, quali il Mirto (*Myrtus communis*), il Corbezzolo (*Arbutus unedo*), Ginestra comune (*Spartium junceum*).

Sui suoli aridi e rocciosi domina la gariga, una vegetazione bassa e rada. Oltre gli 800 metri fino ai 1100, nella fascia sopramediterranea, dominano le diverse varietà di querce: Roverella (*Quercus pubescens*), Cerro (*Quercus cerris*), Farnetto (*Quercus frainetto*), in boschi misti con Carpino orientale (*Carpinus orientalis*), Castagno (*Castanea sativa*), Acero (*Acer obtusatum*) e Ontano napoletano (*Alnus cordata*), specie endemica dell'Appennino meridionale.

Di eccezionale rilevanza naturalistica le acerete, sul versante ionico, dove coesistono cinque differenti specie di aceri.

Nella fascia montana, fino a quasi 2000 metri, prevale la faggeta (*Fagus sylvatica*), purao in formazione mista con Castagno, Aceri e Cerri. Formazioni di Pino nero (*Pinus nigra*), compaiono sul versante meridionale del massiccio del Pollino, fino ai 1700 metri.

L'elemento caratterizzante della vegetazione montana ed altomontana del Pollino è il Pinoloricato (*Pinus leucodermis*). Esso vegeta principalmente lungo i confini nord-orientali del Parco; ciò che lo caratterizza è la corteccia, che nelle piante adulte e mature è di colore grigio-cenere e divisa in grandi placche.

L'insieme delle placche conferisce al fusto il tipico aspetto di corazza o lorica (antica corazza romana). È una specie che predilige i costoni rocciosi (Gargaglione, 2001) e viene considerato "un paleoendemismo terziario con areale anfiadriatico", relitto delle foreste a conifere oromediterranee della penisola Balcanica e dell'Appennino meridionale.

Ampiamente diffuso sui rilievi carbonatici nei periodi xerici del pliocene (fine Terziario-Messiniano), ha subito un rapido declino nelle fasi glaciali del Quaternario che si manifestarono nell'Appennino meridionale con modificazioni climatiche in senso fresco e umido (Acquafredda P. et al., 1986).

Il protrarsi nel tempo di condizioni ambientali oceaniche favorì l'affermazione delle latifoglie decidue, quali querce e faggio che competitive nella disseminazione e nell'accrescimento, invasero il territorio del loricato relegandolo in altitudine o in stazioni xeriche, rocciose e di cresta (Gargaglione, 2001).

Anche la fauna è molto ricca e diversificata: tra gli uccelli ruolo di primo piano è assunto dai rapaci: Capovaccaio (*Neophron percnopterus*), Falco pellegrino (*Falco peregrinus*), la Poiana (*Buteo buteo*), il Nibbioreale (*Milvus milvus*), il Gheppio (*Falco tinunculus*), il Falco pecchiaiolo (*Pernis ptilorhynchus*) e nei boschi l'Astore (*Accipiter gentilis*) e lo Sparviero (*Accipiter nisus*), il Gufo reale (*Bubo bubo*), l'aquila Reale (*Aquila chrysaetos*).

Fra i roditori più significativi va citato il Driomio (*Dryomys nitedula*), un piccolo Gliride presente, in Italia, oltre che sui rilievi montuosi calabresi, solo sulle Alpi orientali. Il

Drionio, insieme al Moscardino (*Muscardinus avellanarius*), al Ghiro (*Myoxus glis*) e al Quercino (*Eliomys quercinus*) rappresenta tutte le specie italiane di Gliridi nel Parco.

Lo Scoiattolo meridionale (*Sciurus vulgaris meridionalis*) è una sottospecie tipica dell'Appennino centro-meridionale caratterizzata dalla colorazione nera del mantello e dal ventre bianco. L'istrice (*Hystrix cristata*) è localizzato nel settore meridionale e orientale del Parco, con clima più spiccatamente mediterraneo.

Infine, oltre alla Lepre europea (*Lepus europeus*), frutto di scriteriate immissioni, sopravvivono alcuni nuclei di Lepre appenninica (*Lepus corsicanus*), specie autoctona dell'Italia centro meridionale.

Completano il quadro dei mammiferi del Parco popolazioni apprezzabili di lupo e sempre più numerose popolazioni di cinghiali e caprioli. Fra gli insetti deve essere menzionato *Buprestis splendens*, uno dei coleotteri più rari d'Europa, e la *Rosalia Alpina*, un bellissimo e appariscente coleottero di colore azzurro cenere con macchie nere vellutate, tipico delle estese faggete mature, presenti nel Pollino e nei Monti di Orsomarso, e indice di un basso grado di alterazione degli ambienti forestali.

Fra le numerose specie di farfalle, di grande interesse è *Melanargia arge*, molto localizzata e poco frequente. Tipica della zona arida del parco è invece la Malmignatta (*Latrodectus tredecimguttatus*), un ragno rosso e nero dal morso doloroso e tossico, appartenente allo stesso genere della vedovana americana. Fra i crostacei *Chirocephalus ruffoi* è un endemismo del Pollino, addirittura individuato solo in alcune pozze d'alta quota, mentre il Gambero di fiume (*Austropotamobius pallipes*) è un indicatore di elevata qualità delle acque. Gli anfibi del Pollino comprendono diverse specie e sottospecie endemiche italiane, tra cui il tritone crestato italiano (*Triturus carnifex*), la Salamandrina dagli occhiali (*Salamandrina terdigitata*) riconoscibile per il caratteristico disegno sugli occhi, l'Ululone dal ventre giallo (*Bombina variegata pachypus*) e la più comune Raganella (*Hyla intermedia*).

Tra i rettili, nel parco vivono due specie minacciate: la Testuggine Palustre (*Emys orbicularis*), piccola tartaruga carnivora presente a quote eccezionalmente elevate per questa specie, e la più nota testuggine comune (*Testudo hermanni*). I serpenti più significativi sono il Cervone (*Elaphe quatuorlineata*) e il Colubro Leopardiano (*Elaphe situla*), rari, e la comune velenosa Vipera (*Vipera aspis*).

I siti Natura 2000 del Pollino

Nel Parco Nazionale del Pollino risultano presenti 40 Siti di Importanza Comunitaria ai sensi della Direttiva 92/43/CEE avente come oggetto “la conservazione degli habitat naturali e semi-naturali, nonché della flora e della fauna selvatiche”. I siti sono 9 in Basilicata e 31 in Calabria, per un totale di **31.249** ettari (6.804 ettari in Basilicata e 25.445 ettari in Calabria).

Sono invece 5 le Zone di Protezione Speciali ai sensi della Direttiva 79/409/CEE avente come oggetto “la conservazione degli uccelli selvatici”, di cui 3 in Calabria e 2 in Basilicata con una estensione complessiva di 12.841 ettari (di cui 1.786 ettari in Basilicata e 11.055 ettari in Calabria).

Tra S.I.C. e Z.P.S. l'estensione complessiva rientrante nella Rete Natura 2000 nel territorio del Parco Nazionale del Pollino è di oltre 44 mila ettari.

Complessivamente la superficie rientrante nella Rete Natura 2000 per il Parco del Pollino rappresenta oltre il 23% della superficie totale del parco (187.000 ettari complessivi).

Gran parte dell'intera estensione dei S.I.C. e delle Z.P.S. è ricompresa in zona 1 del Parco in cui vigono le norme e le misure di salvaguardia specifiche accluse al D.P.R. 15.11.93 (artt. 4 e 6).

Le aree S.I.C. e le Z.P.S. racchiudono nei loro confini i biotopi più rappresentativi del parco.

Il comprensorio del Fiume Rosa (IT9310027), La Montea (IT9310029), Monte La Caccia (IT9310030) e Serrapodalo (IT9310032) esteso 2.500 ettari comprende l'alto corso del Fiume Rosa ed i rilievi montuosi in gran parte inclusi in zona 1 del parco.

Nell'alta Valle del Fiume Rosa (SIC-IT9310027 -868 ettari nei Comuni di Mottafollone e San Sosti) sono presenti ambienti diversi con sorgenti e formazioni di travertino, pareti rocciose, foreste di versanti ascrivibili alla formazione Tilio-Acerion, Faggeticon Taxus-Ilex e Quercus-Ilex.

In questi ambienti sono presenti anche l'Aquila reale, *Aquila chrysaetos*, il Falco pellegrino, *Falco peregrinus*.

Il Capriolo autoctono del Pollino ha il suo limite di diffusione a sud, a Orsomarso con 50-70 individui. Nell'area è stata in passato segnalata la Lontra, *Lutra lutra* (Arcà, 1986), e tra gli anfibi sono censite alcune specie prioritarie incluse nell'allegato IV della Direttiva Habitat, quali Ululone dal ventre giallo, Bombina variegata, Salamandrina dagli occhiali, Salamandrina terdigitata.

Sulla Montea (SIC-IT9310029- 156 ettari nei Comuni di Buonvicino, Mottafollone e Sant'Agata d'Esaro), caratterizzato da pinete, ghiaioni e pareti rocciose è presente il lupo, *Canis lupus*, con specie vegetali quali il Pino loricato e specie botaniche quali la *Stipa australis*, M., *Achillea lucana* ed il popolamento più meridionale di *Pulsatilla alpina*.

Serrapodalo (SIC-IT9310032 -1.251 ettari nei Comuni di Belvedere Marittimo e Buonvicino) è caratterizzato da un' copertura boschiva che favorisce la permanenza del lupo ed il Capriolo. È presente l'Acero di Lobelii.

L'area del Monte La Caccia (SIC-IT9310030 - 146 ettari nei Comuni di Belvedere Marittimo e Sant'Agata d'Esaro) presenta le medesime specie della contigua area della Montea.

Sono presenti formazioni vegetali su strati calcarei con numerose specie di orchidee.

L'area della Valle del fiume Argentino (SIC-IT9310023 -4.909 ettari nei Comuni Mormanno, Orsomarso, Saracena e Verbicaro) comprende l'omonima Riserva Naturale Statale Orientata istituita con Decreto del Ministero dell'Ambiente 21 luglio 1987, n.425 (3.980 ettari nel Comune di Orsomarso) con la vigilanza affidata al C.F.S e la gestione all'ex ASFD, sino al suo definitivo trasferimento all'Ente Parco, la cui estensione riportata nel SIC denominato Riserva Naturale Valle del Fiume Argentino (SIC-IT9310024) è di 4.024 ettari compresi nel territorio comunale di Mormanno, Orsomarso, Saracena e Verbicaro.

Essa rappresenta un esteso biotopo caratterizzato da ambienti umidi e boschi con la presenza dell'endemico Pino nero, *Pinus nigra* (alta valle), dove sono inoltre presenti il Lupo e il Capriolo. Tra i rapaci diurni è segnalata l'Aquila reale e il Falco pellegrino, mentre tra quelli notturni è da citare il Gufo reale, *Bubo bubo*. Nell'area sono presenti la Coturnice, *Alectoris graeca*, il Picchionero, *Dryocopus martius*, la Balia dal collare, *Ficedula albicollis*, l'Averla piccola, *Lanius collurio*. Sono state censite specie anfibe e rettili incluse nella Direttiva Habitat e specie vegetali rare quali la *Iberis umbellata*.

Forse è ancora presente uno dei pochi nuclei autoctoni del parco di Trota fario, *Salmo trutta*.

L'area della Valle del Fiume Argentino costituisce anche una Zona di Protezione Speciale ai sensi della Direttiva 79/409/CEE avente oggetto "Conservazione degli uccelli selvatici".

L'area Fonte Cardillo (SIC-IT310020 esteso su 190 ettari nel territorio comunale di Lungro) vede la presenza di un nucleo secolare di *Taxus baccata*. Tra i mammiferi si segnalano il lupo ed il capriolo, mentre il Cozzo del Pellegrino (SIC- IT3100021 esteso su 82 ettari nel Comune di San Donato di Ninea) è caratterizzato da ambienti rocciosi ove sono state censite numerose e rare essenze botaniche quali *Achillea lucana*, *Achillea mucronulata*, *Androsace*

villosa, *Edraianthus graminifolius*, *Euphrasia italica*, *Galiumpaleoitalicum*, *Gentiana verna*, *Gentianella columnae*, *Pulsatilla alpina*, *Saxifraga aizoides*, etc.

Nell'area dell'Orsomarso, comprendente anche le località Cozzo del Mangano, Cozzo dell'Orso e Monte Caramolo, sono presenti il lupo ed il capriolo. Tra gli invertebrati è stata reperita la *Rosalia alpina*, specie prioritaria in base alla Direttiva Habitat.

La Riserva Naturale Orientata Gole del Raganello istituita con Decreto del Ministero dell'ambiente 21 luglio 1987, n. 424, estesa su 1.600 ettari nel Comune di San Lorenzo Bellizzi, è attualmente gestita dall'ex ASFD. Essa è ricompresa nel SIC denominato Riserva Naturale Gole del Raganello, esteso su 1.498 ettari (SIC-IT9310018 nel Comune di S. Lorenzo Bellizzi) ed omogenea al SIC denominato "Gole del Raganello" (SIC-IT9310017 esteso su 276 ettari nei Comuni di Alessandria del Carretto e Plataci).

Trattasi di un unico ambiente inciso dal Torrente Raganello che inizia il suo corso a ridosso della Serra di Crispo e Serra delle Ciavole e procede impetuoso nella profonda gola sotto la Timpa S. Lorenzo con pareti verticali sino a Civita.

Rappresenta un'area di elevato valore per la presenza e nidificazione dei rapaci quali Aquila reale, Falco pellegrino, Capovaccaio, Nibbio reale e Gufo reale.

Le Gole del Raganello costituiscono anche una Zona di Protezione Speciale ai sensi della Direttiva 79/409/CEE avente oggetto "Conservazione degli uccelli selvatici", estesa su 1.498 ettari.

La Timpa San Lorenzo (SIC-IT9310012 - esteso su 216 ettari nel Comune di San Lorenzo Bellizzi) presenta ambienti substepnici e pareti rocciose calcaree. Rappresenta il limite meridionale del Ginepro sabino, *Juniperus sabina*, luogo di caccia ideale per Aquila reale e Falco Pellegrino.

Il valore del sito comunitario è confermato dalla presenza di specie botaniche rare quali la *Porten-schlagiella ramosissima*.

La Fagosa e la Timpa dell'Orso (SIC-IT9310014 esteso su 5.037 ettari nei comuni di Castrovillari, Frascineto, Morano Calabro, San Lorenzo Bellizzi in Calabria e Terranova di Pollino, Viggianello, Rotonda e San Severino Lucano in Basilicata) rappresentano il sito comunitario del Parco Nazionale del Pollino con maggiore estensione, composta da boschi appartenenti al piano montano, soprattutto caratterizzato dall'associazione forestale Fagus-Abies alba, con la presenza di specie indicatrici dello stato della foresta quali i picchi, *Dendrocopos medius*, *Dryocopus martius*. Nell'area è presente l'endemico *Acer lobelii*, con specie prioritarie inserite nella Direttiva Habitat quali *Rosalia alpina*, *Salamandrina terdigitata* e *Bombina variegata*.

Nell'area è stato segnalato il lupo. Interessante anche a quote elevate è la presenza della tartaruga palustre che frequenta stagni e piccole pozze quali il lago nella Fagosa (SIC-IT9310015 esteso su 1 ettaro nel Comune di Castrovillari) assieme a *Triturus carnifex*, *Triturus italicus*, *Bombinavariegata*.

Altre piccole ma preziose e rare zone umide con analoghe caratteristiche sono le Pozze Boccatore-Bellizzi (SIC-IT9310011 esteso su 40 ettari nel Comune di San Lorenzo Bellizzi), Pozzedi Serra Scorsillo (SIC-IT9310016 esteso su 13 ettari nei Comuni di San Lorenzo Bellizzi e Terranova di Pollino), Stagno di Timpone di Porace (SIC-IT9310010 esteso su 1 ettaro nel Comune di Civita).

Il Sito comunitario denominato la Petrosa (SIC-IT9310008 esteso su 329 ettari nel comune di Castrovillari) è costituito da habitat steppico alto montano caratterizzato dalla presenza di piante endemiche, orchidee e specie botaniche rare quali la *Stipa austroitalica*. Sulle rupi aride di Timpone di Porace è presente un raro popolamento di *Ephedra major* (SIC-IT9310009 esteso su 32 ettari nel Comune di Civita).

Il Monte Sparviere (SIC-IT9310019 esteso su 276 ettari nei Comuni di Alessandria del Carretto e Plataci) è caratterizzato da boschi mesofili ed una formazione forestale relitta di Tilio-Acerion con la presenza di *Acer lobeliie* e *A. neapolitanum* con fioriture di diverse specie di orchidee.

Nell'area è censito il lupo ed è stata segnalata l'Aquila reale. L'area centrale del Massiccio del Pollino comprende i seguenti Siti di Importanza Comunitaria:

- Rupi del Monte Pollino (SIC-IT9310004 esteso su 37 ettari nei Comuni di Castrovillari, Morano C., Terranova di Pollino e San Severino Lucano) caratterizzato da rupi calcaree con la presenza del popolamento di Pino loricato e specie botaniche ed entomologiche rare;
- Timpone della Capanna (SIC-IT9310001 esteso su 32 ettari nei Comuni di Morano Calabro e Viggianello) con le stesse caratteristiche del sito precedente;
- Serra del Prete (SIC-IT9310002 esteso su 191 ettari nei Comuni di Morano Calabro e Viggianello) con la presenza di specie botaniche rare quali la *Stipa austroitalica* e *Gnorimis nobilis*, orchidea rara e localizzata;
- Pollinello-Dolcedorme (SIC-IT9310003 esteso su 213 ettari nei Comuni di Morano Calabro e Castrovillari). È presente il Pino loricato e numerose specie botaniche tra le quali le rare *Achillea lucana* e *A. rupestris*;
- Cima del Monte Pollino (SIC-IT9310005 esteso su 75 ettari nei Comuni di Castrovillari, Morano Calabro, Terranova di Pollino e San Severino Lucano). Sono presenti specie endemiche e relitte quali *Zabrus costai*;

- Cima del Dolcedorme (SIC-IT310006 esteso su 58 ettari nei Comuni di Castrovillari, San Lorenzo Bellizzi e Terranova di Pollino). È presente l'unica stazione italiana di *Gentianella crispata*, specie di origine balcanica ed altre specie rare e di interesse botanico;

- Valle Piana Valle Cupa (SIC-IT310007 esteso su 169 ettari nel Comune di Castrovillari) in cui vegeta il Pino nero, *Pinus nigra*;

- Serra delle Ciavole Serra di Crispo (SIC-IT310013 esteso su 266 ettari, nei Comuni di S. Lorenzo Bellizzi e Terranova di Pollino). Oltre al Pino loricato, sono presenti specie botaniche endemiche e rare. Tra gli invertebrati è da citare il *Buprestis splendens*.

Nell'area centrale del Pollino è segnalato il lupo, l'Aquila reale e il Gufo reale. Tra i siti comunitari di interesse botanico è da menzionare l'area denominata Piano di Marco (SIC-IT931022 esteso su 234 ettari nel Comune di S. Donato di Ninea) ove è presente l'unica stazione italiana di *Paeonia peregrina*.

Tra gli habitat ripariali e fluviali sono da ricordare:

- la Valle del Fiume Lao (SIC-IT310025 esteso su 1.770 ettari nei Comuni di Laino Castello, Orsomarso, Papasidero, Santa Domenica Talao, Scalea).

Il SIC comprende una parte dell'originaria Riserva naturale Orientata istituita con Decreto del Ministero dell'Ambiente 21 luglio 1987, n. 423, estesa originariamente su 5.200 ettari, la cui gestione è affidata all'Ente Parco Nazionale del Pollino in base all'art. 10 delle misure di salvaguardia accluse al D.P.R. 15 novembre 1993.

Il corso d'acqua rappresenta uno dei più importanti del Parco per portata: sono presenti boschi ripariali e foreste di macchia. Nell'area si riproducono numerose specie anfibe quali *Bombina variegata* e *Salamandrina terdigitata*, specie prioritarie in base alla Direttiva Habitat.

La Valle del fiume Lao rappresenta inoltre una Zona di Protezione Speciale (Z.P.S.), estesa su 5.533 ettari, per il fatto di ospitare numerose specie ornitiche rare e minacciate, tra cui Aquila reale, Gufo reale, Falco pellegrino e specie acquatiche quali *Alcedo atthis* e altre specie prioritarie in base all'allegato II della Direttiva 79/409/CEE avente oggetto "Conservazione degli uccelli selvatici".

- Valle del Fiume Abatemarco (SIC-IT310028 esteso su 1.835 ettari nei Comuni di Grisolia, San Donato di Ninea e Verbicaro) vede la presenza di popolamenti endemici di Ontano napoletano. Si riproducono specie anfibe prioritarie in base alla Direttiva Habitat.

- Valle del Fiume Esaro (SIC-IT310031 esteso su 210 ettari nel Comune di Sant'Agata di Esaro).

I SIC perimetrati nel territorio lucano sono:

- Bosco Farneta (SIC-IT9210025 esteso su 289 ettari nel territorio comunale di Noepoli). Rappresenta un bosco puro di Farnetto con la presenza di specie prioritarie quali Nibbiobruno e Nibbio reale;

- Bosco Magnano (SIC-IT9210040 esteso su 1.201 ettari nel Comune di San Severino Lucano). Costituisce una faggeta di grande importanza naturalistica.

Lungo il Torrente Peschiera è presente la Lontra. È pure stato segnalato il lupo. Tra gli anfibi sono stati censiti *Bombina variegata*, *Triturus carnifex*, *Salamandrina terdigitata*. Tra gli invertebrati, *Rosalia alpina* e *Buprestis splendens*.

Tra i rapaci notturni si segnala la presenza del Gufo reale e picidi quali *Dryocopus martius* e *Dendrocopos medius*.

- Bosco Vaccarizzo (SIC-IT210070 esteso su 271 ettari nel Comune di Carbone). Rappresenta un'abetina di origine naturale associata al Faggio. È presente il lupo.

- Lago Duglia, Casino Toscano e Piana S. Francesco (SIC-IT9210075 esteso su 2.395 ettari nel Comune di Terranova di Pollino). Rappresenta una faggeto-abetina di origine naturale con esemplari di quest'ultima specie di grandi dimensioni. È presente il lupo mentre tra i rapaci diurni è da segnalare l'Aquila reale.

Altre specie di uccelli rientrano nell'allegato II della Direttiva Habitat quali *Falco biarmicus*, *Falco peregrinus*, *Bubo bubo*, *Dryocopus martius*, *Dendrocopos medius*, *Milvus milvus*, *Milvus migrans*, *Lanius collurio*.

Nei laghi Fondo e Duglia sono state censite *Triturus carnifex*, *Salamandrina terdigitata*, *Bombina variegata*, *Emys orbicularis*.

Tra gli insetti *Buprestis splendens*, *Rosalia alpina*, *Cerambyx cerdo*.

- Falconara (SIC-IT9210120 esteso su 68 ettari nel Comune di Terranova di Pollino). Presenta formazioni di rupi calcaree. È presente il lupo. Tra le specie di interesse per l'avifauna sono *Aquila chrysaetos*, *Falco biarmicus*, *Falco peregrinus* e *Bubo bubo*. Il sito rappresenta una stazione di Ginepro sabina.

- Madonna del Pollino Località Vacquarro (SIC-IT9210145 esteso su 947 ettari nei comuni di San Severino Lucano e Viggianello). Si alternano rupi calcaree ed estesi boschi di faggio e abete bianco. È presente il lupo. Tra gli anfibi si segnalano: *Triturus carnifex*, *Salamandrina terdigitata* e *Bombina variegata* mentre tra gli invertebrati: *Cerambyx cerdo*, *Rosalia alpina* e *Buprestis splendens*. Anche l'avifauna è ben rappresentata con *Aquila chrysaetos*, *Falco peregrinus*, *Bubo bubo*, *Dendrocopos medius*, *Dryocopus martius*, *Milvus milvus*, *Milvus migrans*.

- Timpa le Murge (SIC-IT9210250 esteso su 147 ettari nel Comune di Terranova di Pollino) rappresenta una formazione ofiolitica. È localizzato un popolamento di *Ilex aquifolium*. Presenta un interessante avifauna con: *Aquila chrysaetos*, *Falco peregrinus*, *Falco biarmicus*, *Bubo bubo*, *Dendrocopos medius*, *Dryocopus martius*, *Milvus milvus*, *Milvus migrans*, *Lanius collurio* e *Caprimulgus europaeus*.

- Monte La Spina Monte Zaccana (SIC- IT9210185 esteso su 1.041 ettari nel Comune di Lauria). Rappresenta la stazione di Pino loricato posta più a nord nel parco. È presente un popolamento di Pino nero.

Le Zone di Protezione Speciale presenti sul versante lucano del parco sono:

- Rubbio (ZPS-IT9210300 estesa su 225 ettari nel Comune di Francavilla sul Sinni). È una Riserva Naturale Orientata istituita con Decreto dell'ex Ministero per l'Agricoltura e le Foreste 29 marzo 1972 estesa 211 ettari. Costituisce una faggeto-abetina di origine naturale.

Sono state censite numerose specie di avifauna quali: *Pernis apivorus*, *Milvus milvus*, *Circus cyaneus*, *Dryocopus martius*, *Milvus migrans*, *Circaetus gallicus*, *Neophron percnopterus*, *Falco naumanni*, *Bubo bubo*, *Dendrocopos medius*, *Coturnix coturnix* ed altre specie;

- Monte Alpi Malboschetto (ZPS-IT9210165 estesa 1.561 ettari nel Comune di Latronico). È un'ampia estensione boschiva compresa tra Monte Alpi e Bosco Vaccarizzo.

È presente il lupo. Tra le specie di avifauna censite sono: *Neophron percnopterus*, *Dryocopus martius*, *Aquila chrysaetos*, *Falco peregrinus*, *Bubo bubo*, *Alectoris graeca*, etc.

I Monti di Orsomarso

I Monti di Orsomarso rappresentano un luogo di grande valore naturale e paesaggistico che permettono di entrare in contatto con un mondo ancora oggi sostanzialmente incontaminato e selvaggio. I monti di Orsomarso si trovano nel settore sud-ovest del Parco del Pollino, e insieme alla Montea si affacciano sull'alto Tirreno Cosentino, formando un vasto e ben caratterizzato complesso montuoso che abbraccia in un ampio arco la cittadina di Scalea, e sovrasta il centro costiero di Diamante.

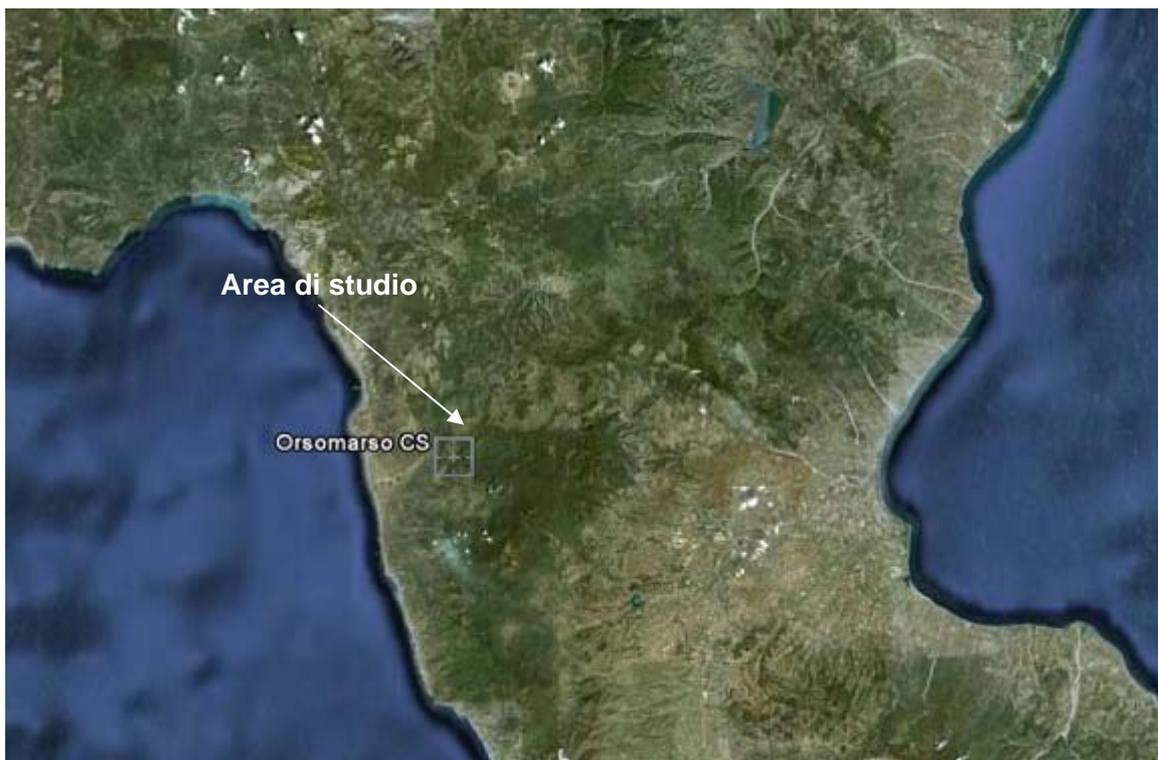


Figura 3 - Area di svolgimento dello studio - Monti di Orsomarso

Il corso medio basso del fiume Lao (il più importante corso d'acqua del comprensorio) segna a Nord-Ovest il confine di questi monti, nettamente divisi dalla Catena Costiera a Sud tramite il passo dello Scalone.

L'altipiano chiuso e fortemente carsificato di Campotenese separa dalla Catena del Pollino il comprensorio che ad Est si affaccia sull'ampio bacino del Crati.

Il fulcro del comprensorio è costituito dalla dorsale del Cozzo del Pellegrino (m. 1987), che si estende con andamento NE-SW, dal monte La Caccia (m. 1744) al monte Caramolo (m. 1827), per poi continuare in direzione NW-SE, con il Palanuda (m. 1632) ed il monte Cernita (m. 1456), descrivendo un arco montuoso comprendente le maggiori cime della zona (oltre a quelle già citate menzioniamo la Montea m. 1825, la Mula m. 1935).

La linea di cresta corre tra i mille ed i duemila metri, ma basta spostarsi un poco da essa per sprofondare giù fino quasi al livello del mare, precipitando lungo le innumerevoli vallate profondamente incise nell'ossatura montuosa del rilievo.

Lungo i fondovalle, pareti a strapiombo, pinnacoli e creste irte di alberi, chiudono spesso l'orizzonte, lasciando appena intravedere le imponenti sagome montuose che le sovrastano. Notevole, forse unico in tutto il mezzogiorno, lo spettacolo delle numerose sorgenti che alimentano il fiume Argentino, testimoniando un'abbondanza d'acqua veramente inaspettata a queste latitudini. Anfratti e grotte punteggiano i fianchi delle pareti, mentre, verso le vette più alte (Pellegrino, Mula), si conservano i resti del modellamento glaciale würmiano notevolmente dislocati dai fenomeni neotettonici.

Ampi pianori carsici contornati da cime, doline e inghiottitoi, modellano il paesaggio là dove una conformazione più pianeggiante del terreno consente all'azione solvente delle acque sui calcari di esplicarsi pienamente.

Tale origine hanno i Piani di Scorpano, Novacco, Campolungo, Scifarello, Minatore ecc., fino al vasto altipiano di Campotenese, che segna il confine con la catena del Pollino.

Una foresta compatta, rigogliosa ricopre tutto ciò che è possibile ricoprire, modellando i contorni di un paesaggio i cui connotati di inaccessibilità difficilmente sono riscontrabili altrove in tali proporzioni.

Interessanti associazioni prative vegetano per contro, dove permangono le terre rosse dei pianori carsici, troppo povere per consentire la crescita della vegetazione arborea. Alla dorsale montuosa si ricollegano strettamente tutti i principali bacini imbriferi della zona, con l'unica eccezione del fiume Lao, che, inserendosi in una depressione di origine tettonica, taglia trasversalmente la dorsale segnando il confine nord-ovest del comprensorio.

Lungo il versante tirrenico abbiamo dunque da nord: il fiume Lao, il torrente Argentino, l'Abatemarco, il Vaccata, ed il torrente Corvino; mentre sul versante ionico abbiamo per contro il fiume Esaro, il torrente Rosa suo affluente, l'Occido, il Grondo, e vari altri corsi d'acqua minori (Filippo Pascuzzi, 1989).

Il clima di Orsomarso è peculiare, l'alternarsi a modesta distanza dal mare di creste, vallate ed altipiani, spesso in posizione parallela alla linea di costa provoca rapidi processi di condensazione nell'aria carica d'umidità proveniente dal Tirreno.

Questo dà luogo a frequenti precipitazioni localmente anche assai abbondanti, nella zona del comprensorio. Le precipitazioni, distribuite per lo più nel periodo invernale e primaverile, variano notevolmente in relazione all'altitudine, al versante (quello tirrenico risulta essere il più piovoso), alla distanza dal mare, ed oscillano tra i 1000 ed i 2500 mm. annui, esse sono

maggiormente di tiponevoso sugli altipiani e sulle vette, dove la neve permane grosso modo da gennaio ad aprile.

Sul resto del comprensorio, data la vicinanza col mare, domina un clima tendenzialmente mite e piovoso di tipo mediterraneo (Filippo Pascuzzi, 1989).

I monti di Orsomarso rappresentano la più importante area carsica della Calabria. Il territorio considerato ha un areale di circa 69 Km² (Sangiovanni, 1998) e sono presenti diverse tipologie di vegetazione: bosco ceduo, alto fusto, alta e bassa macchia mediterranea (Mingozzi, 1994).

Gli arbusti tipici della macchia mediterranea, che caratterizza il paesaggio costiero, sono le Ginestre (*Spartium junceum*), il Minestrone (*Ulex europaeus*), l'Erica arborea (*Erica scoparia*), il Corbezzolo (*Arbutus unedo*), il Mirto (*Myrtus communis*), il Sambuco (*Sambucus nigra*), il Lentisco (*Pistacia lentiscus*), il Ginepro (*Juniperus spp.*). Troviamo inoltre il Faggio (*Fagus sylvatica*) e l'Abete bianco (*Abies alba*), che riescono a vegetare fino a 2000 metri di quota.

Alle quote modeste del piano basale (dal livello del mare fino a raggiungere i 1000 metri) predomina la "macchia foresta", nella quale lo strato vegetativo più appariscente è costituito da piante xerofile e termofile con la tipica foresta a Leccio (*Quercus ilex*).

Spesso il Leccio è accompagnato da caducifoglie come Roverella (*Quercus pubescens*), Acero minore (*Acer monspessulanum*), Orniello (*Fraxinus ornus*).

Il sottobosco è costituito da suffrutici e arbusti sclerofilli e termofili tra cui: Corbezzolo (*Arbutus unedo*), ed Erica (*Erica arborea*), la più rara Erica multiflora (*Viburnum tinus*), Lentisco (*Pistacia lentiscus*), Mirto (*Myrtus communis*), Fillirea (*Phyllirea latifolia*), Alterno (*Rhamnus alaternus*), Rosmarino (*Rosmarinus officinalis*), Pungitopo (*Cuscuta aculeata*), Alloro (*Laurus nobilis*) (Gargaglione, 2001).

La fascia montana in cui si sviluppano i boschi di Faggio, si inquadra tra i 1000-1900m; le tipiche faggete dell'Appennino meridionale, per le caratteristiche fito-sociologiche vengono inquadrati nell'alleanza Geranio-Fagion, a cui vengono associate due aspetti fondamentali dal punto di vista della composizione della fitocenosi del sottobosco: l'Aquifolio-Fagetum (tra i 1000 e i 1500m) nella parte inferiore e l'Asymmati-Fagetum (dai 1500m fino al limite superiore della vegetazione forestale).

L'Aquifolio-Fagetum è la faggeta più termofila ed è normalmente contrassegnata da *Ilex aquifolium*, *Melica uniflora*, *Daphne laureola*, *Potentilla micrantha*, *var. breviscapa*, *Euphorbia amygdaloides*, *Allium triquetrum var. pendulinum*.

L'associazione dell'orizzonte superiore del faggio, *Asyrium-Fagetum*, è la più diffusa per le elevate quote su cui il Massiccio si sviluppa; questa associazione è caratterizzata dalla campanulacea *Asyneuma trichocalycinum*, *Ranunculus brutius*, *Stellaria nemorium*, *Lonicera alpigena*, *Daphne mezereum*, *Adoxa moschatellina*, mentre nello strato arboreo compare il Maggiociondolo (*Laburnum alpinum*).

Altre essenze arboree presenti su questo territorio, sono: Frassino (*Fraxinus excelsior*), Cerro (*Quercus cerris*), Acero montano (*Acer pseudoplatanus*), Opalo (*Aceropulifolium*), Carpino bianco (*Carpinus betulus*), Ontano napoletano (*Alnus cordata*) enero (*Alnus glutinosa*); Nocciolo (*Corylus avellana*), Noce (*Juglans regia*), Leccio (*Quercus ilex*) e Castagno (*Castanea sativa*).

I popolamenti più notevoli di Pino loricato nel territorio dei monti di Orsomarso si trovano sui fianchi di Montea, del Palanuda, del monte la Caccia, con esemplari spesso secolari che vegetano vigorosi sospesi tra i dirupi.

Il Pino loricato è un albero a crescita lentissima, si ritiene che raggiunga e superi l'età di 600 anni. Dominatore solitario delle alte quote, al di sotto dei 1400 metri si associa spesso al pino nero ed eventualmente anche a latifoglie, spingendosi, nella valle dell'Argentino, fino a circa 600 metri d'altitudine mentre di solito è confinato al di sopra dei 1500 metri (Filippo Pascuzzi, 1989).

I Monti di Orsomarso differiscono notevolmente dagli altri massicci calabresi, salvo il Pollino, per quanto concerne la loro composizione geologica. Questo complesso montuoso risulta infatti costituito essenzialmente da formazioni calcaree dolomitiche appartenenti al Triassico medio e superiore, alle quali si affiancano, lungo un'ampia fascia che da S. Donato si estende fino a Saracena, delle metamorfici prealpine di basso grado (facies degli scisti verdi) di età miocenica, in cui predominano le filladi.

Negli spazi pianeggianti crescono erbe officinali di ogni tipo, e diverse varietà di fioritura le quali le Orchidee. Non mancano nei pressi dei paesi di Verbicaro, Orsomarso, Buonvicino, intercalazioni di banchi arenaceo-argillosi e marne legati alla facies batiale, noti come flysch del Lao.

Lo spessore delle formazioni rocciose raggiunge valori notevoli, soprattutto per quanto riguarda le successioni calcareo-dolomitiche che sono tra le più potenti di tutto l'Appennino. L'aspetto delle valli, la conformazione delle montagne, lo stadio di sviluppo del carsismo, rivelano la giovinezza geologica del rilievo.

Secondo recenti studi infatti, il sollevamento del comprensorio sarebbe cominciato in un'epoca immediatamente successiva al Miocene superiore, (25 milioni di anni fa circa) costituendo in questa fase rilievi di altitudine non superiore ai mille metri.

Dalla fine del Calabriano però l'orogenesi riprese vigore, ed un fenomeno di generale innalzamento interessò tutto il territorio, facendo raggiungere ai rilievi le dimensioni attuali. Ciò è confermato dalle quote raggiunte oggi giorno dai depositi marini del Quaternario, nonché dalle dislocazioni delle forme glaciali wurmiane della Mula e del Pellegrino.

Il passo dello Scalone, confine sud del comprensorio dei monti d'Orsomarso, separa orizzontalmente due tra i maggiori elementi strutturali presenti nell'Italia peninsulare mediterranea: la catena Appenninica a nord e l'Arco calabro a sud comprendente i rilievi della Sila della Catena Costiera dell'Aspromonte.

A sud del Passo dello Scalone, e cioè nella Catena Costiera, questo elemento strutturale definito alpino, sovrastageometricamente con diretta sovrapposizione la catena appenninica, che affiora solo discontinuamente nelle finestre tettoniche di monte Cocuzzo, monte Lucerna, Bagni di Sambiase, Coreca.

I monti di Orsomarso costituiscono dunque l'ultima potente propaggine verso sud della catena appenninica,

Riserva Naturale Orientata “Valle del Fiume Argentino”

La Riserva Naturale Orientata “Valle del Fiume Argentino” interessa il tratto montano del bacino del Fiume Argentino.

L'area protetta è stata istituita con D.M. 425 del 21 luglio 1987 e dal 1994 fa parte del Parco Nazionale del Pollino. La riserva, gestita dal Corpo Forestale dello Stato, dal punto di vista amministrativo rientra nel comune di Orsomarso (CS) e si estende per circa 4000 ettari, articolandosi su quote variabili dai 150 m s.l.m. del fondovalle fino ai 1632 m del Monte Palanuda. L'inaccessibilità del territorio, limitando la possibilità di insediamenti umani, ha permesso di conservare un ambiente con un notevole grado di naturalità, caratterizzato da estese formazioni forestali, ripidi costoni e profonde vallate.

Solo l'esistenza di vecchie abitazioni lungo il fondovalle, ormai abbandonate, e la presenza di piante sparse quali vite, olivo, fico e altri fruttiferi, testimoniano l'antica destinazione agricola di piccoli appezzamenti prospicienti il corso del fiume.

Il territorio della riserva, sebbene attualmente densamente boscoso, in passato non fu risparmiato da una deforestazione indiscriminata.

All'interno della riserva sono ancora visibili i resti di unafunivia, utilizzata dalla società Rüeping, che nel periodo compreso fra il 1913 e il 1933 attuò una delle più grandi opere di disboscamento su tutto il massiccio del Pollino.

Da alcuni decenni la ceduzione non viene più realizzata e il pascolo, che un tempo doveva costituire un'attività di notevole interesse, è molto limitato; tutto ciò ha favorito i processi dinamici di ripristino delle fitocenosi forestali (G. Maiorca & G. Spampinato, 1999).

Dal punto di vista bioclimatico possono essere distinte due tipologie: a quote più basse il bioclima può definirsi di tipo meso-mediterraneo umido, mentre nella fascia montana è di tipo temperato montano umido.

Le precipitazioni sono complessivamente abbondanti, con massimi registrati nel periodo che va da novembre a febbraio e minimi nei mesi estivi. Le precipitazioni medie annue si aggirano sui 1400-1600 mm, con minimi di circa 850 mm e massimi di oltre 2400 mm (G. Maiorca & G. Spampinato, 1999).



Figura 4 - Particolare del Fiume Argentino

L'analisi della vegetazione ha permesso di individuare 34 associazioni, oltre ad alcuni aggruppamenti. Abbiamo arbusteti sempreverdi xerofili a cui sono riferibili le formazioni arbustive di sclerofille, che rappresentano gli aspetti più termofili della vegetazione sempreverde presente nel territorio.

Le specie guida dell'associazione sono *Myrtus communis* e *Pistacia lentiscus*. Poi abbiamo boschi di leccio e ornello che sono molto diffusi, trattandosi, per lo più, di cedui piuttosto giovani utilizzati fino a qualche decennio fa dalla popolazione locale.

Queste leccete risultano ben differenziate nella loro composizione flogistica soprattutto in relazione alla quota altimetrica. Quelle distribuite fino a circa 500-600 m s.l.m. sono riferibili al *Fraxino orni-Quercetum ilicis*.

Lo strato arboreo di questa formazione risulta caratterizzato dalla dominanza di *Quercus ilex*, alla quale si associa costantemente, ma in modo subordinato, *Fraxinus ornus*.

Poi abbiamo boschi di quercia virgiliana con erica arborea che sono caratterizzati dalla dominanza di *Quercus virgiliana*, specie caducifoglia termofila frequente in Calabria.

A questa quercia si associano nello strato arboreo, ma con ruolo subordinato, il leccio e l'orniello. Lo strato arbustivo, abbastanza rappresentato, è costituito da *Erica arborea*, *Myrtus communis*, *Viburnum tinus*, *Arbutus unedo*, *Crataegus monogyna*, *Ligustrum vulgare*, ecc.

Inoltre abbiamo boschi ad acero napoletano caratterizzati dalla presenza di *Acer neapolitanum* boschi ripari ad ontano napoletano caratterizzati dalla dominanza di *Alnus cordata* cui si accompagna un ricco corteggio di specie igrofile emerziali. Sui calcari compatti, in genere piuttosto inclinati e sottoposti a vistosi fenomeni di erosione, si impianta una gariga a *Salvia officinalis*, *Erica multiflora*, *Cistus salvifolius*, *C. incanus*, *Helianthemum nummularium* ssp. *Obscurum*. Questa vegetazione risulta dinamicamente collegata con le formazioni dei Quercetea ilicis e, in particolare, con il *Fraxino orni-Quercetum ilicis* e il *Myrto-Pistacietum lentisci*, costituendone uno stadio di degradazione conseguente al ripetersi di incendi e all'innescarsi di fenomeni di erosione dei suoli.

Molto importante è anche la presenza di faggete termofile *Anemone-Fagetum* localizzate nel territorio ad altitudini fra gli 800-900 m e i 1400-1500 m e la presenza di faggete microterme *Asyneumati-Fagetum* presenti sopra i 1400-1500 m (G. Maiorca & G. Spampinato, 1999).

Nei boschi è possibile trovare anche castagni (*Castanea sativa*), ornelli, noci, ciliege selvatiche e alle quote più elevate gli endemismi del pino loricato (*Pinus leucodermis*) e del pino nero (*Pinus nigra*). Dal punto di vista geolitologico, si individua un complesso fondamentale costituito dalle rocce carbonatiche (dolomie, calcari, calcareniti) insieme con le quali si incontrano formazioni prevalentemente scistose, formazioni alluvionali, depositi superficiali incoerenti e anche isole di rocce ignee.

Le dolomie subiscono spesso un'intensa fratturazione, assumendo l'aspetto di vere e proprie sabbie. I calcari, grigi chiari o grigi scuri, costituiscono rocce ben stratificate e localmente laminate. Le formazioni scistose comprendono scisti argillitici rossastri con

permeabilità generalmente bassa e tendenza alla franosità, oppure scisti argillitici grigi, bruniall'alterazione, noti come scisti del Fiume Lao.

La geomorfologia della riserva è diretta conseguenza del prevalente substrato calcareo, caratterizzato da fenomeni di erosione che ha generato pareti verticali, torrioni e creste. Il Fiume Argentino ha inciso profondamente il substrato litologico, originando una stretta valle con decorso Est-Ovest, che si sviluppa per 18,5 Km dalle sorgenti alla confluenza con il Fiume Lao (G. Maiorca & G. Spampinato, 1999).

I Coleotteri Carabidi

Collocazione sistematica

I carabidi, coleotteri terricoli predatori, svolgono un ruolo importante nella superficie del suolo e nella lettiera e sono buoni indicatori del livello di antropizzazione/naturalità degli ecosistemi (Thiele, 1977). La famiglia Carabidae fa parte degli Adephaga Clairville, 1806, sottordine dei Coleoptera, ordine che è considerato come il più ricco del regno animale, al 1990 sono note circa 370.000 specie di Coleotteri, di cui quasi 40.000 appartengono ai carabidi. In Italia sono note oltre 12.000 specie.

La classificazione attualmente più seguita riconosce quattro sottordini: Archostemata, Adephaga, Myxophaga e Polyphaga. Archostemata e Myxophaga sono piccoli gruppi inseribili rispettivamente in Adephaga e Polyphaga. Le principali differenze tra i due sottordini sono a livello morfologico: gli Adephaga sono caratterizzati da ali con nervature trasversali, metacoxe fuse al metasterno (con il primo sternite addominale diviso), i tarsi di cinque articoli, testicoli tubulari e ovariolipolitrofici.

I Polyphaga manifestano ali con nervature trasversali ridotte o assenti, metacoxe non fuse al metasterno, tarsi di 3-5 articoli, testicoli follicolari e ovariole acrotrofici (Vigna Taglianti, 1993).

Morfologia

L'aspetto generale di un Carabide è quello di un coleottero ovale più o meno allungato con protorace più stretto delle elitre e di solito cordiforme, con capo robusto, antenne filiformi, mandibole robuste, più o meno incurvate e zampe lunghe. Il tegumento può essere liscio, lucido, oppure può presentare una microscultura superficiale (reticolo a maglie poligonali o regolari o di sottili linee parallele). La microscultura può essere diversa nei due sessi (*Anisodactylus*, *Harpalus*, *Amara*).

I colori dipendono essenzialmente da un pigmento nell'endocuticola da cui derivano tutte le gradazioni di colore dal testaceo, al bruno scuro e al nero (colori chimici). Di solito i Carabidi hanno colorazioni uniformi, ma si possono avere vari disegni secondo la disposizione diversa di aree pigmentate e depigmentate, come protorace chiaro ed elitre scure, od elitre con macchie o strie chiare gialle od arancione.

Le colorazioni metalliche, verdi o porpora, più o meno intense sono colori fisici, cioè possibili solo per fenomeni di diffrazione ed interferenza delle onde luminose, indotte

dall'ultrastruttura della cuticola. Sulla superficie del tegumento si osservano vari tipi di sensilli (associati con le terminazioni nervose), immobili, e setole o peli, mobili.

Il capo di forma varia, di solito più stretto del protorace, robusto e generalmente arrotondato, è costituito dal cranio e dalle appendici cefaliche. Il cranio è formato dall'unione di tre grandi scleriti (o meglio da tre regioni morfologiche): epicranio, epistoma o clipeo e gula.

Le antenne sono semplici, filiformi, di 11 articoli, inserite tra gli occhi e la base della mandibola. I primi due, tre o quattro articoli di solito sono glabri, i rimanenti sono più appiattiti e sempre pubescenti.

L'articolo basale costituisce un vero e proprio scapo, il secondo è il pedicello, mentre il resto ha il significato di flagello.

Le mandibole sono sempre sporgenti, appuntite e ricurve all'apice, la superficie esterna spesso è incurvata e porta di norma una setola. Le mascelle sono formate da: cardine, stipite, lacinia (lobo interno) con spine e setole, galea (lobo esterno) di due articoli e palpo mascellare di quattro articoli.

Il labbro inferiore (labium) è costituito dal mento con la ligula, sui cui lati si trovano le paraglosse membranose, e dai palpi labiali formati da tre articoli, di varia forma; il penultimo articolo porta delle setole in numero fisso, secondo il gruppo. Il torace è formato da tre segmenti: pro-, meso- e metatorace.

Il protorace, di solito più stretto delle elitre, è ben mobile sul mesotorace. Nella parte tergale troviamo un grande scudo tronco, il pronoto. Le parti laterali, ripiegate, costituiscono le epipleure. Sulla parte ventrale si osserva il prosterno, recante un'apofisi mediana che separa le due cavità coxali anteriori, i proepisterni e posteriormente agli ultimi i proepimeri che completano la parete posteriore della cavità coxale.

Quando i proepimeri finiscono a punta libera le cavità sono aperte, quando si uniscono all'apofisi le cavità vengono dette chiuse. Il mesonoto è in parte visibile tra le basi delle elitre (mesoscutello), invece le parti tergal del mesotorace sono completamente nascoste, la sutura tramesoepisternale mesosternale di vario tipo ed i mesoepimeri sono ridotti e stretti, raggiungenti o no la cavità coxale (Carabidae disjunctae e conjunctae). Il meta sterno ed il metaepisterno sono sempre ben sviluppati nelle specie alate, corti e ridotti nelle forme attere.

Le elitre (le ali mesotoraciche, modificate) sono costituite da un peduncolo basale e da una superficie dorsale (chiamata disco), i cui margini interni sono a contatto nella sutura ed i cui margini esterni presentano una piega laterale che separa una porzione ventrale, o epipleura.

Sul disco si distinguono strie, interstrie e punteggiature. La scultura elitrale del disco è aratterizzata da otto strie e nove interstrie longitudinali, ed è arricchita da punteggiature a volte molto dense. Le ali metatoraciche, membranose sono caratterizzate dalla possibilità, con poche eccezioni, del ripiegamento della parte distale articolata sulla prossimale, per potersere racchiusa sotto le elitre.

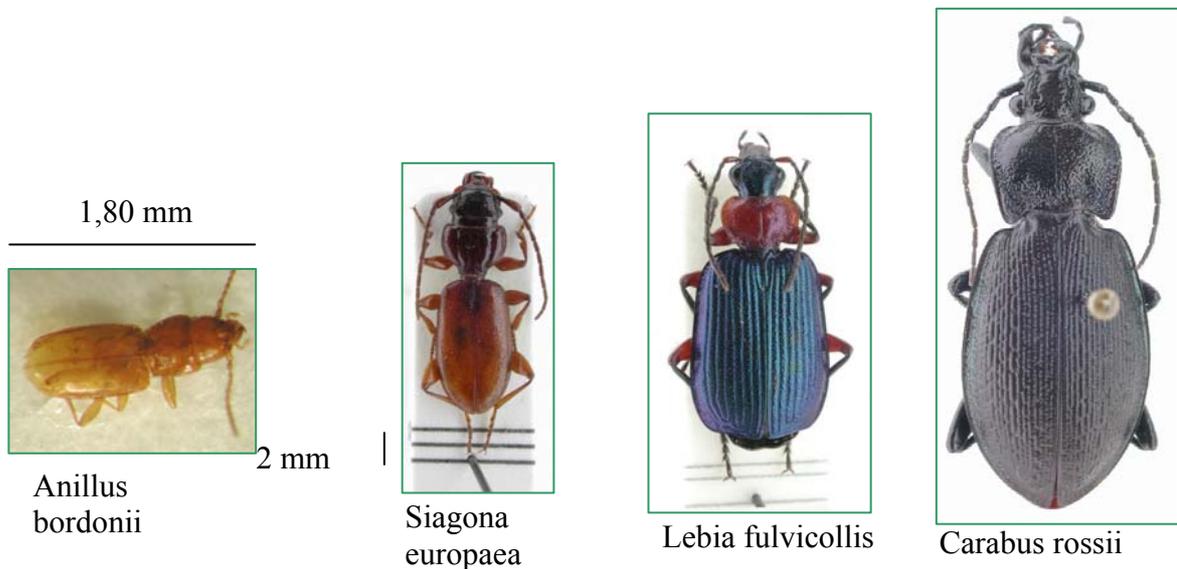


Figura 5 - Overview di alcune specie con differenti dimensioni corporee

Le zampe sono formate da coxa, trocantere, femore, tibia, tarso e pretarso. Le coxe anteriori ed intermedie sono subsferiche e si articolano con le cavità pro emesocoxali. Le coxe posteriori sono immobili e lateralmente raggiungono i metaepimeri, e di solito non presentanosetole.

I trocanteri anteriori e intermedisono brevi segmenti subtriangolari che collegano le coxecon i femori, mentre imetatrocantieri sono più grandi, e a volte lunghi fino a metà femore e costituiscono unvero e proprio supporto del femore stesso; spesso presentano dimorfismo sessuale eportano una setola caratteristica.

I femori e le tibie sono simili nelle tre paia di zampe e mostrano file di setole. Intutti i Carabidi, tranne nei Paussini, esiste un organo di toeletta sulle protibie. I tarsi sono pentameri, tranne alcuni casi, a volte tetrameri. Molto spesso il protarso è dilatato nei maschi ed è fornito di faneri adesivi sulla superficie ventrale. L'ultimo segmento del tarso porta le unghie (pretarso).

L'addome è formato da 10 segmenti. Normalmente si vedono 8 tergiti e 6 sterniti addominali, tranne che nei Brachininae in cui sono visibili 7 sterniti nelle femmine, ed 8 nei maschi (Casale A. et al.,1982)- La larva dei Carabidi è una larva oligopode, con tre paia di

zampe toraciche funzionali, più precisamente di tipo campodeiforme perché alcune di esse ricordano per il loro aspetto insetti più primitivi della classe dei Dipluri (genere *Campodea*). Come adattamento secondario possono essere cirtosomatiche, simili alle larve degli scarabeidi (genere *Carterus*) o fisogastriche con abitudini alimentari altamente specializzate (genere *Brachinuse Graphipterus*). Le larve campodeiformi sono attive predatrici, con corpo depresso e sclerificato, zampe relativamente lunghe e pezzi boccali molto sviluppati (van Emden, 1942).

Le larve di alcuni generi tendono a raccogliere in gallerie scavate nel terreno semi di piante erbacee, evidenziando anche un aspetto fitofago della nutrizione. Il capo di forma varia, per lo più quadrangolare, con o senza restringimento del collo, è formato da un certo numero di scleriti separati da suture: epistoma, frontale, epicranio e ipostoma.

L'epistoma (clipeo) è separato dal frontale attraverso introflessioni del tentorium; ha forma vagamente pentagonale con la parte anteriore più o meno sporgente e denticolata (nasale), forma caratteristica di vari taxa.

Le antenne, esili e allungate, di norma formate da 4 articoli, si articolano su una membrana. Il penultimo articolo è lobato e porta una vescicola sensoriale, con probabile funzione olfattiva. L'articolo apicale è di regola più ricco di setole e organi disenso.

Le mandibole sono di lunghezza variabile, più allungate nelle larve predatrici, tozze e robuste nelle forme spermofaghe, divoratrici di semi.

Le mascelle hanno un breve cardine, un lungo stipite con macro e microchete, un palpo a funzione sensoriale che è formato da tre articoli ed è inserito su un palpigero.

Il torace presenta tre segmenti, protorace, mesotorace e metatorace sempre provvisti di un grande sclerite dorsale e da piccoli scleriti ventrali.

L'addome è formato da dieci segmenti, otto dei quali sono uguali, simili ai segmenti toracici ma più piccoli e meno sclerificati, e recano ciascuno un paio di stigmi (apertura delle trachee, organo respiratorio); il nono segmento non ha stigmi, è ridotto e porta un paio di cerci (urogonfi) di forma variabile.

Di norma le forme parassite ne sono prive. Il decimo segmento circonda l'apertura anale ed è provvisto di pigopodio, tubo estensibile utilizzato anche nella locomozione.

Le zampe sono simili tra loro e formate da coxa, trocantere, femore, tibia, tarso e unghie. Le unghie sono una o due, uguali o diverse. La pupa dei *Carabidae* è di tipo "exarato", con addome mobile ed appendici non aderenti al corpo, spesso con lunghe setole. La pupa è preceduta da una fase della vita larvale detto "eopupa", che ha luogo dopo lo scavo della cella pupale, ed è caratterizzato da crescente immobilità della larva. Il passaggio alla forma

adulta ha luogo dopo un periodo variabile da pochi giorni a varie settimane, anche in dipendenza dalla temperatura del suolo o di altro substrato dove è avvenuto l'impupamento. La fase di alimentazione, che segue la metamorfosi, è di particolare importanza per la sopravvivenza dell'adulto, che deve ricostituire le riserve del corpo adiposo, recuperando il peso perduto nella fase pupale, per affrontare poi il periodo riproduttivo (Brandmayr et al., 2005).

Adattamenti e risposte dei Coleotteri Carabidi all'ambiente

Negli ambienti mediterranei, a differenza di quelli dell'Europa centrale e settentrionale, troviamo un discreto grado di variazione morfologica della carabidofauna che quasi sempre si accompagna a risposte eco-comportamentali, a loro volta legate a specifici tipi di habitat o di risorsa alimentare.

Molti Carabidi hanno evidenziato una netta preferenza ambientale, con una distribuzione dipesa da una serie di fattori microclimatici e caratteristiche pedologiche. I Geoadefagi, oggi riuniti nella famiglia dei Carabidae, hanno un'origine molto vicina a quella degli attuali Idroadefagi, di ambiente acquatico.

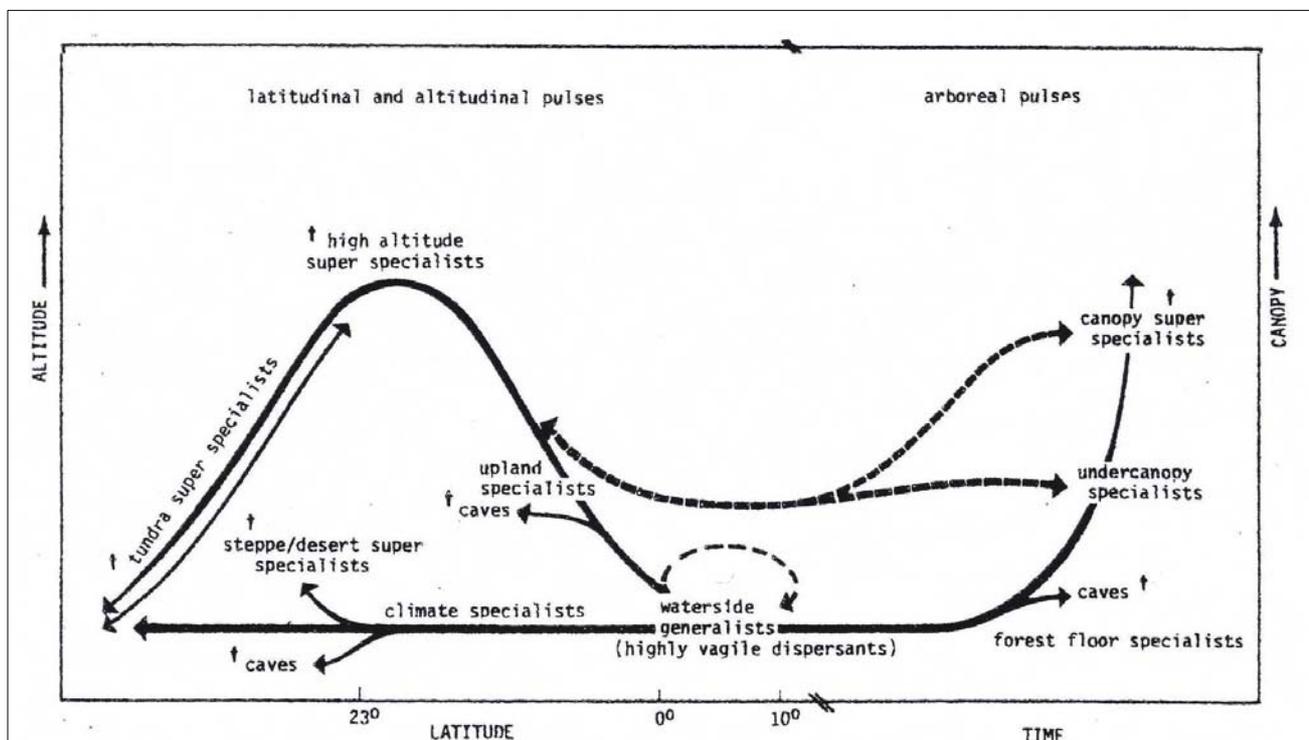


Figura 6 –Direzioni evolutive dei Carabidi proposte da Erwin, 1979.

Nel corso dell'evoluzione da un primordiale habitat situato lungo le rive dei fiumi o delle acque ferme (più in generale habitat ripariale) i Geoadefagi si sono poi rivolti ad occupare ambienti sempre più lontani dall'acqua.

In risposta alle risorse trofiche e alle condizioni ambientali si vengono a delineare diverse “forme biologiche”: i predatori olfattivo-tattili (OL), caratterizzati da occhi composti molto sviluppati, da attività notturna e conquista della preda basata su stimoli olfattivi. Questi si ritrovano soprattutto in foreste.

Il predatore visivo (OT) che presenta occhi composti molto sviluppati a coprire la superficie antero-superiore del capo; il riconoscimento della preda si basa su stimoli ottici.

Svolgono attività tipicamente diurna.

Essi colonizzano ambienti con suoli nudi o con vegetazione erbacea o arborea poco densa.

Gli spermofagi (SP), i predatori di semi, sono caratterizzati da mandibole a base allargata e tozze, capo largo e robusto; presentano occhi di dimensioni normali; sono attivi di giorno e di notte. Prediligono habitat come pascoli, praterie, steppe.

Nonostante la diversificazione dell'habitat a seconda delle strategie predatorie ed alimentari, si riscontra la massima varietà di forme biologiche di Coleotteri Carabidi nei complessi di vegetazione tipici dei letti fluviali (Brandmayr et al., 2005).

Ecologia

I Carabidi costituiscono da molto tempo uno degli oggetti di studio preferiti in materia di scelta dell'habitat: il fatto che siano agevolmente campionabili e ben noti dal punto di vista faunistico-biogeografico ha certamente contribuito ad aumentare l'interesse per questo gruppo animale.

Le circa 1300 specie italiane di Carabidi, si distribuiscono in modo irregolare sul Paese.

Dalle Alpi alle coste della Sicilia, per l'escursione altitudinale, si riconoscono cinque paesaggi ecologici o "biomi" diversificati da un punto di vista bioclimatico (Brandmayr, 2002).

Nella fascia altitudinale delle Alpi, troviamo un habitat avverso alla vita: la fascia dei ghiacci perenni, al di sotto di questa si estende il bioma della prateria alpina, che ospita circa 180 specie di questa famiglia.

L'elevato numero di specie dimostra probabilmente che la colonizzazione di questo bioma da parte dei Carabidi, sia iniziata in tempi molto lontani.

Ancora al di sotto di questa fascia altitudinale, prima della comparsa della vegetazione con alberi, il suolo assume caratteristiche forestali (comparsa di ericacee, rododendro, ginepro). Queste modificazioni fanno variare la composizione della comunità Coleotteri Carabidi che diviene "silvicola". Qui compaiono, quindi, popolazioni tipiche della fascia della "taiga" scandinava; con specie che prediligono suoli torbosi.

La fascia più ricca in specie è rappresentata da quella del faggio, che appartiene al bioma delle caducifoglie temperate e conta oltre cinquecento specie di Carabidi.

Le foreste di faggio del nostro Paese occupavano, una volta, gran parte dell'Appennino.

La faggeta costituisce insieme al bosco misto di querce ed altre latifoglie l'ecosistema a maggior biodiversità dell'Italia, ma va tenuto conto anche della grande abbondanza che nel bioma temperato hanno gli habitat secondari e gli ambienti azonali, i fiumi, le aree acquitrinose, le cui faunule sono conteggiate come facenti parte del paesaggio del bioma.

Dove il clima diventa più caldo, troviamo il bioma delle sclerofille o della macchia mediterranea, che conserva circa 345 specie. Con più precisione questo bioma è stato distinto nella sua parte più piovosa ed umida, caratterizzata ancora dai resti delle antiche foreste a sughera e leccio, ed in quella molto più arida, poco conservata in Italia, ma un tempo caratterizzata dalla palma nana e da altre essenze xeroterme.

Le foreste sempreverdi delle sclerofille si inseriscono in un paesaggio ancora ricco di specie di carabidi, anche se in netta diminuzione nelle stesse foreste, dove la continua stagione arida estiva non favorisce la ricchezza di specie.

I boschi di leccio infatti mostrano un deciso calo di diversità rispetto ai querceti (Brandmayr et al., 1983). La comunità così povera delle sclerofille si spiega probabilmente con la comparsa relativamente recente di questo tipo di foreste (Pleistocene), in seguito al lento processo di inaridimento dei bacini mediterranei, che nel corso di circa 20 milioni di anni (circa dal Miocene in poi) ha portato all'attuale configurazione climatica, ed agli episodi glaciali.

Si ipotizza (Pizzolotto et al., 1990) che la componente più igrofila o temperato-calda di questo antico bioma forestale abbia trovato rifugio nell'attuale orizzonte del faggio e del querceto più umido.

Numerosi sono i fattori che possono in qualche modo condizionare il legame all'habitat di un taxon, spesso sono poi gruppi di specie o interi generi a mostrare affinità ambientali molto simili, dimostrando stretti rapporti fra la filogenesi del gruppo e la sua scelta ambientale.

I carabidi sembra che scelgano il proprio habitat in base ad ambienti forestali ed aperti, di conseguenza possiamo cominciare a suddividerli in silvicoli e praticoli.

Nell'ambito forestale si osservano preferenze diversificate, già illustrate da Thiele (1977), fra forme stenotopiche di boschi freschi ed umidi, e specie più euritope, capaci di colonizzare ogni tipo di boschi, con esclusione delle sclerofille.

Le forme praticole sono generalmente di colore metallico ed eliofile. Un terzo gruppo è rappresentato dalle specie che hanno abitudini di vita legate alle acque correnti o stagnanti; questi organismi sono detti ripicoli, essi presentano un particolare tipo di orientamento, definito "zonale", in quanto determinato dalla distanza dalla linea di battigia, lungo la quale si concentra al massimo la possibilità di reperimento delle prede.

Alcune di queste specie, ad esempio alcuni Scarites, come pure Omophron e Dyschirius, più legati alle rive marine o dei fiumi, sono dotati di un meccanismo noto come bussola solare, che consente loro di mantenere inalterata la direzione di fuga rispetto alla riva lungo la quale vivono (Papi, 1955; Costa et al., 1982).

Quasi tutte le specie ripicole sono in grado di nuotare con una certa abilità, di percorrere tratti sott'acqua aggrappati alla superficie dei sassi o alle alghe del fondo, inoltre in questo gruppo ecologico le ali metatoraciche sono costantemente ben sviluppate (Andersen, 1968; Bonn, 2001).

Esistono molte altre categorie di habitat che in modo simile ai corsi fluviali non consentono lo sviluppo di un ecosistema "climax", ma solamente di stadi vegetazionali caratterizzati da condizioni edafiche più instabili o anche estreme, dove prevale quindi l'azione di fattori di ringiovanimento o di disturbo della successione ecologica.

In questi "ecotopi" azonali, facilmente riconoscibili nel paesaggio terrestre, rupi e falesie, dune e spiagge sabbiose, paludi ed acquitrini interni, conoidi fluviali, aree franose e calanchi, estuari e lagune, etc, si rinvengono faune e specie fortemente caratterizzate dal punto di vista delle preferenze ecologiche, sia microclimatiche che edafiche.

Altrettanto variegato è il legame all'habitat che si sviluppa negli ambienti umidi delle acque interne, dove si osserva un massimo di biodiversità in corrispondenza del bioma delle caducifoglie temperate, ma si vede un brusco calo del numero di specie non appena si passa alle conifere boreali, le cui torbiere e piccoli paludi, generalmente montane, sono caratterizzate quasi esclusivamente da *Pterostichus diligens*.

Il paesaggio dei biomi climato-zonali in realtà è reso estremamente più variegato dagli effetti modellanti dell'intervento antropico, che tende a dissodare il pristino climax forestale ed a rimpiazzarlo con un intricato mosaico di ecosistemi secondari più o meno modificati e più o meno stabili e persistenti. La foresta viene di solito sostituita con foreste-parco che poi a seguito dell'azione combinata di incendi e del morso degli animali divengono pascoli permanenti.

Esistono anche forme dal dominio ipogeo: specie endogee, adattate al suolo profondo, e specie troglotie e troglobie, che si trovano nelle macro e microcavità dei massicci montuosi. In particolare, è soprattutto nei massicci carsici ricchi di macro-cavità sotterranee che si realizza l'adattamento completo alla vita ipogea, quello dove tutto il ciclo biologico si svolge sotto la superficie del suolo.

Le specie troglobionti (o troglobie) sono vistosamente depigmentate, prive di occhi funzionali; il loro potenziale riproduttivo è ridotto ed il potere di dispersione ridottissimo, ma gli individui delle popolazioni sono longevi (possono superare i nove anni di vita). Queste forme ipogee si prestano ad essere utilizzate come bioindicatori anche per i cambiamenti globali in atto sul pianeta, in quanto estremamente sensibili alle più piccole variazioni di singoli fattori come temperatura ed umidità, all'inquinamento delle falde sotterranee o ai mutamenti climatici (Brandmayr et al., 2005).

I bioindicatori

Una definizione di bioindicatore è quella che lo individua come una specie, o un gruppo di specie, che riflette le condizioni biotiche o abiotiche dell'ambiente, che rileva gli effetti di un cambiamento ambientale sugli habitat, su comunità o ecosistemi, e che rappresenta la diversità di altre specie (Rainio & Niemela, 2003).

Esistono altre definizioni, più estese, di bioindicatore. Più in generale un bioindicatore può essere visto come un organismo che riflette una qualunque risposta, antropogenicamente indotta, dell'ecosistema, a cui appartiene, come conseguenza di una situazione di stress (McCarty & Munkittrick, 1996).

Una perturbazione ambientale può agire sugli esseri viventi direttamente oppure indirettamente, modificando i parametri dell'ambiente in cui essi vivono, attraverso modificazioni a livello biomolecolare, biochimico, fisiologico ed ecologico.

Una specie bioindicatrice può fornire informazioni sulla qualità dell'ambiente, manifestando gli effetti in uno o più livelli (organismo, popolazione, comunità o ecosistema) dell'organizzazione biologica (McCarty & Munkittrick, 1996). Si individua, così, l'indicatore biologico, corrispondente al sistema biologico compreso tra il livello molecolare e quello dell'intero organismo, e l'indicatore ecologico relativo a scale di organizzazione superiori all'organismo (popolazioni e comunità). Muovendoci nella scala gerarchica dei sistemi biologici (dalle biomolecole, agli organismi e da quest'ultimi alle popolazioni e alle comunità) aumenta la difficoltà di correlare cause ed effetti e il tempo di risposta. Un organismo, invece, che assimila quantità misurabili di elementi chimici e/o composti xenobiotici viene definito bioaccumulatore. La sua tendenza è quella di accumulare all'interno del proprio corpo concentrazioni del contaminante superiori a quelle del comparto ambientale in cui si trova, mostrando una certa tolleranza a questo. Negli studi sulla biodiversità, un bioindicatore è usato, invece, per valutare la ricchezza specifica in una comunità.

Contare le specie presenti, infatti, risulta essere un procedimento estremamente difficile, pertanto, vengono individuati gruppi di taxa, o gruppi funzionali, la diversità dei quali riflette la diversità di altri taxa (Rainio & Niemela, 2003), e questo può rappresentare un vantaggio, soprattutto laddove è elevata la ricchezza specifica. È comprensibile chiedersi, però, come una specie o un gruppo di specie possa rappresentare bene i restanti organismi della comunità considerata; le esigenze ecologiche delle specie, infatti, possono essere molto differenti e le risposte ai cambiamenti possono essere anche talmente opposte. Il problema può essere superato se si considerano questi bioindicatori come specie la cui

presenza o assenza indica la presenza o assenza di altre specie, o come specie il cui incremento o diminuzione comporta un evidente cambiamento nell'abbondanza di almeno un'altra specie, oppure come specie dominanti che costituiscono la maggior parte della biomassa, o la maggior parte degli individui (Lindenmayer et al., 2000). Esistono, però, delle caratteristiche fondamentali che il gruppo tassonomico da utilizzare dovrebbe possedere (Pearson & Cassola, 1992; Niemela, 2000). Innanzitutto, è necessario che sia conosciuto bene sia dal punto di vista tassonomico che ecologico, che sia distribuito su ampia scala geografica, che sia specializzato per determinati habitat, che rifletta con le proprie risposte, le risposte delle altre specie, che sia semplice ed economico da esaminare e, che, infine, sia in grado di avvertire i cambiamenti che si verificano nell'ambiente. Affinché possa assolvere a quest'ultima funzione, è necessario che il gruppo tassonomico presenti un'uniformità genetica, che garantisca una omogeneità di risposte agli agenti tossici. Proprio per tutte queste caratteristiche richieste, non è sempre facile identificare specie o gruppi di specie che possano essere utilizzati come bioindicatori e comunque tale identificazione richiede tempo e studio adeguati.

Forme biologiche

La maggior parte dei Carabidi presenta un regime carnivoro, predatorio, riscontrabile sia negli adulti che nelle larve; ciò avviene a spese di altri artropodi, ma anche di molluschi gasteropodi e di oligocheti. Alcune specie si comportano da predatori generici, altri presentano un regime alimentare più specializzato, come è stato riscontrato nel genere *Nothiophilus* che è adattato a cacciare i Collemboli in movimento (Shaller, 1949; Bauer, 1975) o nelle larve di *Abax* che si nutrono solo di lombrichi (Lampe, 1975). Esistono, inoltre, i necrofagi che si cibano di animali morti di recente (Davies, 1953; Williams, 1959; Obrtel, 1971, 1972) e specie con dieta onnivora, che si nutrono, cioè, di materiale vegetale (semi, foglie e frutti).

In relazione alla modalità con cui i Carabidi ritrovano la loro preda e in base anche alla natura della loro preda, è possibile distinguere le seguenti forme biologiche. La più diffusa è la forma del predatore olfattivo-tattile. In generale, questi tipi di Carabidi dominano, con una percentuale che va dal 76 all' 84%, in foreste di ogni tipo, da quelle montane a quelle planiziali o riparali (Brandmayr et al., 1986a, 1986b; Zetto Brandmayr & Brandmayr, 1998).

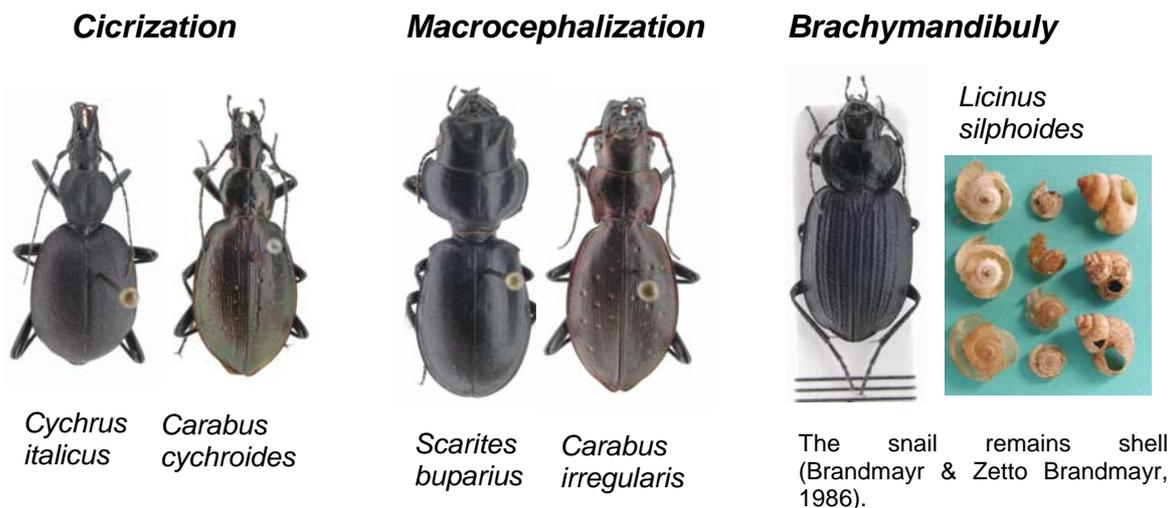
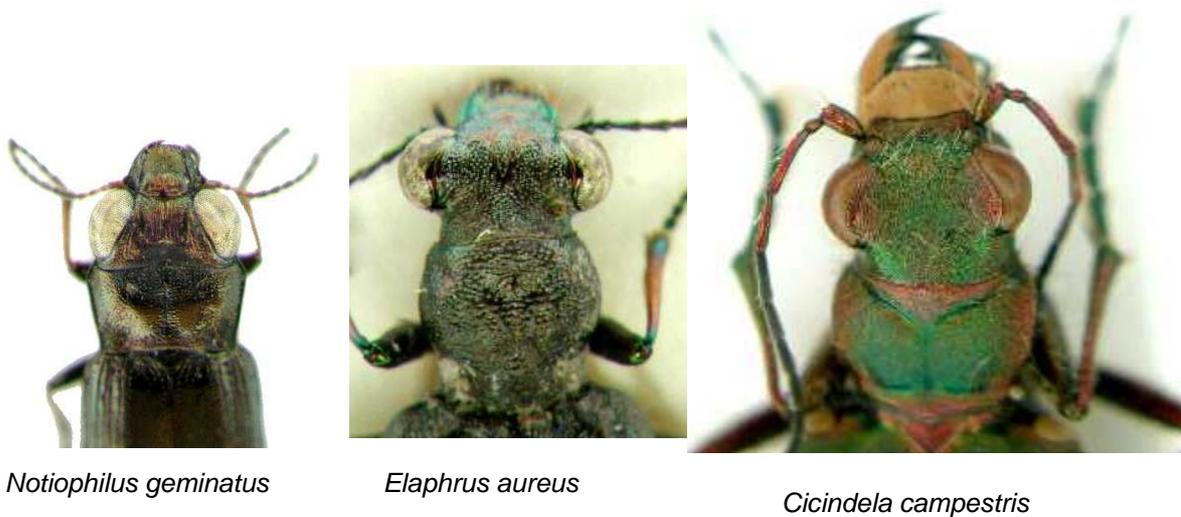


Figura 7 – Esempi di alcuni predatori olfattivo-tattili e la loro variabilità morfologica legata alle abitudini alimentari

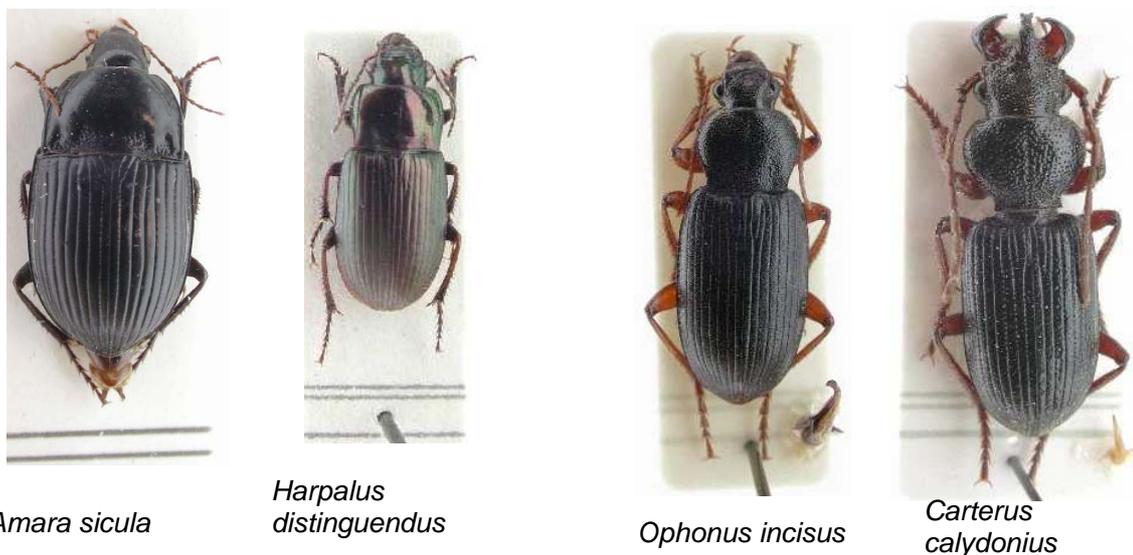


Notiophilus geminatus

Elaphrus aureus

Cicindela campestris

Figura 8 - Esempi di alcuni predatori ottici



Amara sicula

Harpalus distinguendus

Ophonus incisus

Carterus calydonius

Figura 9 - Esempi di specie zoospermofaghe (a sx) e specie esclusivamente spermofaghe (a dx)

Possiedono occhicomposti di medio o scarso sviluppo, un numero di ommatidi ridotto e pari a zero nelle forme anoftalme ipogee, e un'attività locomotoria essenzialmente notturna. Questi basano la loro ricerca della preda, molto variabile e non specializzata, e il ritrovamento della stessa su stimoli olfattivo-tattili. Esistono, però, in questa forma biologica delle varianti macromorfologiche per lo più legate ad una maggiore specializzazione nell'attività predatoria.

Krumbiegel (1960) ha descritto, infatti, la “cicrizzazione”, tipica dei Cychrini; torace e testa subiscono un allungamento ed un assottigliamento, le mandibole si presentano snelle ed allungate. Ciò facilita la predazione di gasteropodi terrestri, poiché penetrano facilmente nel loro guscio ed estraggono così la preda. Altra forma è il “gigantismo” o “procerizzazione”,

che consiste in un aumento proporzionato delle dimensioni del corpo, tipico di quelle specie che attaccano grandi prede.

Si veda, ad esempio, le specie di Carabidi appartenenti al sottogenere *Procerus* che raggiungono i 6 cm di lunghezza e che predano facilmente le grandi chiocchie del genere *Helix*.

Un terzo tipo presenta “macrocefalia”, cioè un allargamento ed irrobustimento del capo con una forza sproporzionata delle mandibole. A questo tipo appartengono le specie del genere *Carabus* (Casale et al., 1982) e altri generi che predano gasteropodi o altri organismi dal tegumento coriaceo (generi *Scarites*, *Thermophilum*, ecc.).

Tipico del genere *Licinus* (sottofamiglia *Licininae*) è la “brachimandibolia”: le mandibole sono tozze ed accorciate asimmetricamente, e lavorano in maniera sincronizzata con il labbro superiore che è inciso o retrattile, consentendo di aprire, con un movimento a spirale, il guscio delle chiocchie delle quali si cibano (Brandmayr & Zetto Brandmayr, 1986a).

Una seconda forma biologica, che si è sviluppata a partire dalla forma del predatore olfattivo-tattile, è quella del predatore visivo (“visual predator” Bauer, 1975, 1979, 1981).

I Carabidi appartenenti a questa forma biologica sono caratterizzati dal possedere una notevole capacità visiva, dovuto all’aumento del numero degli ommatidi, presentano essenzialmente un’attività diurna e hanno un modo di esplorare l’ambiente alla ricerca della loro preda basato su stimoli ottici. Si ritrovano preferibilmente in habitat con poca o scarsa vegetazione, anche se poco illuminati, su suoli a tessitura sabbioso-limoso e che conservano un discreto grado di umidità.

Sempre a partire dai predatori “olfattivo-tattile” si sono sviluppati gli spermofagi.

Questi sono Carabidi che si nutrono di semi e materiale vegetale e che, quindi, si ritrovano in habitat come pascoli, praterie e steppe. Possiedono mandibole a base allargata e tozze, un capo largo e robusto, occhi di normali dimensioni e attività locomotoria diurna e notturna. Nell’ambito degli spermofagi si distinguono gli zoospermofagi, che presentano anche un regolare comportamento predatorio.

Questi, appartenenti soprattutto alle sottofamiglie degli Harpalini, Zabrinini, Amarini e Pterostichini, a causa del fabbisogno proteico dovuto alla produzione di uova e spermatozoi, durante il periodo della riproduzione, diventano carnivori (Skuhray, 1959; Cornic, 1973). Quelli, invece, che presentano una dieta esclusivamente spermofaga, sia negli stadi giovanili che in quelli di adulto, vengono detti spermofagi esclusivi.

Studi effettuati sull’Harpalino *Ophonus* (*Ophonus*) *ardusiacus* Lutsh., hanno dimostrato che un’alimentazione a base di semi è sufficiente a garantire non solo lo sviluppo larvale

completo fino allo stadio di adulto, ma anche la regolare riproduzione degli adulti stessi (Zetto Brandmayr, 1976).

La presenza di queste forme biologiche appena descritte può costituire un parametro biologico da utilizzare nello studio dell'impatto antropico sugli habitat, in quanto dalla distribuzione di queste specie è possibile dedurre qual è il grado di disturbo degli ambienti. In quelli perturbati, i più sensibili sono i predatori più o meno specializzati, seguiti dai predatori meno specializzati o generalisti.

Gli spermofagi esclusivi (genere *Ophonus* e i *Ditomina*), che sono legati a piante selvatiche e che evitano i coltivi, si riscontrano in ambienti ad impatto antropico crescente, seguiti dagli zoospermofagi opportunisti come *Pseudoophonus* (*Pseudoophonus*) *rufipes* (De Geer, 1774), il genere *Amara*, ecc.

Potere di dispersione

In tutti gli ordini si osserva il fenomeno della riduzione delle ali metatoraciche. Molteplici possono essere i fattori influenzanti questo fenomeno. Possono essere fattori abiotici come la temperatura, la pioggia e il vento (Huizen, 1979), oppure fattori fisiologici della specie stessa: è stato riscontrato, infatti, che, in alcune specie, i muscoli che muovono le ali si degradano durante la produzione delle uova per poi rigenerarsi in un secondo momento, mentre in altre questo non si verifica. È stato visto, inoltre, che una percentuale alta di femmine macroterre depongono uova sia in ambienti stabili che in quelli degradati (Huizen, 1990). Secondo Darlington (1943) le forme brachittere sono frequenti nelle aree piccole e stabili, per questo motivo il potere di dispersione negli insetti può costituire un altro parametro ecologico da utilizzare nello studio dell'impatto ambientale, in quanto la presenza o assenza di alcune specie è indice di degrado.

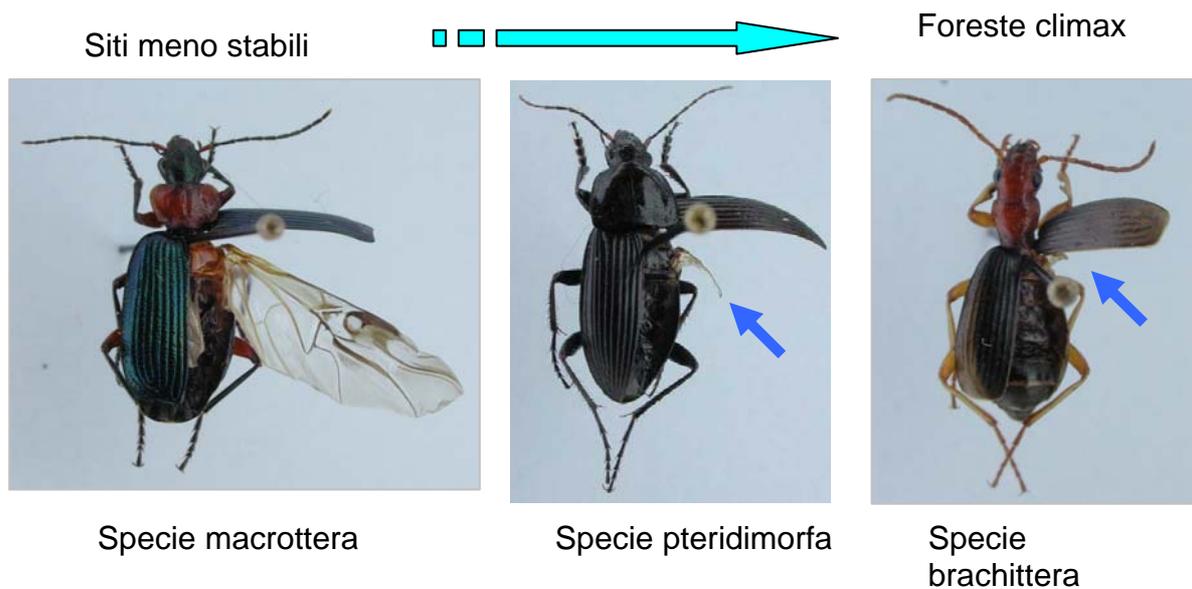


Figura 10 - Esempi di specie con differente morfologia alare

La biodiversità dei Carabidi in Italia

Tanti sono stati gli studi effettuati su questotaxon, soprattutto perché considerato “bioindicatore”, e ciò ha permesso di scoprire nuove specie e di avere conoscenze sull’ecologia delle stesse.

Attualmente in Italia si conoscono oltre 1300 specie di Carabidi (1313 +27 dubbie al febbraio 2005) raggruppate in 192 generi (Vigna Taglianti, 2004). Il dato è rilevante se si considera che, fra i Paesi europei, la Penisola Scandinava ne conta 400, le Isole Britanniche 350, la Penisola Iberica e Balcanica 1100 e i Paesi dell’Europa Centrale tra 700 e 800 ciascuno.

Queste specie sono distribuite in maniera non omogenea nei diversi biomi del nostro Paese. In generale, esse si suddividono in silvicoli e praticoli, alcune sono specie stenotopiche, altre euritopiche, altre, ancora, sono legate ad un particolare tipo di suolo o ad una particolare essenza di pianta.

In Italia si distinguono cinque zone definite da limiti termici, secondo la classificazione di Pavari (1916): Alpinetum, Picetum, Fagetum, Castanetum e Lauretum, entro le quali vengono create delle sottozone in base alla temperatura.

Alla prima zona corrisponde la fascia dei ghiacci perenni, inospitale per la vita, ma immediatamente al di sotto di questa si estendono le praterie alpine nelle quali si distribuiscono 180 specie.

Brandmayr et al. (2003) ritengono che una buona parte di questo processo di colonizzazione dell'alta montagna da parte dei Carabidi sia avvenuto a partire dalle foreste sottostanti.

Al di sotto di questa fascia compare la fisionomia a brughiera edericacee, ma anche a bassi ginepri e a pino mugo. Le specie che si riscontrano sono definite "silvicole".

Andando verso la fascia sottostante, un massimo di biodiversità si ritrova nell'orizzonte delle caducifoglie temperate, contro un numero bassissimo riscontrabile nell'orizzonte delle conifere boreali.

L'orizzonte delle caducifoglie temperate è da considerarsi il più ricco di specie, considerando anche altri gruppi animali, come Anfibi, Rettili, Uccelli e Mammiferi, e l'aspetto più rilevante è la presenza di numerose specie endemiche di Carabidi, ben 159 specie contro le 73 delle quercete miste.

Nell'ambito di queste forestesi si riscontrano specie stenotopiche legate a boschi freschi e umidi, più esigenti dal punto di vista microclimatico, come *Abax (Abax) ovalis* (Duftshmid, 1812), specie più euritope, non specificamente legate ad un particolare tipo di bosco, come *Abax parallelepipedus (=ater)* Villers, 1789, che, ad eccezione delle sclerofille, colonizza qualsiasi tipo di formazione forestale (Thiele, 1977).

Nella zona con minori precipitazioni e temperature più elevate soprattutto nella stagione estiva si riscontra l'orizzonte delle sclerofille o della macchia mediterranea. Qui, soprattutto nelle zone più aride, si rinvengono poche specie legate alla foresta; le forme più diffuse sono quelle praticole estepico-mediterranee.

Non mancano, inoltre, forme "ripicole", legate alle rive delle acque correnti o stagnanti, come alcuni Bembidini o altri generi igrofilo (generi *Tachys*, *Chlaenius*, *Agonum*, ecc). Questi sono in grado di nuotare e di percorrere tratti sott'acqua aggrappati ai sassi o alle alghe del fondo (Andersen, 1968; Bonn, 2001).

Sulle spiagge si ritrovano elementi psammofili o psammobionti (generi *Broscus*, *Scarites*) con un numero di specie che aumenta passando da zone più aride a zone più umide. Su suoli più fini, quelli argillosi, si riscontrano specie appartenenti ai Ditomina, o specie come l'anisodactilino *Scybalicus oblongiusculus* (Dejean, 1829) o come l'endemico italiano *Poecilus (Metapedius) pantanellii* (A. Fiori, 1903).

Le specie praticole, generalmente di colore metallico ed eliofile, abitano i prati da sfalcio, i pascoli, le radure ed i coltivi. Esse sono principalmente spermofaghe e alcune risentono dei cambiamenti ambientali; molte di queste specie difficilmente sopportano i dissodamenti del paesaggio agrario ed esse stesse possono considerarsi indicatori di naturalità dell'ecosistema.

In pascoli, invece, soggetti a calpestio si rinvengono specie termoxerofile, come *Calathus (Neocalathus) cinctus* Motschulsky, 1850 e molte specie appartenenti ai generi *Amara* ed *Harpalus*, mentre in prati da falciatura, più antropizzati, *Amara (Amara) aenea* (De Geer, 1774), il genere *Acupalpus* e altri generi di Harpalini. Esistono, inoltre, specie adattate alla vita sotterranea (specie endogee) e quelle adattate al sistema del reticolo delle macro- e microcavità dei massicci montuosi (specie troglofile).

Queste specie presentano un potenziale riproduttivo e una capacità di dispersione ridotti, sono depigmentati ed hanno occhi ridotti. Il loro ciclo biologico si svolge sotto terra, nel reticolo delle fessure alimentate dalla catena alimentare del detrito percolato dall'alto. Anche queste vengono considerate bioindicatori in quanto sensibili a variazioni di temperatura ed umidità nel suolo, oppure ad inquinamento di falde.

Distribuzione ed areali

L'areale di una specie è "la porzione di spazio geografico in cui tale specie è presente e interagisce in modo non effimero con l'ecosistema" (Zunino & Zullini, 2004). Lo studio di un areale è alla base di qualsiasi analisi biogeografica e consente di valutare la storia evolutiva di una specie. Considerando la fauna italiana si individuano diversi corotipi fondamentali così schematizzati (Tab. 1-4 e Figg. 5-8). Una specie cosmopolita (COS) e tre Subcosmopolite (SCO), introdotte nella fauna italiana, mostrano affinità afrotropicali e possono essere ricondotte a questo gruppo. Le specie di Carabidi della fauna italiana da riferire a questo gruppo sono, quindi, complessivamente 19 (1.45%), di cui 4 Cosmopolite o Subcosmopolite ad affinità Afrotropicale

Denominazione	Sigla	N° di specie
Olartico	OLA	28
Paleartico	PAL	29
W-Paleartico	WPA	15
Asiatico-Europeo	ASE	56
Sibirico-Europeo	SIE	81
Centroasiatico-Europeo-Mediterraneo	CEM	6
Centroasiatico-Europeo	CAE	11
Centroasiatico- Mediterraneo	CAM	1
Turanico-Europeo-Mediterraneo	TEM	12
Turanico-Europeo	TUE	39
Turanico- Mediterraneo	TUM	15
Europeo-Mediterraneo	EUM	36
SW-Asiatico	SWA	1

Tabella 1 - Corotipi di specie ad ampia distribuzione nella regione olartica. Le specie di Carabidi della fauna italiana da riferire a questo gruppo sono 330 (25.13%)

Denominazione	Sigla	N° di specie
Europeo	EUR	91
Centroeuropeo	CEU	59
S-Europeo	SEU	63
W-Europeo	WEU	4
E-Europeo	EEU	2

Tabella 2 Corotipi di specie ad ampia distribuzione inEuropa. Le specie di Carabidi della fauna italiana da riferire a questo gruppo sono 219 (16.68%), a cui vanno aggiunte ulteriori 356 specie ad areale ristretto (endemiche e sub-endemiche)

Denominazione	Sigla	N° di specie
Mediterraneo	MED	74
W-Mediterraneo	WME	80
E-Mediterraneo	EME	25
N-Africano	NAF	30

Tabella 3 -Corotipi di specie ad ampia distribuzione nel bacino mediterraneo. Le specie di Carabidi della fauna italiana da riferire a questo gruppo sono 209 (15.91%), a cui vanno aggiunte 180 specie ad areale ristretto (endemiche e sub-endemiche)

Denominazione	Sigla	N° di specie
Afrotropicale-Indiano-Mediterraneo	AIM	4
Afrotropicale-Mediterraneo	AFM	7
Sahariano-Sindico	SAS	2
Afrotropicale e Paleartico	AFP	1
Paleartico ed E-Africano	PAL+EAF	1

Tabella 4 -Corotipi di specie afrotropicali ed orientali presenti anche nell'area mediterranea.

Nell'ambito della fauna italiana si possono distinguere tre raggruppamenti principali: gli elementi europei ed euro-asiatici, gli elementi mediterranei e le specie introdotte. Circa il 40% della fauna italiana presenta areali ristretti appartenenti ai corotipi del gruppo europeo (SEU e CEU) e mediterraneo (MED e WME). Il 27% circa è rappresentato da specie endemiche distribuite nelle diverse regioni geografiche: la maggior parte (159 specie) sono esclusive delle Alpi e delle Prealpi (59 nel settore orientale, 54 nel centrale e 39 nell'occidentale). Le specie distribuite sia sulle Alpi che sull'Appennino sono 5, quelle esclusive dell'Appennino 127 (27 nella maggior parte della catena, 28 dell'Appennino settentrionale, 54 dell'Appennino centrale e 13 del meridionale). In Sicilia sono 18 specie, 6 dell'area tirrenica sardo-toscana e 60 della Sardegna (Vigna Taglianti, 2005). Infine, vanno menzionate quelle specie introdotte dall'uomo, principalmente le specie transadriatiche e transioniche presenti in ambienti costieri e non nella penisola. La loro distribuzione fa pensare a colonizzazioni recenti attraverso la dispersione antropica (Casale & Vigna Taglianti, 1996; Vigna Taglianti & Fattorini, 2002), o a eventi prepleistocenici, come la disgiunzione degli areali, forse causa principale dell'elevato numero di specie nordafricane presenti in Sicilia (Vigna Taglianti et al., 2002).

I Carabidi come bioindicatori

I Carabidi possono essere influenzati da fattori biotici ed abiotici quali la temperatura, l'umidità, le stagioni, la gestione culturale e la tipologia del terreno, i trattamenti antiparassitari, la disponibilità di cibo, la presenza e la distribuzione dei competitori (Eyre & Luff, 1990).

Come precedentemente detto, molte specie sono legate a determinati habitat: per questi motivi, i Carabidi sono considerati indicatori ambientali del livello di "disturbo" e sono utilizzati in campo forestale ed agrario.

I Carabidi sono stati largamente utilizzati, e con successo, in studi con scopi differenti, quali evidenziare le ripercussioni e gli effetti di varie attività antropiche (Belaoussoff et al., 2003; Magura et al., 2003; Petit & Usher, 1998; Shah et al., 2003; Strong et al., 2002), evidenziare come le specie reagiscono di fronte ad un cambiamento delle condizioni climatiche, valutare la qualità ambientale di alcuni siti, caratterizzare i diversi habitat, ed infine stimare la biodiversità delle comunità (Rainio & Niemela, 2003).

Gli studi condotti hanno mostrato come gli effetti di una qualunque attività antropica, anche se non così immediatamente evidenti, si manifestino attraverso modificazioni del numero delle specie presenti nell'area interessata dal disturbo: la ricchezza specifica aumenta (Burke & Goulet, 1998), rimane sempre la stessa (Davies & Margules, 1998) oppure diminuisce (Halme & Niemela, 1993) in relazione all'entità del disturbo.

Meno estesa è l'area disturbata, più alto è il numero delle specie presenti, e questo può essere spiegato dal fatto che le specie tendono ad abbandonare le zone più degradate per rifugiarsi in zone meno degradate (Halme & Niemela, 1993).

Si manifestano modificazioni anche a livello morfo-funzionale delle specie: vari autori (Sustek, 1987; Blake et al., 1994; Niemela & Kotze, 2000) hanno riscontrato una stretta relazione fra le dimensioni del corpo e il grado di disturbo, rinvenendo individui di piccole dimensioni e con alto potere di dispersione in aree maggiormente degradate.

Di contro, nelle aree più stabili, le specie hanno dimensioni del corpo maggiori, presentano ali ridotte e hanno un basso potere di dispersione (Halme & Niemela, 1993).

In un'area interessata da pratiche culturali le specie cosiddette "specialiste", legate cioè a particolari tipi di habitat, risentono dell'impatto ed diminuiscono in numero, anche per il fatto che decresce il numero delle specie da queste predate (Haila et al., 1994).

Le "generaliste" o "opportuniste", invece, non essendo legate a particolari habitat, aumentano in abbondanza.

Grazie all'alta fecondità, allo sviluppo rapido, alla maturazione precoce e all'ampia tolleranza ecologica, queste specie possono colonizzare ambienti sfavorevoli (Lindroth, 1986).

Quindi, alcune caratteristiche dei Carabidi, come le dimensioni del corpo, il potere di dispersione e la presenza/assenza di specie "specialiste", fanno di questa famiglia di coleotteri dei bioindicatori appropriati che possono fornire informazioni circa gli effetti causati dalle attività antropiche.

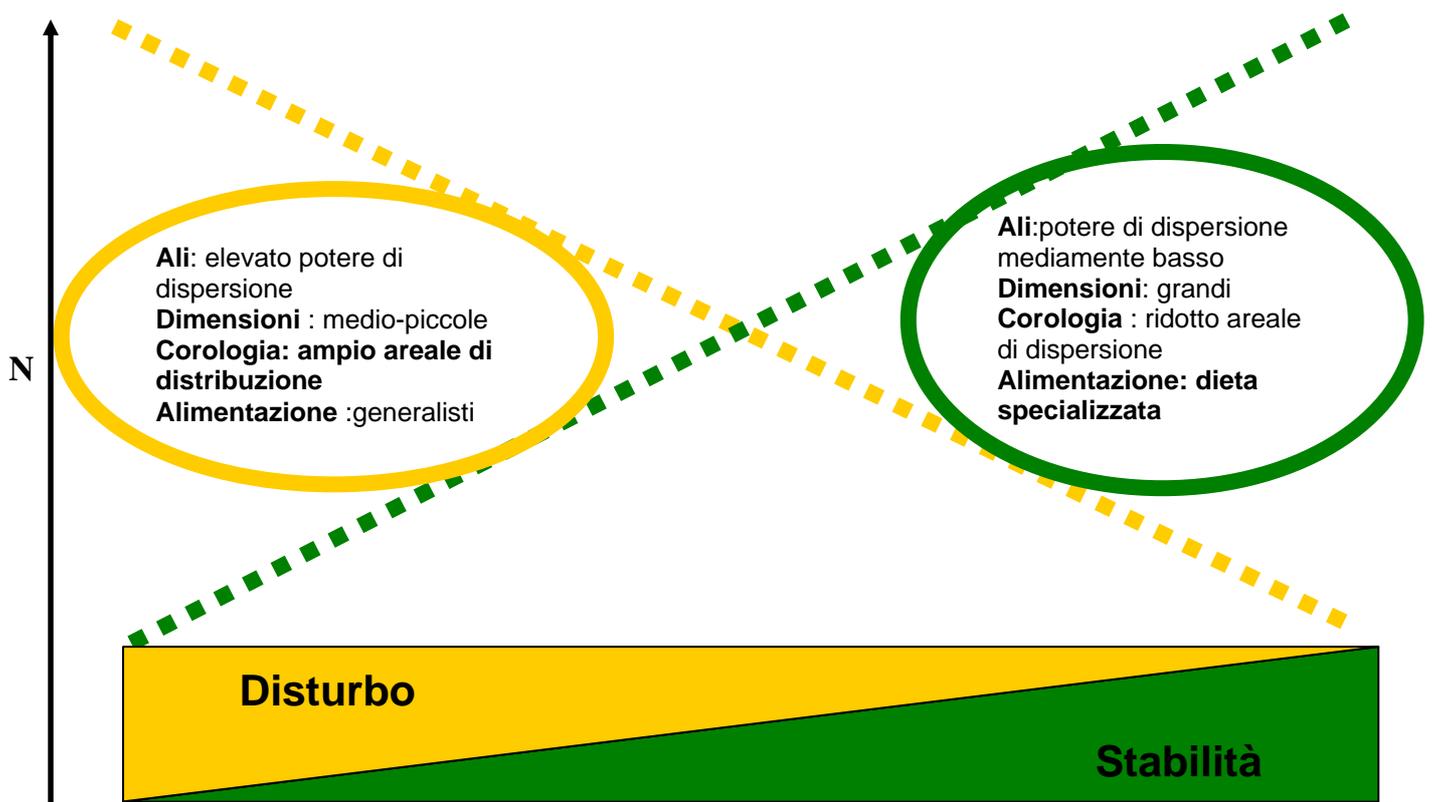


Figura 11 –schema esemplificativo delle caratteristiche mostrate dai Coleotteri Carabidi lungo un gradiente ambientale da alto disturbo ad alta stabilità. (Gentilmente concesso dal Dott. A. Mazzei)

Meno comunemente sono stati utilizzati come indicatori di biodiversità (Niemela & Baur, 1998). Un indicatore di biodiversità in una comunità dovrebbe benrappresentare gli organismi della comunità considerata, ma come è possibile tenendo conto che le esigenze ecologiche delle specie possono essere molto differenti se non proprio opposte?

Eppure da studi effettuati è stata dimostrata una correlazione positiva fra la ricchezza specifica dei Carabidi e quella di altre famiglie come Scarabeidi e Pselaphidi (Oliver & Beattie, 1996).

La scelta dei Carabidi come bioindicatori presenta dei vantaggi, non solo legati al fatto che sono sensibili ai cambiamenti ambientali e che occupano habitat estesi, ma anche al fatto

che sono facili da studiare e sono “economici”, nel senso che possono essere studiati a “basso costo”, senza ricorrere a metodologie sofisticate.

Inoltre, sono facili da catturare: diversi, infatti, sono i metodi utilizzati per la cattura dei Carabidi. Si ricordano le trappole a caduta (Pitfall traps), le trappole adesive, le trappole a rete, le trappole Malaise, le trappole a finestra e la cattura a mano (Spence & Niemela, 1994; Clark & Samways, 1997).

Fra questi metodi, la cattura con le pitfall traps è uno dei più comunemente usati, sia per la facilità con cui i Carabidi cadono in trappola, sia per il basso costo di esercizio (Spence & Niemela, 1994), sia perché queste trappole si adattano e sono facilmente modificabili in base ai diversi scopi di studio (Spence & Niemela, 1994; Luff, 1996).

Nell'uso dei Carabidi come indicatori, però, ci sono degli svantaggi. Si pensi, ad esempio, alla variazione stagionale delle specie stesse, all'alto numero di specie “generaliste” e alla distribuzione frammentata, nonché alla difficoltà di ben rappresentare le altre specie appartenenti alla comunità.

Tutte cose riscontrabili anche in altri taxa, ma per ovviare a questi problemi si possono adottare degli accorgimenti. Per minimizzare gli effetti delle variazioni stagionali, gli studi devono essere condotti, quanto più possibile, durante un periodo abbastanza lungo che abbracci più stagioni, mentre per ovviare alla distribuzione frammentata delle specie si possono eseguire campionamenti in più siti.

Entrambi questi approcci allungano il periodo di indagine, e sarebbe preferibile, quindi, accorciare il periodo di campionamento e usare trappole più efficienti (Niemela et al., 1990; Luff, 1996).

Studio della struttura di comunità

I parametri che descrivono una comunità di specie sono la ricchezza di specie, che ci dice di quante specie la comunità è composta, l'uniformità, che indica come gli individui sono distribuiti fra le specie, e l'eterogeneità che è un parametro che combina i primi due (Begon et al., 1996).

È stato detto a proposito dei bioindicatori e, quindi, dei Carabidi, che sono sensibili ai cambiamenti che avvengono in un ambiente in cui sono state effettuate pratiche colturali o, comunque, soggetto a stress.

Per questo motivo, a volte, è possibile utilizzare le comunità stesse per rilevare modificazioni ambientali, non misurabili direttamente, dovute a varie categorie di agenti

che vanno dalle sostanze inquinanti di origine industriale e urbana, ai pesticidi utilizzati nelle pratiche agricole, alle modificazioni del paesaggio dovute all'intervento dell'uomo.

Salvo particolari casi, le comunità non possono essere utilizzate per indicare che una determinata attività negativa per l'ambiente è in corso, oppure che è presente una determinata sostanza inquinante: piuttosto esse possono evidenziare cambiamenti o perturbazioni già avvenute.

Per fare questo, inoltre, è necessario che i valori di ricchezza specifica, di eterogeneità e di uniformità vengano confrontati con valori teorici di riferimento, in quanto di per sé non forniscono alcuna indicazione assoluta sul livello di stress ambientale. Ciò significa che deve essere fatto un paragone tra due situazioni differenti, ossia tra un ambiente "naturale" (o per meglio dire non soggetto al fattore ambientale/antropico considerato) e un ambiente "perturbato".

In questo contesto ci si limita a delineare la struttura di comunità dei Carabidi considerando gli indici di biodiversità che meglio la descrivono.

Ritornando ai parametri descrittivi di una comunità, quindi, elencare solo le specie presenti in una comunità non ci dice come queste sono distribuite nell'ambito di questa, perché possiamo avere che, su 100 individui, 90 appartengono alla stessa specie e 10 appartengono ciascuno a specie diverse. Tale comunità presenterà un'elevata diversità specifica se saranno presenti 10 individui in ciascuna delle 10 specie; una bassa diversità specifica se 91 individui apparterranno ad una sola specie e se sarà presente un solo individuo in ciascuna delle altre nove (Brower et al., 1997).

Ecco, allora, che si rende necessaria l'adozione di misure di eterogeneità che possano fornire informazioni precise su come sono distribuiti gli individui della comunità nelle diverse specie ivi rappresentate.

La più semplice misura del carattere di una comunità che tenga conto sia della ricchezza di specie, sia delle distribuzioni delle abbondanze, è l'indice di diversità di Simpson (D):

$$D = 1 / \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Dove **s** è il numero di specie nella comunità (ricchezza specifica), **p_i** è l'abbondanza relativa o proporzione di individui della specie **i**.

Il valore di tale indice oscilla tra 1 e **s**.

Ovviamente, più alto è l'indice, più alta è la diversità specifica, poiché solo poche specie sono dominanti. Il valore, quindi, dipende sia dalla ricchezza di specie, sia dall'uniformità

(*evenness*) o equipartizione (*equitability*) con cui gli individui sono distribuiti tra le specie (Begon et al., 1996); pertanto, per una data ricchezza di specie, D cresce con l'uniformità, e, per una data uniformità, D cresce con la ricchezza.

Esiste un'altra formulazione dell'indice di Simpson a partire da quella originaria:

$$D = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

che fornisce, in pratica, una misura della probabilità che due individui scelti a caso in un campione appartengano alla stessa specie. Per convertire questa probabilità in una vera misura di diversità è usata la misura complementare di D (Krebs, 1999):

$$1-D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2$$

L'uniformità, che può assumere valori compresi tra 0 e 1, viene espressa come rapporto tra D (indice di Simpson) e il valore possibile massimo che D assumerebbe se gli individui fossero distribuiti in modo completamente uniforme tra le specie:

$$E = D / D_{\text{mass}} = 1 / \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Nella quasi generalità dei casi, però, la comunità possiede un limitato numero di specie dominanti ed un numero molto più alto di specie più o meno rare o caratterizzate da una scarsa biomassa, e sono quest'ultime a determinare bassi valori dell'indice di dominanza nella comunità.

Pertanto, se si vuole definire con precisione la ricchezza biologica, ci si deve riferire ad un indice che dia maggior peso alle specie rare, tenendo conto non solo della ricchezza di specie, ma anche dell'abbondanza con cui queste sono presenti.

Questo è l'indice di Shannon-Wiener:

$$H = - \sum_{i=1}^s (p_i) \ln(p_i)$$

Dove s è il numero di specie nella comunità (ricchezza specifica) e p_i è l'abbondanza relativa o proporzione di individui della specie i .

La diversità di cui si è parlato, ossia il numero di specie presenti in un campione di una data comunità, viene indicato come diversità α , per distinguerla dalla diversità esistente tra due comunità diverse, situate una in vicinanza dell'altra lungo un gradiente, ed indicata con diversità β .

Se si vogliono comparare diverse comunità in cui la ricchezza specifica è stata misurata su campioni di dimensioni differenti, è opportuno standardizzare tutti i campioni a una dimensione comune (Krebs, 1999).

Il metodo di rarefazione, proposto originariamente da Sanders (1968), ma successivamente corretto da Hurlbert (1971) e da Simberloff (1972), è un sistema usato per stimare il numero di specie in un campione casuale di individui preso da una comunità.

Se indichiamo in un grafico il numero cumulativo di specie catturate in relazione allo sforzo di campionamento otteniamo una curva che, fatti salvi errori campionari, tende a un asintoto in modo più o meno regolare.

Esistono alcune limitazioni all'uso del metodo di rarefazione.

Le comunità che vengono confrontate devono essere tassonomicamente simili, così come simili devono essere i metodi di campionamento utilizzati nelle due comunità.

Un altro modo per valutare il grado di uniformità nella ripartizione degli individui nelle varie specie consiste nell'analisi dei modelli di abbondanza delle specie.

Nella maggior parte dei casi è estremamente improbabile che le specie presenti in una comunità abbiano la stessa numerosità. Quel che comunemente si osserva è che poche specie risultano molto abbondanti, altre sono di media numerosità e infine un certo numero di specie sono rappresentate da pochi individui.

Questa osservazione ha condotto allo sviluppo dei modelli di abbondanza delle specie, che alcuni ricercatori (May, 1975, 1981; Southwood & Henderson, 2000) considerano il solo metodo fondato su basi solide per esaminare la diversità delle specie.

Anche se i dati sull'abbondanza di specie sono frequentemente descritti da una o più famiglie di distribuzione (Pielou, 1975), la diversità viene abitualmente esaminata in relazione a quattro modelli principali (Magurran, 1988; Southwood & Henderson, 2000):

- la serie logaritmica,
- il modello del “ramo spezzato” (broken stick) di MacArthur.

In un grafico che mette in relazione il rango delle specie con l'abbondanza, la serie logaritmica evidenzia le specie di abbondanza intermedia, che diventano più comuni, mentre nel broken stick a tutte le specie viene attribuito un grado simile di numerosità.

Con il termine di diversità β si indica la variazione in termini di diversità di specie che può essere misurata lungo un transetto e che può essere utilizzata in particolare nello studio dei gradienti ambientali.

La diversità β misura due caratteristiche: il numero di habitat distinti nell'ambito di una regione e la sostituzione di una o più specie con altre fra parti disgiunte dello stesso habitat. Esistono diversi indici di diversità, alcuni dei quali sono stati esaminati e discussi da Wilson e Schmida (1984) e richiedono solo il dato qualitativo presenza/assenza.

Il primo è l'indice β_w di Whittaker, definito come:

$$\beta_w = \left(\frac{S}{\alpha} \right) - 1$$

dove S = numero totale di specie e α è la ricchezza di specie media dei campioni.

Tutti i campioni devono avere la stessa dimensione (o lo stesso sforzo campionario).

Campionamento con le trappole a caduta

Per la raccolta del materiale biologico sono state utilizzate le trappole a caduta (Pitfall traps), una tecnica di raccolta ampiamente utilizzata nell'analisi delle comunità dei Carabidi. Questo metodo, sebbene non consenta di intercettare quelle specie poco mobili o con bassa densità di popolazione, permette, comunque, di catturare oltre il 90% delle specie presenti in un sito (Ribera et al., 2001; Judas et al., 2002; Rainio & Niemela, 2003).

Le trappole sono costituite da bicchieri di plastica trasparenti, del diametro di cm 9 all'imboccatura e profondi cm 11, e dotati di un piccolo foro di sfogo realizzato a due terzi dal fondo per evitare che l'eventuale caduta di acqua piovana provochi la trascinazione del contenuto.

Pit-fall trap

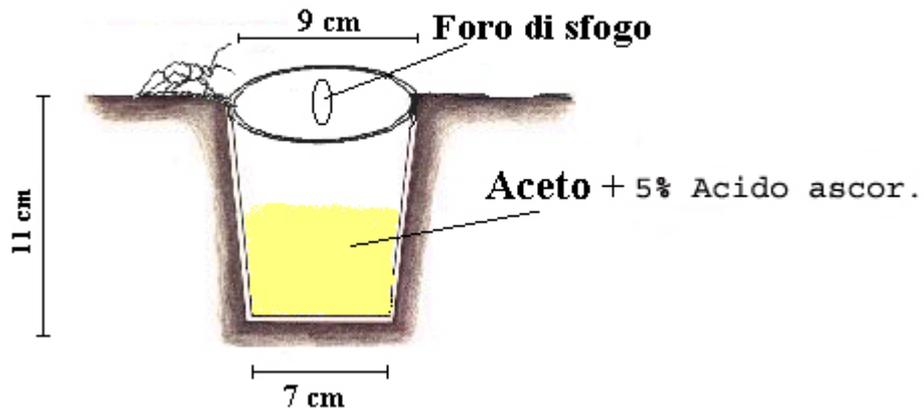


Figura 12 - Schema di trappola a caduta

Posizionamento delle trappole

Le trappole sono state interrato fino all'orlo, cercando di evitare di lasciare spazi vuoti tra bicchieri e terreno (Fig successiva).

Per una corretta rinalzatura, quindi, sono stati utilizzati due bicchieri, inseriti l'uno dentro l'altro: uno a diretto contatto con il terreno, l'altro inserito dentro di esso in modo da essere riempito ed innescare la trappola. Per le operazioni di scavo delle buche e di interrimento si è fatto uso del piccone e di una zappetta.



Figura 13 - Pitfall interrata

Ciascuna trappola è stata riempita di una soluzione satura di aceto di vino bianco e sale da cucina/acido ascorbico, in quantità pari a circa 200 ml.

Per evitare, o ridurre, il ritrovamento delle trappole da parte degli animali con la conseguente rottura delle stesse e con la perdita del loro contenuto, queste sono state riparate da grandi massi.

Le pitfalls sono state posizionate in 9 stazioni di campionamento secondo un gradiente di naturalità che ha seguito questi criteri:

- Ambienti forestali lungo il fondovalle del Fiume Argentino, in una zona lontana dal centro abitato di Orsomarso, ma comunque soggetta alla presenza umana.
- Ambienti di pascolo, sovrastanti il centro abitato e soggetti al calpestio del bestiame: un pascolo (OrPam) soggetto alla presenza di mucche, mentre l'altro pascolo più soggetto alla presenza di capre (OrPaA) e ambienti forestali soggetti a ceduzione (OrLemx).
- Ambienti ad elevata naturalità nelle aree di montagna sovrastanti il centro abitato e, nei primi decenni del 20° secolo, sede di pesanti attività di disboscamento operate dalla società Rueping (Maiorca & Spampinato, 1999);

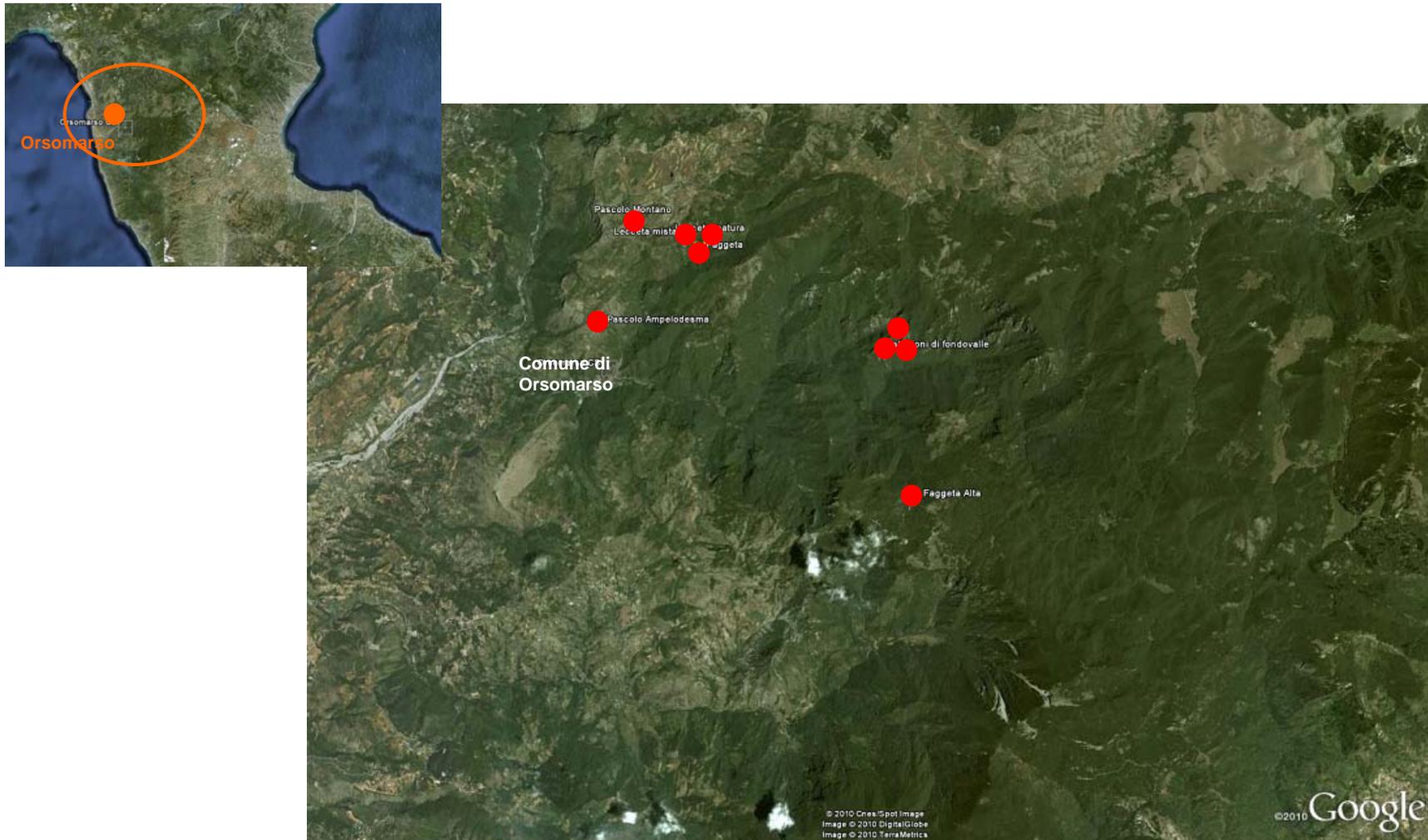


Figura 14 - Overview dei siti di campionamento rispetto al Comune di Orsomarso

Per l'individuazione delle pitfalls sul posto sono state disegnate delle mappe con i riferimenti GPS e sono stati posti dei segnali sui tronchi degli alberi in prossimità.

I campionamenti sono stati effettuati dal maggio 2006 sino all'ottobre del 2007.



Figura 15 - Dettaglio sulle alcune delle stazioni campionate rispetto al Comune di Orsomarso

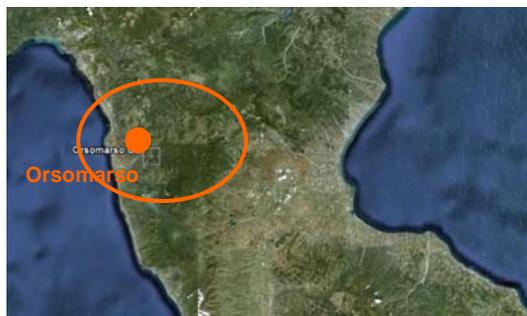


Figura 16 - Stazioni di fondovalle collocate nei pressi del Fiume Argentino

Prelievo delle trappole, lavaggio e smistamento

Le trappole sono rimaste attive per circa 20-30 giorni al mese durante il sopramenzionato periodo.

Queste sono state prelevate, e il materiale caduto in esse, dopo una prima grossolana pulitura, è stato introdotto in contenitori di plastica, a chiusura ermetica, tramite un imbuto con imboccatura larga per essere portato, poi, in laboratorio per le successive fasi.

Il materiale caduto nelle pitfalls costituisce un campione grezzo eterogeneo, composto non solo da coleotteri Carabidi, ma anche da altri invertebrati e da detritivari, come foglie e piccoli rami.

Questo è dovuto al fatto che il metodo di campionamento non è selettivo, pertanto è stato necessario effettuare un'accurata operazione di lavaggio del campione. In laboratorio, ogni campione è stato svuotato in un setaccio a maglia stretta (1 mm circa) ed è stato lavato abbondantemente con acqua per eliminare le impurità.

Successivamente è stato riportato in una bacinella dentro la quale è stata aggiunta acqua in modo che il materiale biologico raccolto potesse galleggiare. In seguito, facendo uso delle pinzette entomologiche, si è proceduto allo smistamento, separando i Carabidi in base alla loro fisionomia dal resto del materiale caduto in trappola.

L'operazione è stata eseguita concentrando l'attenzione dapprima sugli individui di grosse dimensioni e poi su quelli piccoli. Gli individui così separati sono stati conservati in barattoli recanti la sigla del campione e contenenti una soluzione di alcool al 60%.

La parte del materiale scartata, invece, costituita in gran parte da altre famiglie di coleotteri e da ditteri, è stata conservata in contenitori recanti la sigla di ciascun campione e contenenti una soluzione satura di aceto divino bianco e sale da cucina. Tali "scarti" sono stati recuperati in modo da renderli disponibili per successive valutazioni relative ad altri taxa.

Determinazione delle specie

Prima di effettuare la classificazione a livello delle specie dei Carabidi catturati è stata necessaria la preparazione degli esemplari su cartellino.

Gli individui sono stati disposti su tavolette rigide rivestite con carta assorbente, ordinati in base alla somiglianza rilevata ad occhio nudo, e, prima di procedere all'osservazione al binoculare stereoscopico, sono stati talora preparati su cartellino.

I Carabidi che presentavano misure inferiori a 1,5 cm sono stati incollati su appositi cartoncini, facendo uso della colla entomologica, con il dorso rivolto verso l'alto, e disponendo zampe e antenne in modo che non sporgessero dal cartoncino e permettessero l'osservazione dei particolari morfologici allo stereoscopio.

Dopo aver infilato uno spillo al cartoncino, l'esemplare è stato disposto nelle cassette entomologiche.

Gli insetti di dimensioni superiori a 1,5 cm sono stati sospesi direttamente allo spillo entomologico e fatti asciugare su apposite tavolette nella posizione corretta ai fini della determinazione e della conservazione.

Gli esemplari dei Carabidi preparati sono stati, quindi, classificati a livello di specie mediante l'utilizzo delle chiavi dicotomiche (Porta, 1923-59; Muller, 1926; Jeannel, 1941-42; Casale et al. 1982; Trautner & Geigenmuller, 1987).

Tali chiavi presentano, passo dopo passo, coppie di caratteri che si escludono a vicenda, e a cui devono essere assegnati gli esemplari da determinare.

Importante e fondamentale è stato il confronto con le specie presenti nella collezione del Dipartimento di Ecologia dell'Università della Calabria e la collaborazione del Prof. Vigna Taglianti e del Dott. Bonavita nella determinazione del gruppo Bembidinae.

In alcuni casi è stato necessario ricorrere all'estrazione dell'edeago (organo copulatore dei maschi), la cui morfologia risulta univoca e discriminante per ogni specie.

Questa operazione è stata eseguita con un apposito spillo con la punta ricurva a microuncino; successivamente, l'edeago è stato incollato sullo stesso cartellino dell'insetto dandogli l'orientamento corretto ai fini della classificazione.

Inoltre, sono state sollevate le elitre di ciascun esemplare per verificare le dimensioni delle ali posteriori; in questo modo si è potuto constatare se fossero specie brachittere, macrottere o pteridimorfe.

Analisi dei dati

I dati relativi alle catture sono stati riportati in tabelle compilate per ciascuna area di studio, così da avere un quadro generale delle specie cadute in trappola e relativo numero di individui per specie.

E' stata calcolata la Densità di attività annua (DAa) per ogni singola specie, al fine di compilare la tabella zoosociologica per ciascuna area di studio nell'intero periodo di campionamento.

E' stata, inoltre, effettuata l'analisi della struttura di comunità dei Carabidi attraverso la misurazione dei parametri che la descrivono.

Compilazione della tabella zoosociologica

Una volta classificati gli esemplari catturati e ottenuti i dati relativi alle specie e agli individui appartenenti a ciascuna specie, è stata compilata la tabella zoosociologica, in cui lungo le righe vengono riportate le specie, lungo le colonne i siti di campionamento e all'interno di ciascuna casella il numero di individui raccolti (Brandmayr & Brunello Zanitti, 1982).

La tabella, così strutturata, permette di visualizzare eventuali raggruppamenti di specie in base alle preferenze ecologiche.

Dal momento che numerose sono le volte in cui le trappole vengono distrutte a causa del pascolo del bestiame o per cause antropiche, di questo si tiene conto nella compilazione della tabella, perché di fatto le trappole non restano "attive" per lo stesso numero di giorni.

E', quindi, necessario uniformare i dati in relazione al numero di trappole attive e ai giorni di funzionamento delle stesse.

Per uniformare i dati si procede al calcolo della Densità di Attività (DA) per ogni specie.

Tale calcolo consiste nel dividere il numero di individui catturati durante ogni periodo di raccolta per il numero di trappole trovate ancora funzionanti ed i giorni di permanenza delle stesse; quindi, il risultato viene moltiplicato per 10, considerando che 10 sono i giorni in cui le catture sono più significative. Si ottiene, così, il valore che più probabilmente indica il numero di individui che nell'arco di dieci giorni cadono in una trappola durante quel periodo dell'anno.

$$DA = [n^{\circ} \text{ individui} / (\text{trap} * \text{gg})] * 10$$

Se si vogliono ottenere risultati della DA relativi a tutto il periodo di campionamento non si calcola la media delle singole DA, ma si ricorre al calcolo della unità di sforzo (us) che rappresenta le decadi di attività di tutti i gruppi di trappole utilizzati nei diversi periodi di campionamento.

$$us = \text{trap} * (\text{gg}/10)$$

$$US = \Sigma us$$

In questo modo la Densità di Attività annua (DAa) per ogni singola specie si ottiene dividendo il numero di individui catturati durante tutto il periodo di campionamento per le unità di sforzo impiegate in quel sito di campionamento.

$$DAa = n \text{ tot individui} / US$$

La DA viene utilizzata per l'analisi della fenologia di cattura delle specie, ovvero i valori ci dicono in che periodo sono state raccolte le specie. La DAa, invece, è utile per la compilazione della tabella zoosociologica.

Valutazione della ricchezza di specie

Per la valutazione della ricchezza di specie e per il confronto fra i vari siti campionati sono stati impiegati diversi indici:

Per la valutazione della biodiversità sono stati applicati l'indice alfa di Fischer (Fisher et al., 1943), l'indice di Shannon (1949) e quello di Berger-Parker (1970).

È stata inoltre analizzata la distribuzione log-normale delle specie (Sugihara, G., 1980) ed è stata effettuata una cluster analysis (Pielou, E.C. (1984) *The interpretation of Ecological Data*, Wiley, New York).

Per le elaborazioni degli indici è stato utilizzato il software BioDiversity Pro.

Analisi morfometrica di *Carabus lefebvrei*

Gli esemplari di *Carabus lefebvrei* rinvenuti nei campionamenti degli ambienti indagati sono stati oggetto di un'analisi morfometrica al fine di testare di un'eventuale correlazione positiva tra le misure dell'esemplare e il suo habitat.

Gli individui analizzati sono 78 (suddivisi per sesso e per ambiente secondo la tabella 8) e su ognuno di tali esemplari sono state effettuate le seguenti misure:

A – lunghezza corpo

B – lunghezza elitre

D – larghezza capo

C – larghezza protorace

Nel campione di *Carabus lefebvrei* analizzato il metodo di cattura degli esemplari impiegato nello schema di campionamento assicura la stessa probabilità di cattura per un qualsiasi individuo della popolazione.

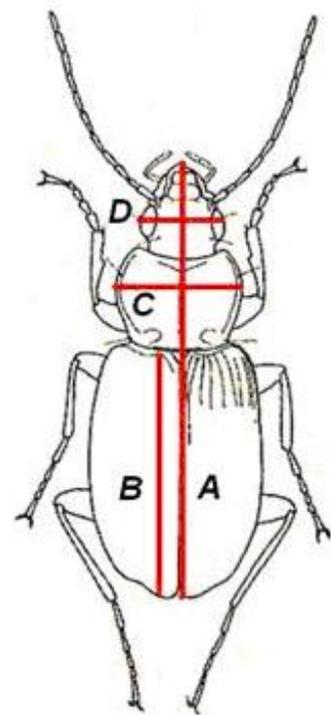


Figura 17 morfometrico - Schema per il rilevamento morfometrico

L'analisi morfometrica applicata allo studio dei *Carabus lefebvrei* è stata basata sullo studio quantitativo e comparativo dei caratteri morfologici degli individui considerati:

per il confronto tra i parametri morfometrici degli esemplari provenienti dalle varie stazioni è stato utilizzato il Test U di Mann-Whitney.

Le differenze statistiche, sono state considerate significative per un valore di ($p < 0.05$). Il test U di Mann-Whitney è un'alternativa non parametrica al test t per campioni indipendenti.

La procedura utilizza i dati organizzati allo stesso modo del test t per campioni indipendenti.

Il test U di Mann-Whitney assume che le variabili analizzate siano misurate per lo meno su una scala ordinale (ordinabile per ranghi). L'interpretazione del test è essenzialmente identica a quella del test t per campioni indipendenti, con la differenza che il calcolo del test U si basa su somme dei ranghi più che su medie.

Il test U è la più potente (o più sensibile) alternativa non parametrica al test t per campioni indipendenti; infatti, in alcune circostanze può offrire una più elevata potenza per rigettare l'ipotesi nulla rispetto allo stesso test t.

Sono stati misurati in tutto 78 esemplari di *Carabus lefebvrei*:

20 rinvenuti nella stazione OrLem (10 maschi e 10 femmine),

12 rinvenuti nella stazione OrLemx (6 maschi e 6 femmine),

6 rinvenuti nella stazione OrLe (4 maschi e 2 femmine),

20 rinvenuti nella stazione OrFg (10 maschi e 10 femmine) e

20 rinvenuti nella stazione OrNo (10 maschi e 10 femmine).

Ciascun esemplare, è stato fotografato con uno stereoscopio (Zeiss Stemi SV 11 Apo) e le immagini sono state acquisite attraverso il software Matrox PC-VCR (Windows 2000).

Tutte le misure sono state effettuate usando il software Sigma Scan Pro 5 (SPSS®, Chicago, Inc.). Studi di morfometria sono stati condotti sugli occhi (Talarico et al. 2007), sull'organo copulatore (Escherich, 1894), e sulla variazione di volume corporeo (Russo et al., 2005).

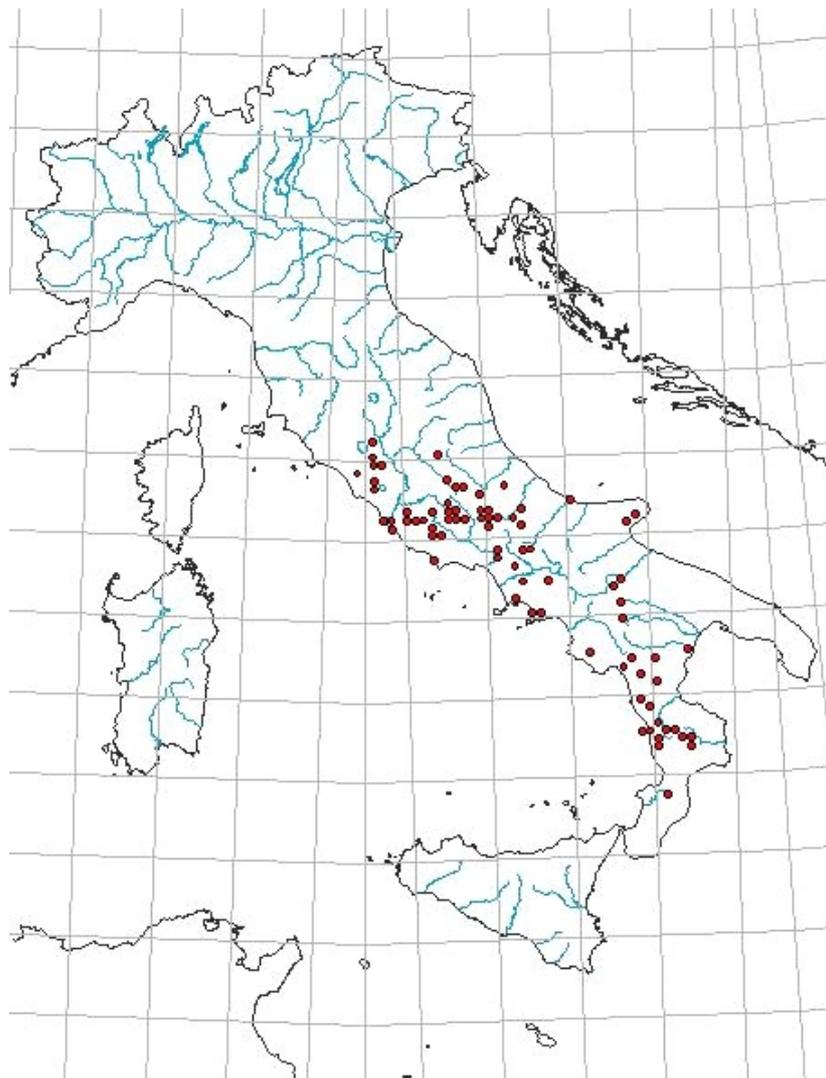


Figura 18 – Distribuzione geografica di *Carabus lefebvrei*

Risultati

I risultati ottenuti nell'ambito del presente studio sono articolati secondo le seguenti tematiche di analisi:

- Analisi descrittiva generale comprendente la DAa delle specie di carabidi rinvenute nei campionamenti, con una caratterizzazione delle loro proprietà funzionali quali potere di dispersione, prevalenza corologica e abitudini alimentari.
- Analisi della biodiversità degli ambienti campionati, con un approfondimento sui gruppi funzionali in essi presenti;
- Studio morfometrico di una specie ben rappresentata nei biotopi campionati, il *Carabus lefebvrei*.

Analisi descrittiva generale

Gli ambienti campionati sono stati complessivamente 9, rappresentanti livelli altitudinali progressivamente più elevati dal fondovalle sino a quote di poco superiori ai 1000 metri.

Le loro caratteristiche vegetazionali e di disturbo antropico/perturbazione naturale sono indicate nella tabella 2, dove i 9 siti di campionamento sono aggregati in 3 macro-categorie definite sulla base di una classificazione del grado di stabilità degli ambienti.

Gli ambienti campionati sono stati assegnati in maniera soggettiva alle tre macrocategorie, secondo il concetto di stabilità definito di seguito: “la stabilità può essere definita come la proprietà che un sistema ha di mantenere la propria condizione di equilibrio e di recuperarla dopo una perturbazione non distruttiva” (Holling, 1973; Underwood, 1989), ove, oltre alle potenziali perturbazioni prodotte da attività esterne, si è valutato anche il grado successionale della vegetazione.

I campionamenti sono stati condotti dal maggio 2006 sino all'ottobre 2007, in maniera ininterrotta durante il corso delle stagioni. Nelle nove stazioni sono state posizionate 6 trappole per stazione con una distanza intertrappola di circa 4-5 metri. Lo svuotamento delle trappole e la conseguente riattivazione sono stati condotti ad un intervallo temporale di circa 20-30 gg.

	BIOTOPO	Grado di stabilità	N. di specie	N. di individui	Criteri descrittivi (assunti)
1	Faggeta (OrFg)	Habitat ad alta stabilità	16	1132	Aree a bassa/bassissima frequentazione antropica Vegetazione a stati climax (presenza di alberi secolari)
2	Lecceta matura (OrLem)				
3	Faggeta alta (OrFgA - oltre i 1000 m.s.l.)				
4	Lecceta (OrLe)	Habitat di moderata stabilità	25	2391	Attività umana moderatamente presente. Vegetazione interessata da sfruttamento antropico (in prevalenza ceduzione) relativo a pochi decenni passati.
5	Bosco Ripariale (OrBr)				
6	Bosco di Nocciolo (OrNo)				
7	Lecceta mista (OrLemx)	Habitat altamente instabile	20	810	Attività umana altamente presente con attività di pascolo/ceduzione e vegetazione composta da individui mediamente giovani.
8	Pascolo montano (OrPam)				
9	Pascolo <i>Ampelodesmos</i> (OrPaA)				

Tabella 5- Tabella riepilogativa delle macrocategorie di habitat campionati

Le specie campionate sono state complessivamente 39, per un totale di 4333 individui.

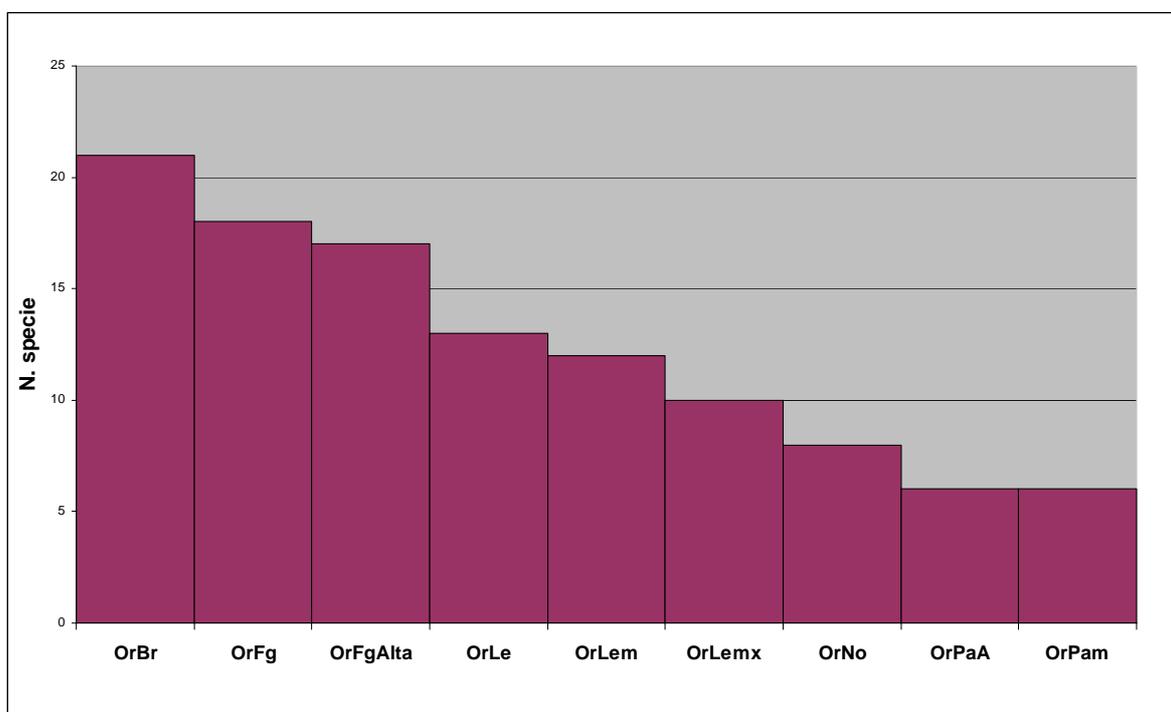


Figura 19- Ordinamento delle stazioni per numero di specie

Le specie quantitativamente più rappresentate sono state quelle di ambienti forestali planiziali, ossia *Calathus montivagus*, *Percus bilineatus* e *Pterostichus micans*, seguite da specie legate ad ambienti umidi e ripicoli (*Metallina lampros*, *Nebria brevicollis*, *Asaphidion curtum*) e specie legate ad ambienti forestali (*Carabus lefebvrei*, *Calathus fuscipes*). Di seguito vengono riportati gli elenchi delle specie presenti in ogni macroarea considerata (HS, MS, LS), con le percentuali ed i grafici della dominanza (DO):

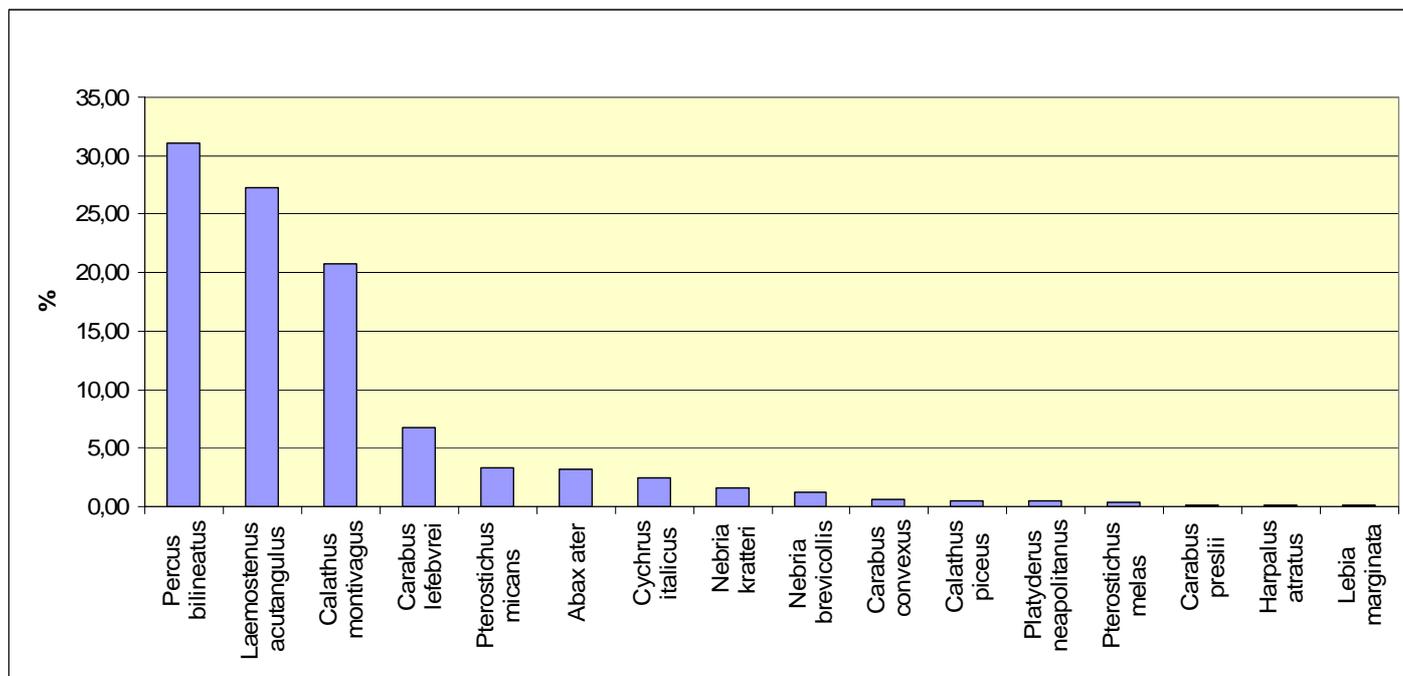


Figura 20 - Grafico relativo alla dominanza di specie della macrocategoria di ambienti HS (High Stability)

N Checklist	Specie	Autore	N. Individui	%
813	<i>Percus (Percus) bilineatus</i>	(Dejean, 1828)	352	31,10
1157	<i>Laemostenus (Actenipus) acutangulus</i>	(Schaufuss, 1862)	308	27,21
1135	<i>Calathus (Calathus) montivagus</i>	Dejean, 1831	235	20,76
82	<i>Carabus (Chaetocarabus) lefebvrei bayardi</i>	Solier, 1835	76	6,71
775	<i>Pterostichus (Pterostichus) micans</i>	Heer, 1841	38	3,36
834	<i>Abax (Abax) parallelepipedus curtulus</i>	Fairmaire, 1856	36	3,18
105	<i>Cychrus (Cychrus) italicus</i>	Bonelli, 1810	28	2,47
130	<i>Nebria (Nebria) kratteri</i>	Dejean & Boisduval, 1830	18	1,59
123	<i>Nebria (Nebria) brevicollis</i>	(Fabricius, 1792)	14	1,24
76	<i>Carabus (Tomocarabus) convexus convexus</i>	Fabricius, 1775	7	0,62
1147	<i>Calathus rotundicollis (=piceus)</i>	Marsham, 1802	6	0,53
1129	<i>Platyderus (Platyderus) neapolitanus jannonei</i>	Binaghi in Magistretti, 1955	5	0,44
762	<i>Pterostichus (Feronidius) melas italicus</i>	(Dejean, 1828)	4	0,35
75	<i>Carabus (Oreocarabus) preslii</i>	Dejean & Boisduval, 1830	2	0,18
1049	<i>Harpalus (Harpalus) atratus</i>	Latreille, 1804	2	0,18
1295	<i>Lebia (Lebia) marginata</i>	(Geoffroy in Fourcroy, 1785)	1	0,09
Tot individui			1132	
Tot generi			11	
Tot specie			16	

Tabella 6 - Struttura di dominanza della carabidofauna campionata negli ambienti considerati ad alta stabilità HS (OrLem+OrFg+OrFgm)

Negli ambienti considerati ad elevato grado di stabilità dominano specie tipiche di formazioni forestali, con un' elevatissima presenza di specie zoofaghe e zoofaghe specializzate (oltre il 93%) e la completa assenza di specie fitofaghe. Sono elevati e preponderanti gli endemismi italiani (56 %) e le specie campionate sono per la maggior parte a scarso potere di dispersione (oltre il 68%).

N_ Checklist	Specie	Autore	N. Individui	%
1135	<i>Calathus montivagus</i> (<i>Calathus</i>)	Dejean, 1831	611	25,55
813	<i>Percus (Percus) bilineatus</i>	(Dejean, 1828)	423	17,69
775	<i>Pterostichus micans</i> (<i>Pterostichus</i>)	Heer, 1841	347	14,51
834	<i>Abax (Abax) parallelepipedus curtulus</i>	Fairmaire, 1856	289	12,09
1157	<i>Laemostenus acutangulus</i> (<i>Actenipus</i>)	(Schaufuss, 1862)	209	8,74
576	<i>Metallina (Metallina) lampros</i>	(Herbst, 1784)	136	5,69
76	<i>Carabus convexus convexus</i> (<i>Tomocarabus</i>)	Fabricius, 1775	111	4,64
123	<i>Nebria (Nebria) brevicollis</i>	(Fabricius, 1792)	63	2,63
82	<i>Carabus lefebvrei bayardi</i> (<i>Chaetocarabus</i>)	Solier, 1835	46	1,92
561	<i>Asaphidion curtum</i> (<i>Asaphidion</i>)	(Heyden, 1870)	38	1,59
332	<i>Trechus lucanus</i> (<i>Trechus</i>)	Focarile, 1949	32	1,34
689	<i>Sinechostictus decoratus decoratus</i>	(Duftschmid, 1812)	22	0,92
105	<i>Cychrus (Cychrus) italicus</i>	Bonelli, 1810	11	0,46
1049	<i>Harpalus atratus</i> (<i>Harpalus</i>)	Latreille, 1804	10	0,42
292	<i>Trechus arthuri</i> (<i>Trechus</i>)	P. Moravec & Lompe, 2003	10	0,42
762	<i>Pterostichus melas italicus</i> (<i>Feronidius</i>)	(Dejean, 1828)	8	0,33
564	<i>Asaphidion flavipes</i> (<i>Asaphidion</i>)	(Linné, 1761)	7	0,29
109	<i>Leistus fulvibarbis fulvibarbis</i> (<i>Leistus</i>)	Dejean, 1826	7	0,29
1129	<i>Platyderus neapolitanus jannonei</i> (<i>Platyderus</i>)	Binaghi in Magistretti, 1955	4	0,17
162	<i>Notiophilus rufipes</i> (<i>Notiophilus</i>)	Curtis, 1829	2	0,08
40	<i>Calosoma sycophanta</i> (<i>Calosoma</i>)	(Linné, 1758)	1	0,04
1102	<i>Graniger femoralis</i> (<i>Graniger</i>)	(Coquerel, 1858)	1	0,04
1055	<i>Harpalus distinguendus</i> (<i>Harpalus</i>)	(Duftschmid, 1812)	1	0,04
1221	<i>Paranchus albipes</i> (<i>Paranchus</i>)	(Fabricius, 1796)	1	0,04
1094	<i>Parophonus maculicornis</i> (<i>Parophonus</i>)	(Duftschmid, 1812)	1	0,04
Tot individui			2391	
Tot generi			20	
Tot specie			25	

Tabella 7 Struttura di dominanza della carabidofauna campionata negli ambienti considerati a moderata stabilità MS (OrLe+OrBr+OrNo)

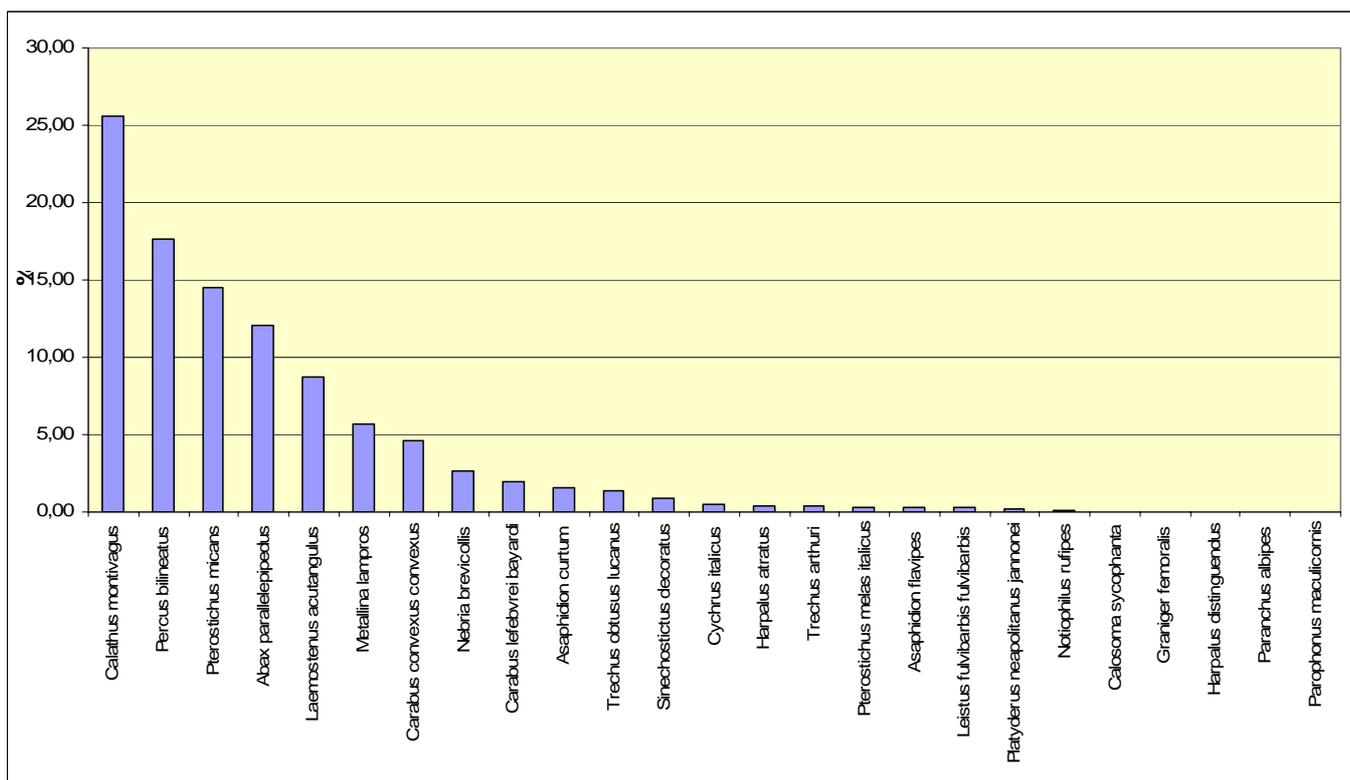


Figura 21 - Grafico della dominanza delle specie per gli ambienti MS (moderate stability)

La quantità più abbondante di specie (25/39, ossia oltre il 64%) si registra negli habitat a disturbo moderato, comprendenti ambienti ubicati lungo il corso del Fiume Argentino e oggetto di moderati fattori di perturbazione:

- la **Lecceta (OrLe)** in quanto oggetto di ceduzione condotta in periodi passati e ubicata in una zona di forte pendio e quindi esposta al rotolamento del substrato;
- il **Bosco Ripariale (OrBr)** naturalmente esposto ai fenomeni idrologici legati al corso del fiume Argentino e interessato anch'esso da un moderato disturbo antropico, come dimostrava la presenza (di lieve entità) di diversi tipi di rifiuti accidentalmente rinvenuti durante i campionamenti;
- il **Bosco di Nocciolo (OrNo)**, il cui fruttifero testimonia l'antica destinazione agricola di quell'area di fondovalle e quindi uno sfruttamento antropico presente sino a pochi decenni orsono.

Le specie campionate risultano essere principalmente zoofaghe (56%) e zoofaghe specializzate (28%) con una percentuale inferiore al 10% rispettivamente per i fitofagi e i generalisti. Lo spettro corologico evidenzia una riduzione delle specie endemiche italiane (36%) ed un aumento delle specie europee e mediterranee (circa il 40% complessivamente). Oltre la metà delle specie (52%) risulta avere un alto potere di dispersione, ma rimane comunque elevata la percentuale di specie brachittere (40%) .

N_ Checklist	Specie	Autore	N. Individui	%
813	<i>Percus (Percus) bilineatus</i>	(Dejean, 1828)	206	25,43
1135	<i>Calathus (Calathus) montivagus</i>	Dejean, 1831	169	20,86
762	<i>Pterostichus (Feronidius) melas italicus</i>	(Dejean, 1828)	137	16,91
1133	<i>Calathus (Calathus) fuscipes granceus</i>	Dejean, 1831	130	16,05
1157	<i>Laemostenus (Actenipus) acutangulus</i>	(Schaufuss, 1862)	79	9,75
1141	<i>Calathus (Neocalathus) cinctus</i>	Motschulsky, 1850	20	2,47
96	<i>Carabus (Procrustes) coriaceus</i>	Linné, 1758	16	1,98
82	<i>Carabus (Chaetocarabus) lefebvrei bayardi</i>	Solier, 1835	12	1,48
891	<i>Amara (Percosia) sicula</i>	Dejean, 1831	10	1,23
1005	<i>Ophonus (Ophonus) franziniorum</i>	Sciaky, 1987	6	0,74
775	<i>Pterostichus (Pterostichus) micans</i>	Heer, 1841	5	0,62
1025	<i>Pseudophonus (Metophonus) punticeps</i>	Stephens, 1828	4	0,49
834	<i>Abax (Abax) parallelepipedus curtulus</i>	Fairmaire, 1856	4	0,49
105	<i>Cychrus (Cychrus) italicus</i>	Bonelli, 1810	3	0,37
1049	<i>Harpalus (Harpalus) atratus</i>	Latreille, 1804	3	0,37
4	<i>Brachinus (Brachinus) crepitans</i>	(Linné, 1758)	2	0,25
1054	<i>Harpalus (Harpalus) dimidiatus</i>	(P. Rossi, 1790)	1	0,12
109	<i>Leistus (Leistus) fulvibarbis</i>	Dejean, 1826	1	0,12
157	<i>Notiophilus (Notiophilus) geminatus</i>	Dejean & Boisduval, 1830	1	0,12
1024	<i>Ophonus (Metophonus) parallelus</i>	(Dejean, 1829)	1	0,12
Tot individui			810	
Tot generi			14	
Tot specie			20	

Tabella 8 - Elenco delle specie della carabidofauna campionata negli ambienti considerati a bassa stabilità LS (OrLemx+OrPaA+OrPam)

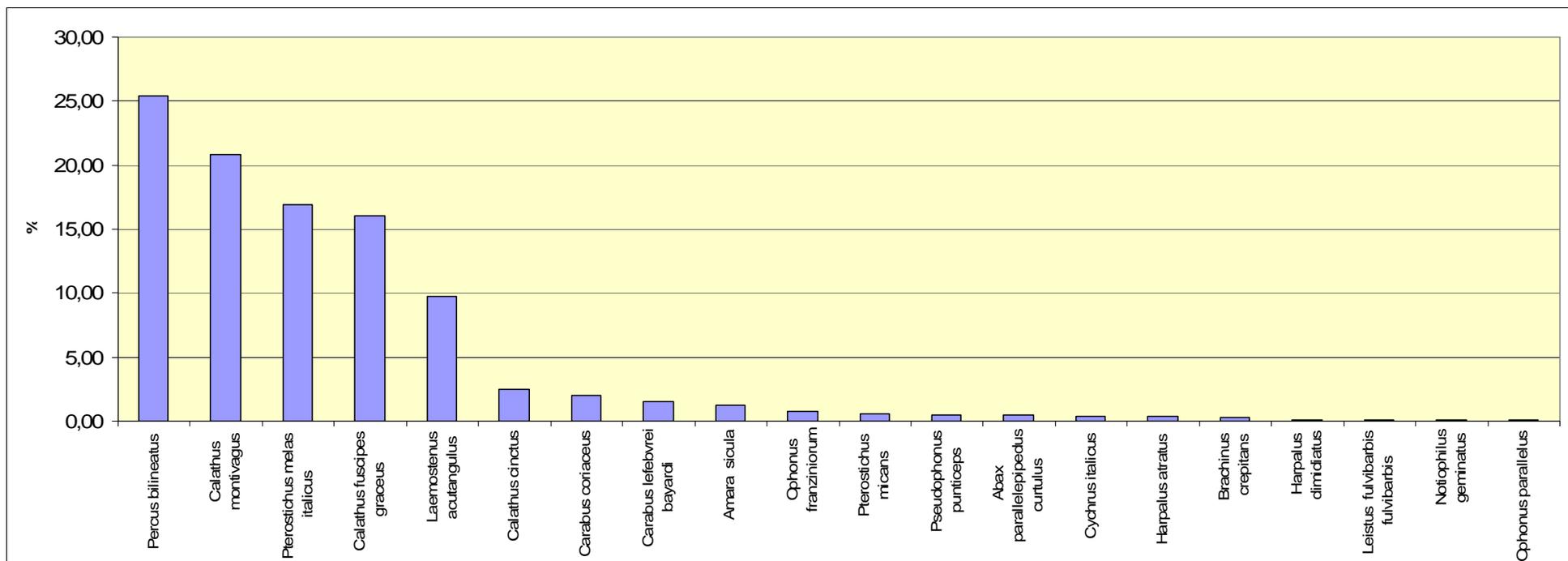


Figura 22 - Grafico della dominanza delle specie per gli ambienti LS (low stability)

Negli ambienti che presentano bassa stabilità rimangono sempre preponderanti le specie zoofaghe e zoofaghe specializzate, ma sono numerosamente rappresentative anche le specie fitofaghe (10% delle specie). Il numero delle specie endemiche italiane è inferiore a quello degli ambienti HS e MS (il 30%) e risultano più rappresentate le specie a distribuzione europea (35%). Le specie brachittere sono preponderanti, con il 55% delle specie, insieme alle macroterre (40%).

Corologia, abitudini alimentari, e potere di dispersione

Macrocategoria	Abitudini alimentari (% del N. di specie)	Corologia	Potere di dispersione
Habitat ad alta stabilità (High stability habitats-HS)	Specialists predators	25%	End. Italiano 56,25%
	Generalist predators	68,75%	Europeo 25,00%
	Phytophagous	0	Mediterraneo 6,25%
	Mixeded diet	6,25%	Eurasiatico-Sibirico 12,50%
			Paleartico-Oloartico 0,00%
Habitat a disturbo moderato (Moderate stability habitats-MS)	Specialists predators	28%	End. Italiano 36,00%
	Generalist predators	56,00%	Europeo 20,00%
	Phytophagous	8%	Mediterraneo 20,00%
	Mixeded diet	8,00%	Eurasiatico-Sibirico 12,00%
			Paleartico-Oloartico 12,00%
Habitat altamente disturbati (Low stability habitats-LS)	Specialists predators	28%	End. Calabrese 0,00%
	Generalist predators	56,00%	End. Italiano 30,00%
	Phytophagous	8%	Europeo 35,00%
	Mixeded diet	8,00%	Mediterraneo 20,00%
			Eurasiatico-Sibirico 5,00%
		Paleartico-Oloartico 10,00%	

Tabella 9 - Schema riassuntivo delle caratteristiche funzionali delle specie rinvenute negli habitat campionati

Nel grafico sottostante è rappresentato il confronto delle tipologie corologiche delle specie campionate nelle tre macroaree analizzate: il grafico mostra rispettivamente come: gli endemismi italiani siano prevalenti negli habitat ad elevata e moderata stabilità; le specie a più ampia distribuzione (paleartiche-oloartiche), sono ben rappresentate negli ambienti a moderata e scarsa stabilità;

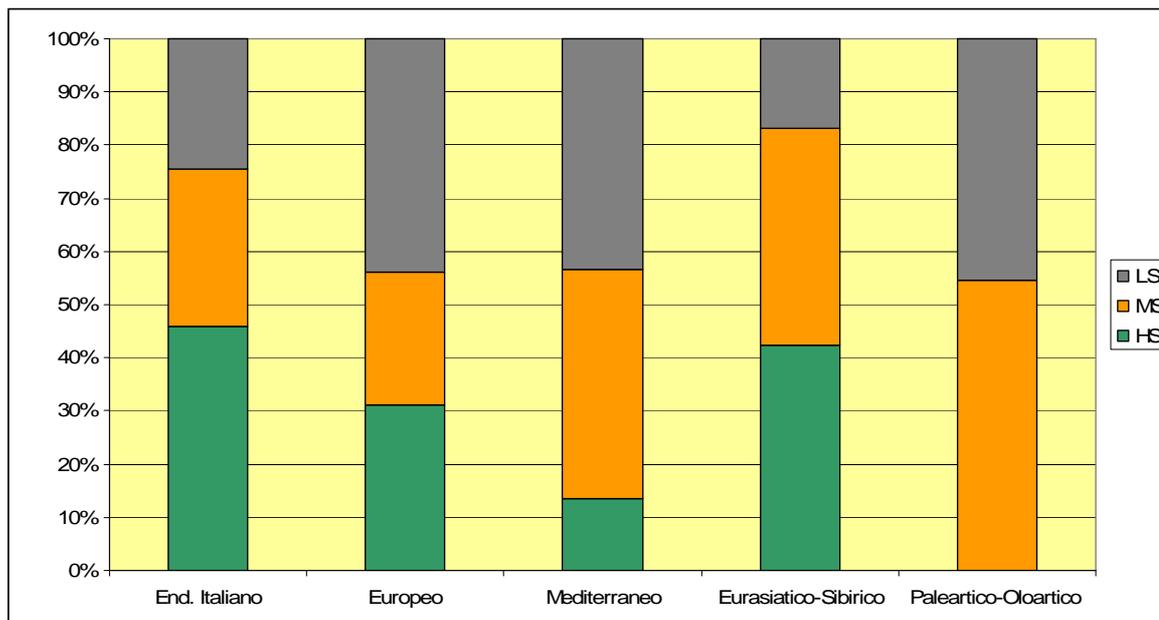


Figura 23 - spettro corologico comparativo delle tre macrocategorie ambientali indagate: HS=High stability, MS=Moderate stability, LS=Low stability

Nella rappresentazione grafica del potere di dispersione delle specie campionate, aggregato per macroaree, le specie con conformazione alare brachittera sono preponderanti negli ambienti ad elevata stabilità (HS), ma comunque ben rappresentati anche nelle altre due macrocategorie ambientali. In particolare le specie macroterre sembrano essere ugualmente rappresentate sia nelle stazioni a moderata perturbazione (MS) che in quelle a bassa stabilità (LS).

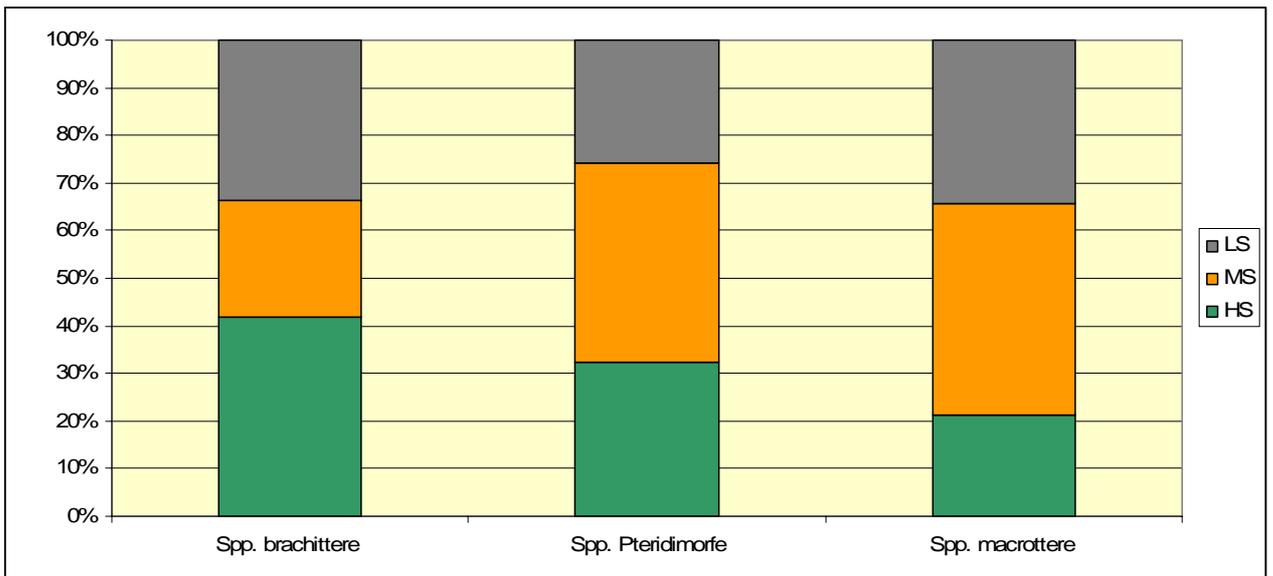


Figura 24 - Grafico comparativo delle conformazioni alari delle specie campionate nelle tre macrocategorie ambientali indagate: HS=High stability, MS=Moderate stability, LS=Low stability

Una valutazione comparativa delle abitudini alimentari delle specie campionate mostra come in tutte le stazioni le specie predatrici generaliste sono quelle maggiormente rappresentate, mentre risultano essere assenti o comunque molto rare le specie fitofaghe e quelle generaliste.

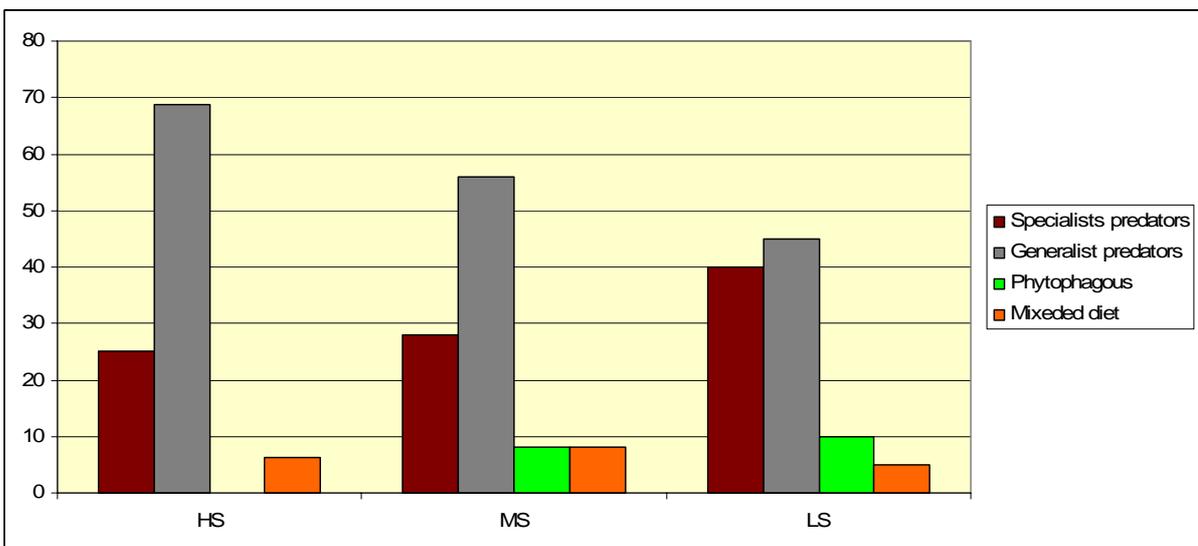


Figura 25 - Grafico comparativo delle preferenze alimentari delle specie campionate nelle tre macrocategorie ambientali indagate: HS=High stability, MS=Moderate stability, LS=Low stability

Tabella 10- Tabella zoosociologica con in valori di Daa delle specie

Tipologia ambientale della specie	N_ Checklist	Specie	Autore	OrBr	OrLe	OrLem	OrNo	OrLemx	OrFg	OrPaA	OrPam	OrFgAlta
ambienti forestali planiziali	1135	<i>Calathus (Calathus) montivagus</i>	Dejean, 1831	37,29	276,08	118,21	171,36	7,14	64,26	2,38	37,29	3,97
ambienti forestali planiziali	813	<i>Percus (Percus) bilineatus</i>	(Dejean, 1828)	0,79	217,37	25,39	117,41	0,79	25,39		0,79	
ambienti forestali planiziali	775	<i>Pterostichus (Pterostichus) micans</i>	Heer, 1841	264,97		0,79	10,31	2,38	19,04	0,79	0,79	10,31
ambienti forestali planiziali	834	<i>Abax (Abax) parallelepipedus curtulus</i>		19,83	121,38	2,38	88,06		10,31	2,38		1,59
ambienti forestali planiziali	1157	<i>Laemostenus (Actenipus) acutangulus</i>		0,79	149,94		15,07	21,42	4,76	0,79	40,46	
torbiere	576	<i>Metallina (Metallina) lampros</i>	(Herbst, 1784)	78,54			29,35					
prati e pascoli termo-mesofili	1133	<i>Calathus (Calathus) fuscipes graceus</i>	Dejean, 1831								100,75	
euriedafici presenti anche in foreste	82	<i>Carabus lefebvrei bayardi</i>	Solier, 1835	12,69	0,79	45,22	1,59	9,52	15,07			
torbiere	123	<i>Nebria (Nebria) brevicollis</i>	(Fabricius, 1792)	44,43			5,55		10,31			0,79
ambienti forestali planiziali	762	<i>Pterostichus (Feronidius) melas italicus</i>	(Dejean, 1828)	5,55	0,79	3,17				45,22	6,35	
torbiere	561	<i>Asaphidion (Asaphidion) curtum</i>	(Heyden, 1870)	19,83			9,52					
euriedafici presenti anche in foreste	105	<i>Cychrus (Cychrus) italicus</i>	Bonelli, 1810		6,35	6,35	2,38	0,79	1,59		1,59	
torbiere	689	<i>Sinechostictus decoratus decoratus</i>	(Duftschmid, 1812)	17,45								
prati e pascoli termo-mesofili	1141	<i>Calathus (Neocalathus) cinctus</i>	Motschulsky, 1850							13,49	2,38	
torbiere	130	<i>Nebria (Nebria) kratteri</i>	Dejean & Boisduval, 1830						0,79			13,49
euriedafici presenti anche in foreste	76	<i>Carabus convexus convexus</i>	Fabricius, 1775	1,59		0,79	5,55		4,76			
euriedafici presenti anche in foreste	96	<i>Carabus (Procrustes) coriaceus</i>	Linné, 1758								12,69	
prati e pascoli termo-mesofili	1049	<i>Harpalus (Harpalus) atratus</i>	Latreille, 1804		3,97	1,59	3,97				2,38	
coltivi, seminativi vari, pioppeti, etc.	891	<i>Amara (Percosia) sicula</i>	Dejean, 1831							2,38	5,55	
euriedafici presenti anche in foreste	292	<i>Trechus (Trechus) arthuri</i>	P. Moravec & Lompe, 2003	7,14			0,79					
coltivi, seminativi vari, pioppeti, etc.	1129	<i>Platyderus (Platyderus) neapolitanus</i>	Binaghi in Magistretti, 1955	1,59	0,79		0,79					3,97
torbiere	109	<i>Leistus (Leistus) fulvibarbis fulvibarbis</i>	Dejean, 1826	4,76			0,79				0,79	
prati e pascoli termo-mesofili	564	<i>Asaphidion (Asaphidion) flavipes</i>	(Linné, 1761)	5,55								
ambienti forestali planiziali	1147	<i>Calathus rotundicollis (=piceus)</i>	Marsham, 1802						4,76			
coltivi, seminativi vari, pioppeti, etc.	1005	<i>Ophonus (Ophonus) franziniorum</i>	Sciaky, 1987								4,76	
euriedafici presenti anche in foreste	332	<i>Trechus (Trechus) obtusus lucanus</i>	Focarile, 1949	2,38	0,79		0,79					
prati e pascoli termo-mesofili	1025	<i>Pseudophonus (Metophonus) punticeps</i>	Stephens, 1828								3,17	
prati e pascoli termo-mesofili	4	<i>Brachinus (Brachinus) crepitans</i>	(Linné, 1758)								1,59	
euriedafici presenti anche in foreste	75	<i>Carabus (Oreocarabus) preslii</i>	Dejean & Boisduval, 1830						1,59			
specie di ambienti forestali planiziali	162	<i>Notiophilus (Notiophilus) rufipes</i>	Curtis, 1829	1,59								
euriedafici presenti anche in foreste	40	<i>Calosoma (Calosoma) sycophanta</i>	(Linné, 1758)		0,79							
ambienti forestali planiziali	1102	<i>Graniger (Graniger) femoralis</i>	(Coquerel, 1858)	0,79								
coltivi, seminativi vari, pioppeti, etc.	1054	<i>Harpalus (Harpalus) dimidiatus</i>	(P. Rossi, 1790)								0,79	
coltivi, seminativi vari, pioppeti, etc.	1055	<i>Harpalus (Harpalus) distinguendus</i>	(Duftschmid, 1812)				0,79					
ambienti forestali planiziali	1295	<i>Lebia (Lebia) marginata</i>	(Geoffroy in Fourcroy, 1785)						0,79			
ambienti forestali planiziali	157	<i>Notiophilus (Notiophilus) geminatus</i>	Dejean & Boisduval, 1830								0,79	
coltivi, seminativi vari, pioppeti, etc.	1024	<i>Ophonus (Metophonus) parallelus</i>	(Dejean, 1829)								0,79	
coltivi, seminativi vari, pioppeti, etc.	1221	<i>Paranchus (Paranchus) albipes</i>	(Fabricius, 1796)	0,79								
coltivi, seminativi vari, pioppeti, etc.	1094	<i>Parophonus (Parophonus) maculicornis</i>	(Duftschmid, 1812)	0,79								

Analisi della biodiversità

La diversità di specie è stata valutata con indici diversi al fine di acquisire maggiori informazioni sulla base delle differenze e peculiarità di ciascun indice.

Alle 9 stazioni di campionamento è stato applicato l'indice alfa di Fischer (figura in basso)

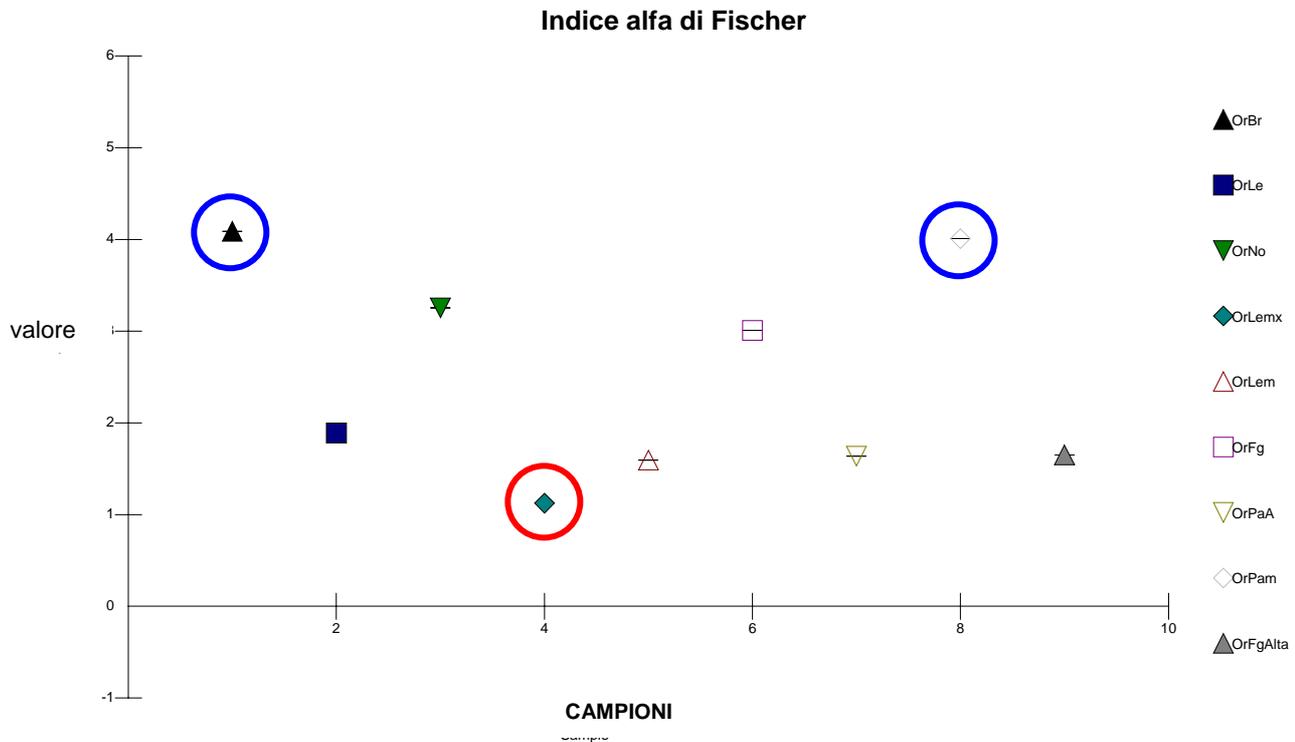


Figura 26 - Diversità di specie delle stazioni campionate calcolata attraverso l' indice alfa di Fischer

che mostra come le prime quattro stazioni a maggiore diversità di specie siano, in ordine decrescente:

- il bosco ripariale (OrBr) nel fondovalle lungo il Fiume Argentino;
- il pascolo montano (OrPam);
- il nocciolo (OrNo) nel fondovalle lungo il Fiume Argentino;
- la faggeta (OrFg) presente sul versante nord-est dell'abitato di Orsomarso.

Diversi autori (Kempton e Taylor, 1976) lo considerano il miglior indice di diversità. Hayek e Buzas (1997) lo considerano un indice utile se il rapporto (N/S) è maggiore di 144..

In molti casi, il valore di α approssima il numero di specie rappresentate da un solo individuo. Il valore di α è indipendente dalla dimensione del campione quando $N > 1000$.

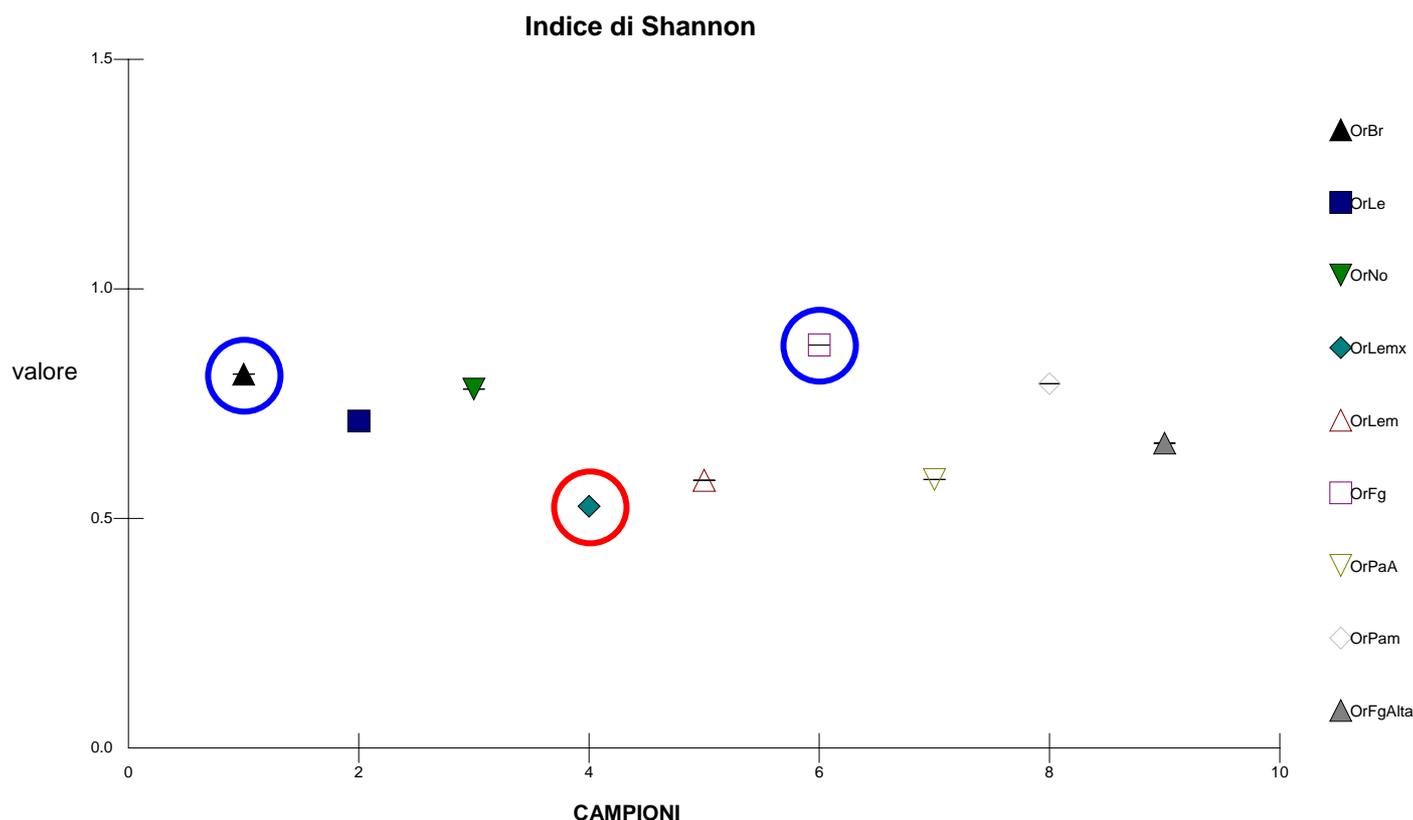


Figura 27 - Diversità di specie delle stazioni campionate calcolata attraverso l' indice di Shannon

Se si confrontano i risultati dell'indice alfa di Fischer con quelli ottenuti applicando l'indice di Shannon si nota come le stazioni a maggiore diversità di specie siano sostanzialmente le stesse, ma assumono valori differenti, risultando in questo caso il valore della faggeta (OrFg) maggiore rispetto al Bosco ripariale (OrBr) e mantenendo pressoché allo stesso livello i valori di biodiversità dell'ambiente Nocciolo (OrNo) e Pascolo montano (OrPam).

In entrambi i casi l'ambiente di lecceta mista (OrLemx), considerato instabile, risulta avere valori di biodiversità fra i più bassi. L'indice di Shannon consente di dare maggior peso alle specie rare, tenendo conto non solo della ricchezza di specie, ma anche dell'abbondanza con cui queste sono presenti.

Applicando l'indice di Berger-Parker, anche in questo caso le stazioni a maggiore diversità biologica sono quelle già individuate attraverso gli indici di diversità indicati sopra.

È da evidenziare come, in questo caso, il valore di biodiversità della stazione Lecceta mista (OrLemx) risulti fra i più elevati delle stazioni campionate, in controtendenza con i valori assunti attraverso l'elaborazione degli indici precedentemente illustrati.

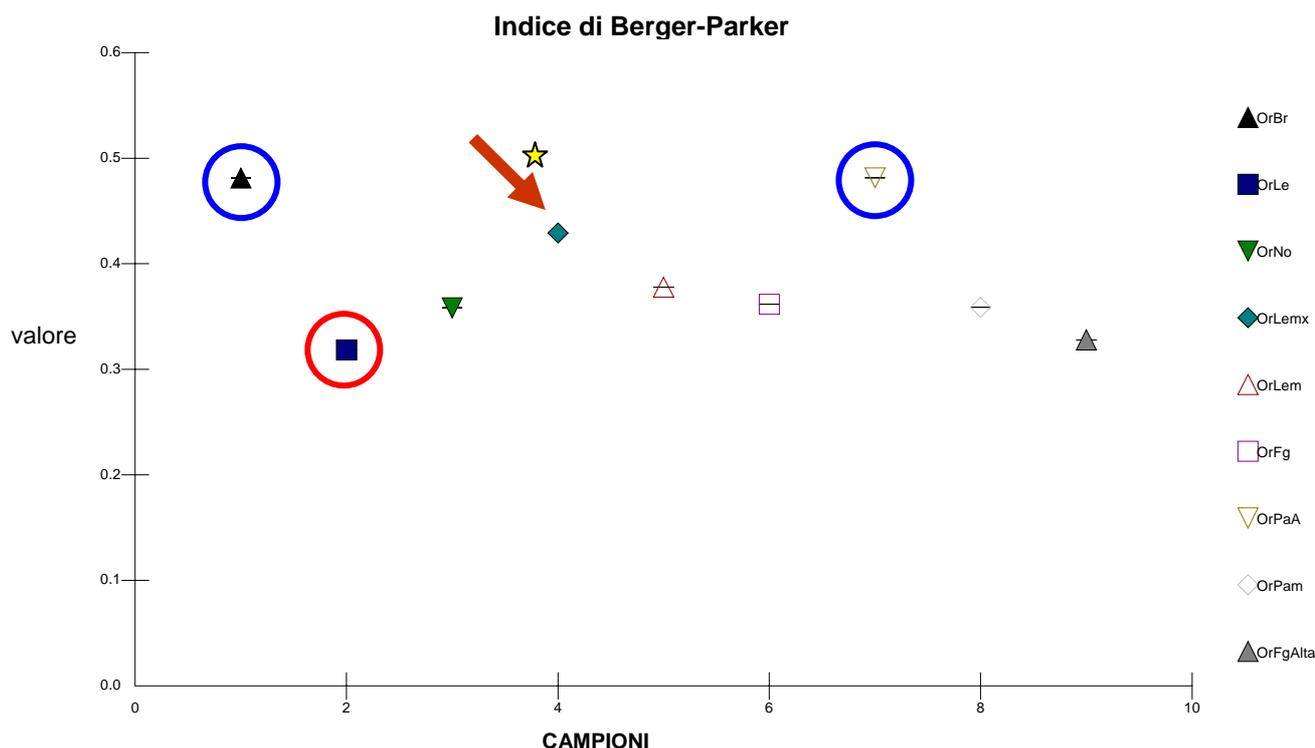


Figura 28 - diversità di specie calcolata sulla base dell'indice di Berger-Parker

L'indice di Dominanza di Berger-Parker misura l'ammontare numerico delle specie più numerose ($d=N_{max}/N$) e per tale ragione in questo caso il calcolo dell'indice determina uno shift del valore più elevato della diversità di specie verso una stazione con valori di biodiversità nettamente differenti nel calcolo ottenuto dagli indici precedenti, infatti dall'applicazione della formula, il rapporto risulta più elevato in questo ambiente piuttosto che in altri poiché il denominatore dell'indice è rispettivamente basso se confrontato con le altre stazioni e restituisce un quoziente più elevato delle altre stazioni..

Index	OrBr	OrLe	OrNo	OrLemx	OrLem	OrFg	OrPaA	OrPam	OrFgAlta
Alpha	4,089	1,89	3,255	1,125	1,595	3,008	1,637	4,009	1,65
Shannon Hmax Log Base 10	1,322	1,079	1,23	0,778	1	1,114	0,903	1,255	0,778
Berger-Parker Dominance (d)	0,481	0,318	0,358	0,429	0,378	0,362	0,481	0,359	0,328

Tabella 11 – Tabella degli indici di biodiversità a livello alfa calcolati per le stazioni campionate.

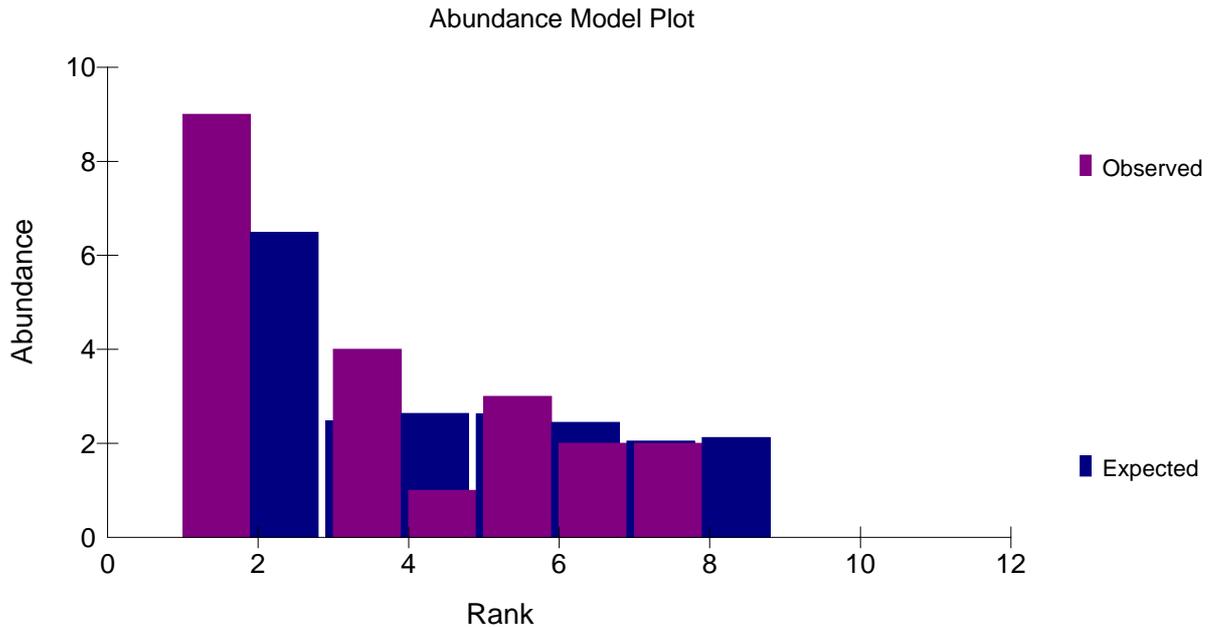


Figura 29 – Modello di abbondanza delle specie log-normale (Sugihara, G., 1980)

Applicando alle stazioni campionate il modello di abbondanza di speci log normale (Sugihara, G., 1980) è possibile confrontare il numero delle specie osservate vs il valore delle specie attese. La distribuzione delle specie dovrebbe seguire una curva normalmente distribuita, che, riferita all'usuale modello di nicchia multidimensionale., rispecchia la capacità dello spazio di essere frazionato in parti così numerose quanti sono i taxon e le specie che li compongono: la probabilità che ogni spazio della "nicchia" venga suddiviso è indipendente dalla sua dimensione (si pensi ad esempio all'operazione di frantumazione di una roccia) e per alcuni autori tale modello è aderente ai processi naturali di diversificazione della nicchia ecologica. .

Nel caso qui presentato la distribuzione log normale non riporta differenze statisticamente significative fra i valori osservati ed attesi per ciascuna stazione campionata (tabella successiva) e ciò conferma che la comunità di specie descritta dal campione e la sua distribuzione lungo gli habitat campionati non riflettono particolari fattori di disturbo degli ambienti analizzati.

	Upper Bound	OrBr Obs	OrBr Exp	OrLe Obs	OrLe Exp	OrNo Obs	OrNo Exp	OrLem x Obs	OrLem x Exp	OrLem Obs	OrLem Exp	OrFg Obs	OrFg Exp	OrPaA Obs	OrPaA Exp	OrPam Obs	OrPam Exp	OrFgAlta Obs	OrFgAlta Exp
Class 1	2,5	8	6,09	4	2,83	5	4,85	6	5,35	6	4,31	3	4,43	8	7,49	8	5,92	6	5,17
Class 2	4,5	0	2,34	0	1,1	1	1,86	0	0	0	0	0	1,68	0	0	3	2,25	0	0
Class 3	8,5	3	2,5	2	1,19	3	2	0	0	0	0	3	1,76	0	0	2	2,37	0	0
Class 4	16,5	2	2,53	1	1,23	2	2,02	0	0	0	1,03	2	1,7	0	0	1	2,32	0	0
Class 5	32,5	4	2,41	0	1,23	2	1,94	0	0	0	1,03	4	1,49	0	0	0	2,09	0	0
Class 6	64,5	2	2,13	0	1,2	1	1,74	0	0	4	2,91	1	1,38	0	0	4	2,62	0	0
Class 7	128,5	2	2,81	5	2,41	3	2,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Class 8	256,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Class 9	512,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Class 10	1024,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chi-Square	2,09727		3,8813		1,6550		0,0784		1,06917		5,72834		0,0352		2,51754		0,1345		
Degrees of Freedom	5		3		6		0		1		4		0		4		0		
Pooled Classes	3		3		2		7		6		2		7		2		5		

Tabella 12 – output dei dati della distribuzione di abbondanza delle specie secondo il modello log normale (Sugihara, G., 1980) nessuna differenza significativa per p=5% e p=1%

Valori di biodiversità vs gruppi funzionali

È importante considerare, come indicato precedentemente, non solo quali siano le differenze relative al valore della biodiversità calcolato secondo gli indici, ma anche quale sia la comunità di specie rinvenute nel sito di campionamento considerato.

Osservando il grafico sottostante, è possibile identificare quattro ambienti riconducibili alle tre macro-tipologie ambientali indicate precedentemente: in tutte le quattro stazioni ad elevato valore di biodiversità, soltanto nella stazione della Faggeta (OrFg) sono assenti specie ad alimentazione generalista e fitofaga.

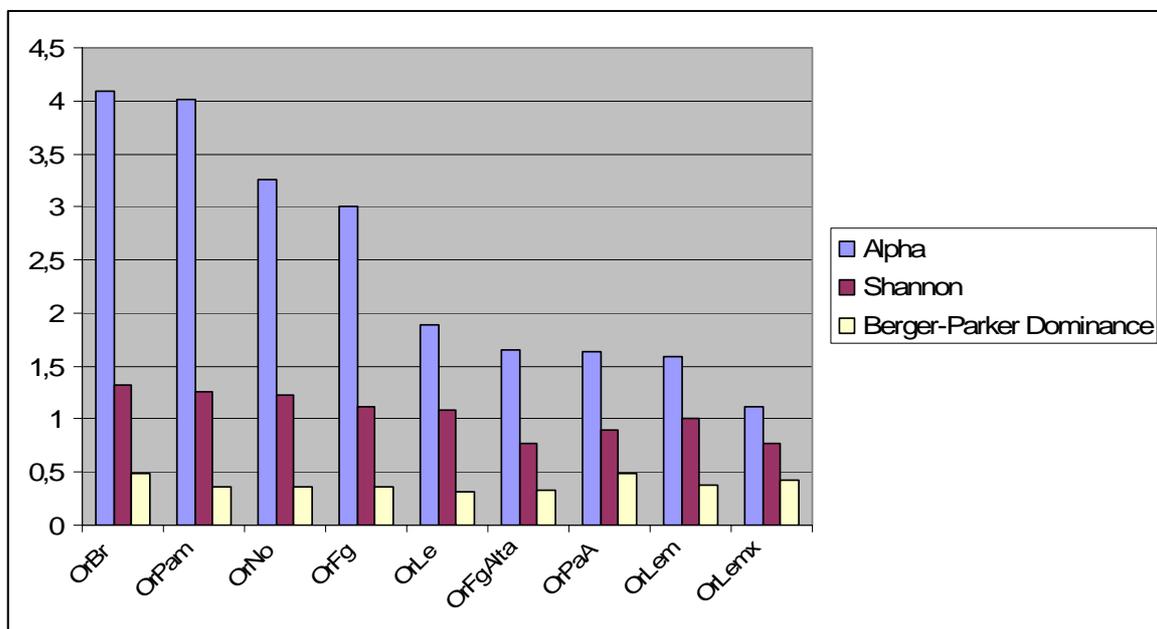


Figura 30 - Confronto fra gli indici di diversità calcolati per le diverse stazioni

Questo aspetto indica che la Faggeta è potenzialmente l'ambiente maggiormente esposto alle perturbazioni/impatto antropico.

Il Bosco ripariale (OrBr), assegnato alla categoria degli ambienti a moderata stabilità (MS), risulta essere l'ambiente a più elevata biodiversità di Carabidi, e conferma quanto affermato in letteratura, ossia che nei complessi di vegetazione tipici dei letti fluviali è presente la massima varietà di forme biologiche di Coleotteri Carabidi (Brandmayr et al., 2005).

Negli ambienti a più elevata biodiversità risulta anche il bosco di Nocciolo (OrNo), anch'esso assegnato alla categoria degli ambienti a moderata stabilità (MS): questi due dati fanno riflettere su quanto sia importante la dinamica del disturbo: infatti, insieme al Pascolo

Montano (legato ad un'attività antropica protratta nel tempo e regolare e classificato come ambiente a bassa stabilità - LS) questi ambienti costituiscono degli habitat con una "instabilità prevedibile" che c'è sempre stata per cause naturali, oppure si è sviluppata nel corso del tempo, favorendo fenomeni adattativi ad un numero di specie più ampio rispetto agli ambienti più stabili.

Il bosco di Lecceta mista, nel confronto complessivo degli indicatori per la ricchezza di specie risulta comunque fra i meno ricchi di specie: l'impatto antropico dovuto alla ceduzione è evidente in questo ambiente e probabilmente determina un fattore limitante per la presenza dei Carabidi a causa della probabile conseguenza della perdita di umidità del suolo dovuta al taglio (Brandmayr, 1983; 1991).

Analisi morfometrica

Nelle stazioni OrBr e OrLe il numero degli esemplari raccolti di *Carabus lefebvrei*, risultano un campione statisticamente non rappresentativo per essere sottoposto ad analisi statistiche tra campioni indipendenti, per tale motivo sono state escluse dall'analisi di confronto tra i parametri morfometrici degli esemplari.

Di seguito la tabella riepilogativa dei campioni analizzati statisticamente:

Codice Stazione	♂	♀	TOT
OrLem	10	10	20
OrLemx	6	6	12
OrLe	4	2	6
OrFg	10	10	20
OrNo	10	10	20
Totale	40	38	78

Tabella 13 – Riepilogo dei campioni di *Carabus lefebvrei* analizzati nell'analisi morfometrica

Le misurazioni condotte su popolazioni di *Carabus lefebvrei*, evidenziano l'esistenza di differenze dimensionali tra gli individui (maschi e femmine) delle diverse stazioni (vedi appendici A, B, C, D).

Ritroviamo una variazione ambientale delle dimensioni morfometriche degli individui con una tendenza della diminuzione dimensionale lungo un gradiente negativo delle condizioni di "stabilità" delle stazioni, da quella in fase di stadio di climax a quella in fase di forte impatto di degradazione antropica.

Maschi

	OrLem		OrFg		OrLemx		OrNo	
	<i>mm</i>	<i>DS</i>	<i>mm</i>	<i>DS</i>	<i>mm</i>	<i>DS</i>	<i>mm</i>	<i>DS</i>
Corpo	25,5	1,2	25,3	0,7	25,2	1,2	24,7	1,0
Elitre	17,3	0,8	16,1	0,6	16,0	0,8	15,3	1,3
Protorace	6,0	0,5	6,2	0,4	6,0	0,5	5,7	0,4
Capo	4,1	0,3	4,3	0,2	4,1	0,2	3,9	0,2

Femmine

	OrLem		OrFg		OrLemx		OrNo	
	<i>mm</i>	<i>DS</i>	<i>mm</i>	<i>DS</i>	<i>mm</i>	<i>DS</i>	<i>mm</i>	<i>DS</i>
Corpo	29,1	1,0	27,3	1,4	28,8	1,3	27,6	1,3
Elitre	18,4	0,9	17,6	1,3	18,4	1,2	16,7	1,0
Protorace	6,8	0,3	6,6	0,5	6,8	0,5	6,2	0,4
Capo	4,5	0,2	4,4	0,2	4,6	0,2	4,4	0,2

Tabella 14 – 10 Misurazioni morfometriche relative agli individui maschi e femmine di *Carabus lefebvrei* delle diverse stazioni di campionamento

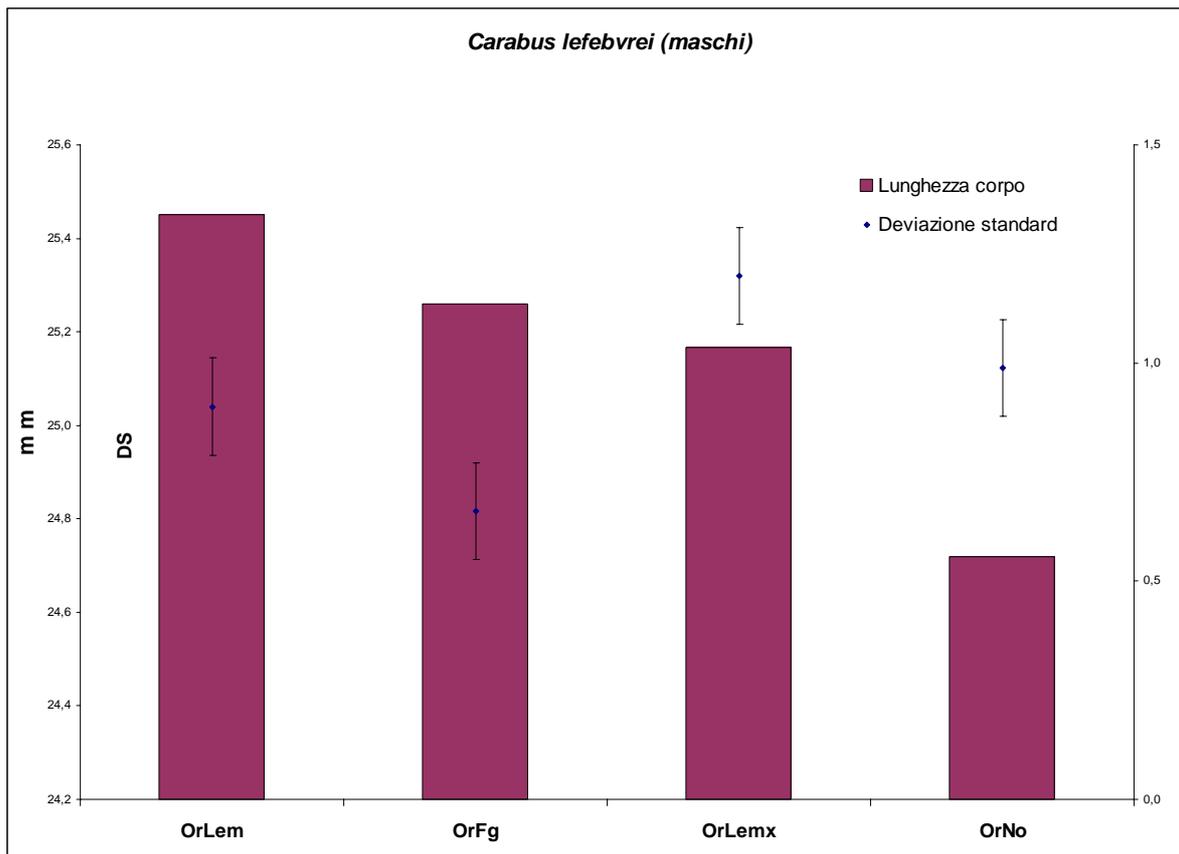


Figura 31 – Comparazione delle dimensioni morfometriche in diverse stazioni di campionamento

Dal grafico sopra si osserva come nelle foreste “climax” ritroviamo una popolazione maggiormente abbondante, con esemplari lievemente più grandi, mentre nelle stazioni degradate, o sottoposte a forte impatto antropico ritroviamo una popolazione meno abbondante, e gli esemplari presentano mediamente caratteristiche morfologiche leggermente più piccole.

Comparazione morfometrica degli esemplari di OrLem e OrNo

A) Maschi

Tra i maschi della stazione OrLem e i maschi della stazione OrNo vi è differenza statisticamente significativa nella lunghezza delle elitre e del protorace (vedi tab. in basso). Gli esemplari di OrLem risultano leggermente più grandi (grafico successivo), con una minor variabilità morfometrica nelle dimensioni delle elitre.

Statistiche di base

	OrLem		OrNo		p [^]
	Media	Deviazione standard	Media	Deviazione standard	
Corpo	25,45	1,21	24,72	0,99	0,14
Elitre	17,25	0,75	15,28	1,34	0,00
Protorace	6,03	0,45	5,68	0,41	0,05
Capo	4,11	0,26	3,95	0,25	0,14

[^]Test U di Mann-Whitney

Tabella 15 - Confronto tra i parametri morfometrici nei maschi

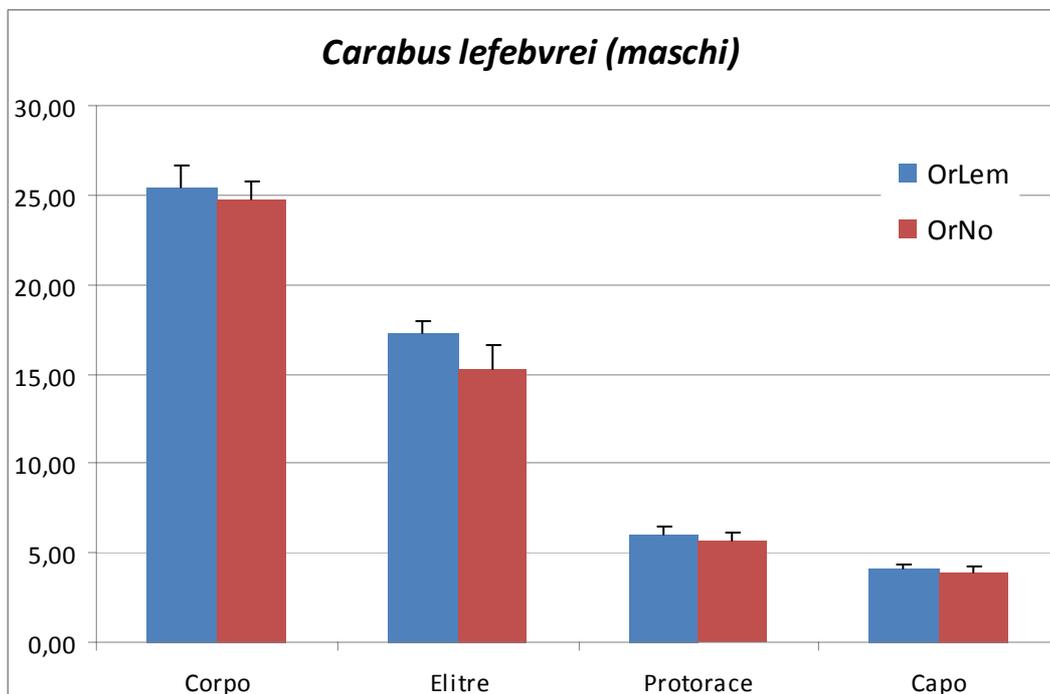


Figura 32 – Grafico di confronto delle misurazioni morfometriche nei maschi di *C. lefebvrei* in due stazioni di campionamento

B) Femmine

Tra le femmine della stazione OrLem e le femmine della stazione OrNo vi è differenzastatisticamente significativa nella lunghezza del corpo delle elitre e del protorace (tab. in basso).

Gli esemplari della lecceta matura risultano, mediamente, più grandi di qualchemillimetro.

Gli esemplari del Noccioloeto sono più piccoli e presentano una maggior variabilità morfometrica (graf. successivo).

Statistiche di base

	OrLem		OrNo		p [^]
	Media	Deviazione standard	Media	Deviazione standard	
Corpo	29,05	1,01	27,64	1,27	0,02
Elitre	18,35	0,94	16,72	0,98	0,00
Protorace	6,82	0,34	6,25	0,40	0,01
Capo	4,50	0,18	4,43	0,21	0,31

Tabella 16- Confronto tra i parametri morfometrici nelle femmine

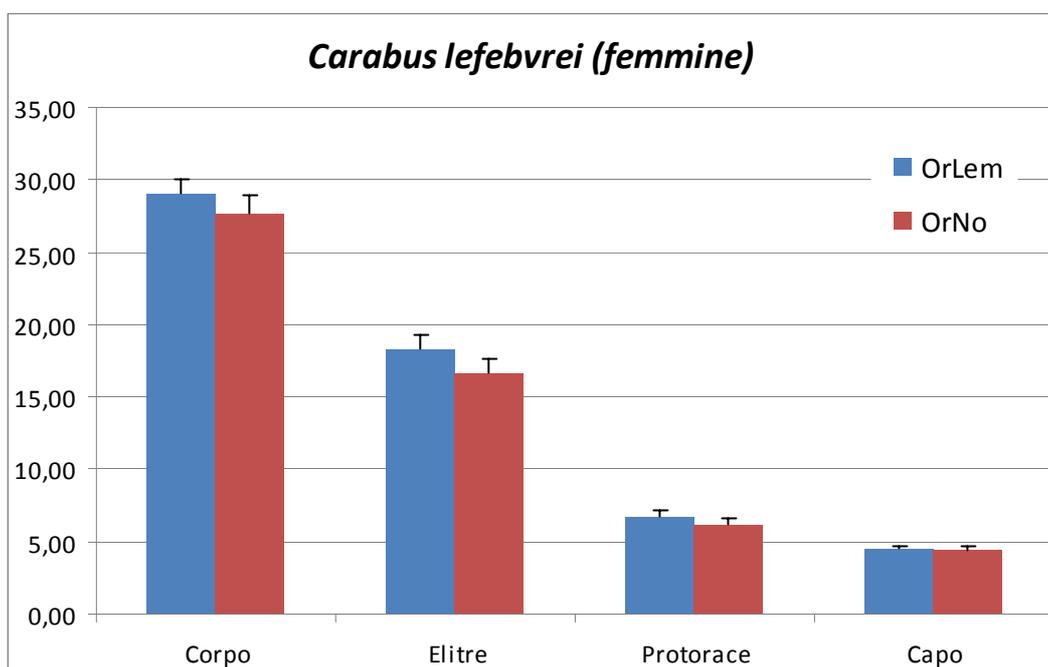


Figura 33 - Grafico di confronto delle misurazioni morfometriche nelle femmine di *C. lefebvrei* in due stazioni di campionamento

Comparazione morfometrica degli esemplari di OrLem e OrFg

A) Maschi

Tra i maschi della stazione OrLem e i maschi della stazione OrFg vi è differenzastatisticamente significativa solo nella lunghezza delle elitre (tab. in basso).

I maschi diOrLem presentano elitre leggermente piu lunghe. Mentre nelle altre caratteristicheconsiderate non risultano differenze morfologiche statisticamente significative (grafico successivo)

Statistiche di base

	OrLem		OrFg		p ^A
	Media	Deviazione standard	Media	Deviazione standard	
Corpo	25,45	1,21	25,26	0,66	0,53
Elitre	17,25	0,75	16,10	0,60	0,00
Protorace	6,03	0,45	6,18	0,42	0,63
Capo	4,11	0,26	4,28	0,16	0,11

Tabella 17 - Confronto tra i parametri morfometrici nei maschi

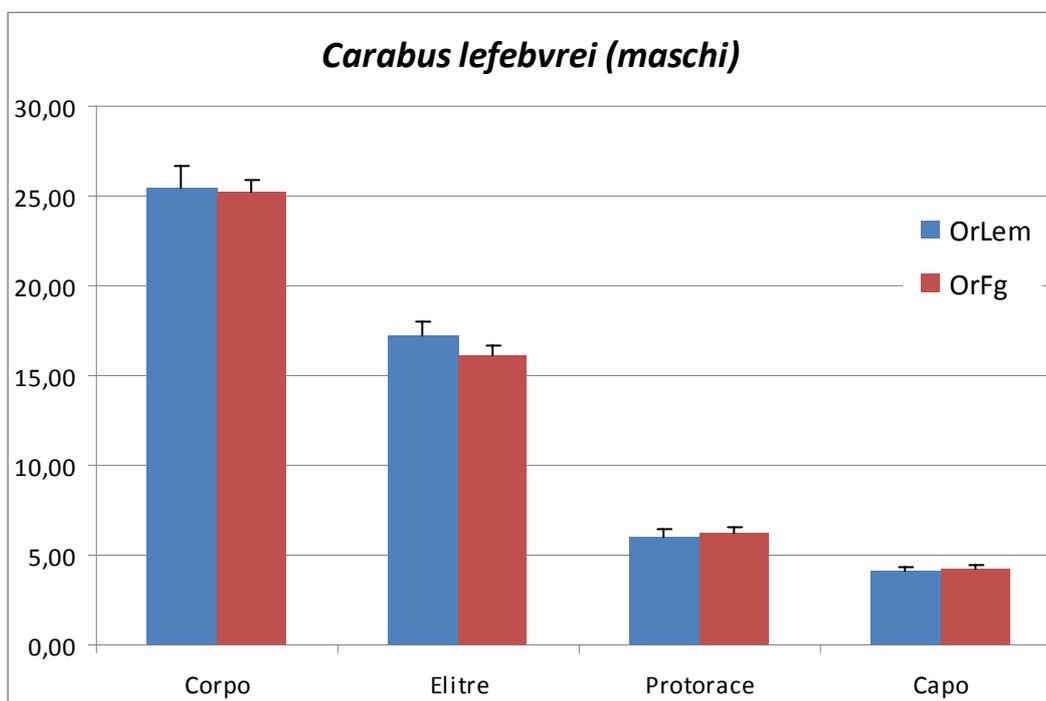


Figura 34 - Grafico di confronto delle misurazioni morfometriche nei maschi di *C. lefebvrei* in due stazioni di campionamento

B) Femmine

Tra le femmine della stazione OrLem e le femmine della stazione OrFg vi è una differenza statisticamente significativa solo nella lunghezza del corpo (tab. in basso)..

Le femmine di OrLem sono leggermente più grandi. Mentre nelle altre caratteristiche considerate non risultano differenze morfologiche statisticamente significative (grafico successivo).

Statistiche di base

	OrLem		OrFg		p [^]
	Media	Deviazione standard	Media	Deviazione standard	
Corpo	29,05	1,01	27,29	1,37	0,01
Elitre	18,35	0,94	17,61	1,25	0,12
Protorace	6,82	0,34	6,56	0,48	0,17
Capo	4,50	0,18	4,41	0,22	0,19

Tabella 18 - Confronto tra i parametri morfometrici nelle femmine

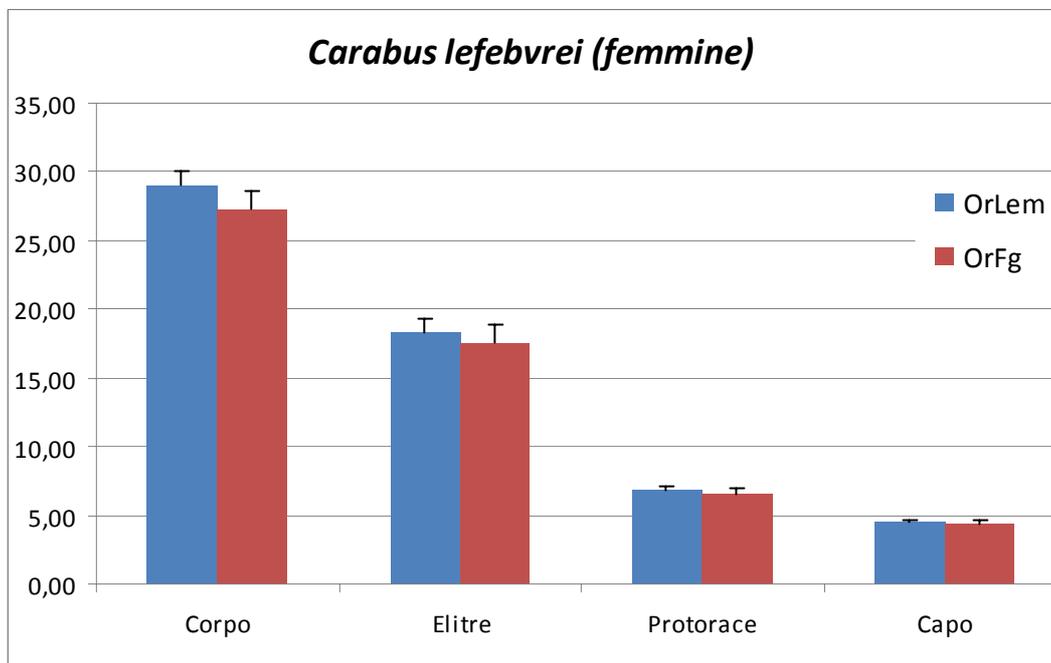


Figura 35 - Grafico di confronto delle misurazioni morfometriche nelle femmine di *C. lefebvrei* in due stazioni di campionamento

Comparazione morfometrica degli esemplari di OrFg e OrNo

A) Maschi

Tra i maschi della stazione OrFg e i maschi della stazione OrNo vi è differenzastatisticamente significativa nella lunghezza delle elitre, del protorace e del capo (tab. in basso).

Gli esemplari di OrFg risultano più grandi (grafico successivo), con una minor variabilità morfometrica.

Statistiche di base

	OrFg		OrNo		p ^A
	Media	Deviazione standard	Media	Deviazione standard	
Corpo	25,26	0,66	24,72	0,99	0,12
Elitre	16,10	0,60	15,28	1,34	0,04
Protorace	6,18	0,42	5,68	0,41	0,02
Capo	4,28	0,16	3,95	0,25	0,01

Tabella 19 - Confronto tra i parametri morfometrici nei maschi

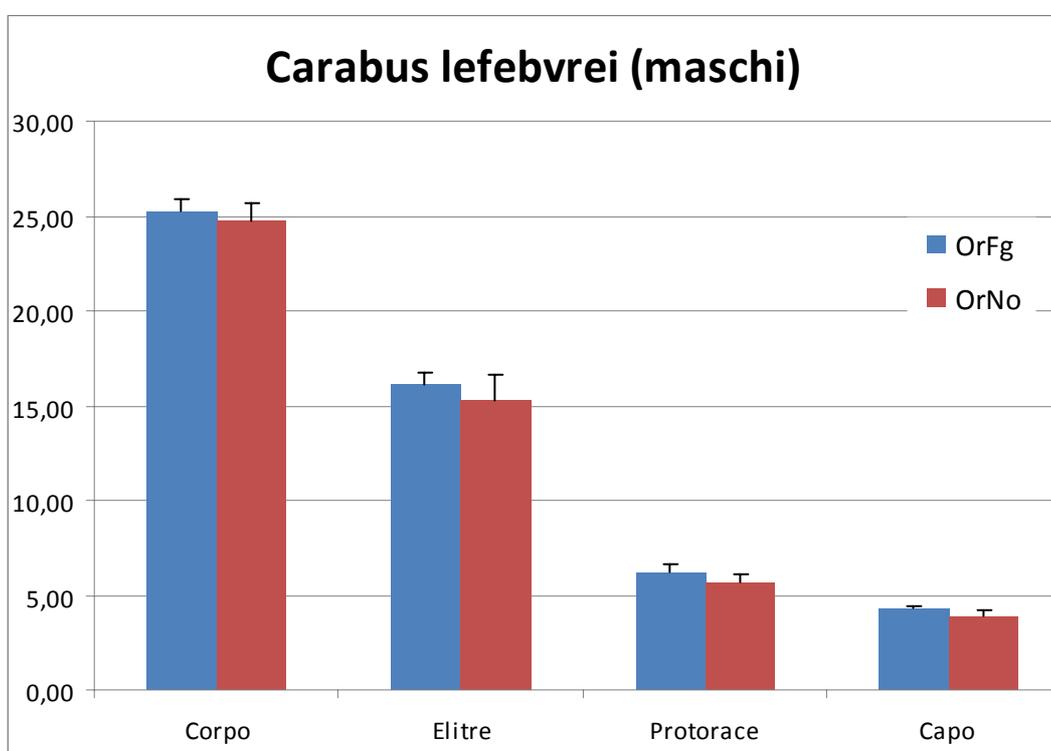


Figura 36 Grafico di confronto delle misurazioni morfometriche nelle femmine di *C. lefebvrei* in due stazioni di campionamento

B) Femmine

Tra le femmine della stazione OrFg e le femmine della stazione OrNo non vi è differenza statisticamente significativa nei parametri morfometrici considerati (tabella in basso).

Le femmine di OrFg presentano delle elitre leggermente più lunghe (graf. successivo)

Statistiche di base

	OrFg		OrNo		p ^Λ
	Media	Deviazione standard	Media	Deviazione standard	
Corpo	27,29	1,37	27,64	1,27	0,63
Elitre	17,61	1,25	16,72	0,98	0,14
Protorace	6,56	0,48	6,25	0,40	0,31
Capo	4,41	0,22	4,43	0,21	0,80

Tabella 20 - Confronto tra i parametri morfometrici nelle femmine

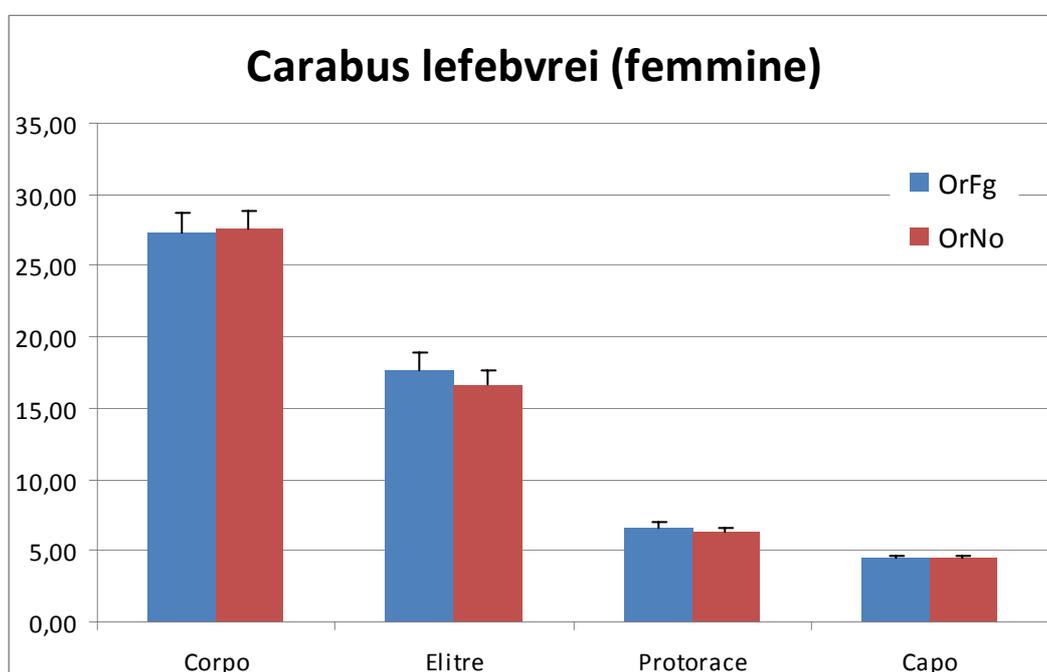


Figura 37 - Grafico di confronto delle misurazioni morfometriche nelle femmine di C. lefebvrei in due stazioni di campionamento

Comparazione morfometrica degli esemplari di OrLem e OrLemx

A) Maschi

Tra i maschi della stazione OrLem e i maschi della stazione OrLemx vi è differenza statisticamente significativa nella lunghezza delle elitre (vedi tab in basso)

Statistiche di base

	OrLem		OrLemx		p [^]
	<i>Media</i>	<i>Deviazione standard</i>	<i>Media</i>	<i>Deviazione standard</i>	
Corpo	25,45	1,21	25,17	1,20	0,43
Elitre	17,25	0,75	15,95	0,77	0,00
Protorace	6,03	0,45	5,96	0,53	0,71
Capo	4,11	0,26	4,12	0,22	0,87

[^]Test U di Mann-Whitney

Tabella 21 - Confronto tra i parametri morfometrici nei maschi

B) Femmine

Tra le femmine della stazione OrLem e le femmine della stazione OrLemx non vi è differenza statisticamente significativa nei parametri morfometrici considerati (vedi tab. in basso)

Statistiche di base

	OrLem		OrLemx		p [^]
	<i>Media</i>	<i>Deviazione standard</i>	<i>Media</i>	<i>Deviazione standard</i>	
Corpo	29,05	1,01	28,78	1,30	0,79
Elitre	18,35	0,94	18,38	1,23	1,04
Protorace	6,82	0,34	6,83	0,46	0,87
Capo	4,50	0,18	4,56	0,22	0,64

[^]Test U di Mann-Whitney

Tabella 22 - Confronto tra i parametri morfometrici nelle femmine

Comparazione morfometrica degli esemplari di OrFg e OrLemx

A) Maschi

Tra i maschi della stazione OrFg e i maschi della stazione OrLemx non vi è differenzastatisticamente significativa nei parametri morfometrici considerati (vedi tab. successiva)

Statistiche di base

	OrFg		OrLemx		p [^]
	<i>Media</i>	<i>Deviazione standard</i>	<i>Media</i>	<i>Deviazione standard</i>	
Corpo	25,26	0,66	25,17	1,20	0,71
Elitre	16,10	0,60	15,95	0,77	0,71
Protorace	6,18	0,42	5,96	0,53	0,43
Capo	4,28	0,16	4,12	0,22	0,18

^Test U di Mann-Whitney

Tabella 23 - Confronto tra i parametri morfometrici nei maschi

B) Femmine

Tra le femmine della stazione OrFg e le femmine della stazione OrLemx vi è differenzastatisticamente significativa nella lunghezza del corpo (vedi tab. in basso)

Statistiche di base

	OrFg		OrLemx		p [^]
	<i>Media</i>	<i>Deviazione standard</i>	<i>Media</i>	<i>Deviazione standard</i>	
Corpo	27,29	1,37	28,78	1,30	0,056
Elitre	17,61	1,25	18,38	1,23	0,313
Protorace	6,56	0,48	6,83	0,46	0,220
Capo	4,41	0,22	4,56	0,22	0,263

^Test U di Mann-Whitney

Tabella 24 -Confronto tra i parametri morfometrici nelle femmine

Comparazione morfometrica degli esemplari di OrNo e OrLemx

A) Maschi

Tra i maschi della stazione OrNo e i maschi della stazione OrLemx non vi è differenza statisticamente significativa nei parametri morfometrici considerati (vedi tab. successiva)

Statistiche di base

	OrNo		OrLemx		p [^]
	Media	Deviazione standard	Media	Deviazione standard	
Corpo	24,72	0,99	25,17	1,20	0,49
Elitre	15,28	1,34	15,95	0,77	0,12
Protorace	5,68	0,41	5,96	0,53	0,43
Capo	3,95	0,25	4,12	0,22	0,12

[^]Test U di Mann-Whitney

Tabella 25 -Confronto tra i parametri morfometrici nei maschi

B) Femmine

Tra le femmine della stazione OrNo e le femmine della stazione OrLemx vi è differenza statisticamente significativa nella lunghezza delle elitre e del protorace (vedi tab. successiva).

Statistiche di base

	OrNo		OrLemx		p [^]
	Media	Deviazione standard	Media	Deviazione standard	
Corpo	27,64	1,27	28,78	1,30	0,15
Elitre	16,72	0,98	18,38	1,23	0,04
Protorace	6,25	0,40	6,83	0,46	0,02
Capo	4,43	0,21	4,56	0,22	0,31

[^]Test U di Mann-Whitney

Tabella 26 - Confronto tra i parametri morfometrici nelle femmine

Schema riepilogativo dell'analisi morfometrica

Considerando le differenze statisticamente significative nei parametri morfometrici considerati delle popolazioni di *Carabus lefebvrei* (maschi e femmine) nei diversi ambienti campionati, non ritroviamo mediamente in alcuni parametri, differenze morfometriche statisticamente significative nel confronto, sia tra le stazioni ambientali stabili ("climax"), sia tra il confronto delle stazioni ambientali degradate. Invece si ha una differenza statisticamente significativa mediamente in alcuni parametri nel confronto tra ambienti conservati e/o stabili e ambienti degradati (vedi tab. successiva)

	OrLem	OrFg	OrNo	OrLemx
OrLem	X	X	✓	✓
OrFg	X	X	✓	✓
OrNo	✓	✓	X	X
OrLemx	✓	✓	X	X

Tabella 27 - Riepilogo delle differenze statisticamente significative negli ambienti campionati

Legenda:

- ✓ differenza statisticamente significativa;
- X differenza non statisticamente significativa

Discussione e Conclusioni

La conservazione degli ecosistemi forestali costituisce un importante compito da affrontare attraverso un approccio multiplo e multilivello. Se infatti da una parte risulta importante e fondamentale fronteggiare i fenomeni di cambiamento globale che stanno interessando il pianeta, attraverso le misure di mitigazione dei cambiamenti climatici, la riduzione della produzione degli inquinanti, la riduzione del consumo di suolo e una gestione più intelligente delle pratiche agricole, dall'altra è necessario applicare misure specifiche e mirate per poter salvaguardare il patrimonio forestale con la sua varietà di forme di vita e per preservare quegli "eco system services" che gli ambienti naturali offrono all'uomo.

Pur essendo indiscusso che per attuare misure di conservazione degli ecosistemi e delle biodiversità sia necessario innanzitutto monitorare lo status di stabilità degli ambienti, analizzare le comunità di specie presenti e i fattori naturali e antropici che generano impatti su di essi, a livello nazionale ed europeo non sono ancora stati messi a regime sistemi idonei di intercorrelazione dati, campionamenti puntuali in serie, interrelazione di indicatori (etc), che siano utili a questo scopo.

Nel presente studio il contributo proposto riguarda principalmente l'analisi di fattori che, in gradienti ambientali contigui, possano fornire indicatori più sensibili all'individuazione di processi di degrado ambientale intesi come cambiamenti sostanziali nello status di stabilità degli habitat.

Gli ambienti forestali considerati ad alta stabilità hanno confermato la loro classificazione principalmente attraverso i parametri di analisi funzionale dei gruppi di comunità, mentre i valori di biodiversità sono risultati inferiori rispetto ad alcune stazioni attribuite agli ambienti a moderata e bassa stabilità. Questo dato riflette, ambienti a moderata e bassa stabilità, una maggiore presenza di specie generaliste e a più ampia distribuzione corologica, nonché con maggiore capacità di dispersione.

Infatti la biodiversità delle stazioni a moderata stabilità è risultata quella con i valori più elevati, essendo quelle stazioni interessate da fenomeni di instabilità naturale e quindi con specie meglio adattate a vivere in quegli ambienti.

Se, infatti, da una parte è semplice individuare quali siano le differenze significative nella comparazione di ambienti con un grado di stabilità completamente differenti, è invece più complesso stabilire quali possano essere i "segnali" ambientali che siano spia di processi legati a perturbazioni che non derivino da fenomeni "naturali".

La valutazione dei gruppi funzionali di una comunità ecosistemica, del loro potere di dispersione e della corologia delle specie, possono fornire un quadro di per sé già abbastanza esaustivo sulle caratteristiche ambientali di un determinato ecosistema, permettendo, attraverso il monitoraggio periodico, di rilevare avvenuti cambiamenti e modificazioni nello status di stabilità di un determinato habitat.

Essa permette di identificare, anche se in maniera approssimativa, quali possano essere le cause di una variazione avvenuta ad esempio nella composizione dei gruppi funzionali di specie di una comunità, riconducendo l'analisi alle cause scatenanti di quel cambiamento.

L'analisi della biodiversità viene potenziata dagli elementi sopraesposti, infatti i valori ottenuti dagli indici per il calcolo della biodiversità non hanno carattere esaustivo e soprattutto non sono descrittivi della complessità di interazioni e processi naturali che avvengono in un ambiente, ma possono fornire utili indicazioni sul quadro generale di un ambiente e sugli elementi che ne determinano la stabilità.

L'analisi morfometrica rappresenta invece uno di quei parametri di approfondimento nello studio di un ambiente o nella comparazione di più habitat, capace di fornire maggiori dettagli sull'impatto di un disturbo o perturbazione, consentendo di rilevare cambiamenti fra habitat simili e di ipotizzare quali siano gli adattamenti e le modificazioni messe in atto dalla specie considerata e quali conseguenze possano esserci per la sopravvivenza delle specie stessa.

Lo studio della biodiversità e la conservazione degli ambienti forestali costituiscono un ambito di studio complesso e molto dibattuto, ma molto attuale e di fondamentale importanza per il mantenimento di un equilibrio ambientale che è di indispensabile necessità di fronte all'impatto delle attività umane.

A tal fine è importante utilizzare gli strumenti di analisi e studio disponibili e di più semplice comprensione, al fine di consentire ed attuare quanto più possibile una vasta e ampia comprensione e consapevolezza della conservazione ambientale.

Bibliografia

Andersen J., 1968. The effect of inundation and choice of hibernation sites of Coleoptera living on the river banks. *Norsk. Entomol. Tidsskr.*, 15:115-133.

Anscombe F.J., 1950. Sampling theor of the negative binomial and logaritmic series distributions. *Biometrika*, 37: 358-382.

Bauer T., 1975. Zur Biologie und Autokologie von *Nothiophilus biguttatus* F. und *Bembidion foraminosum* Strm. (Col. Car.) als Bewohner ökologisch extremer Standorte. *Zool. Anz.*, 194 (5/6): 305-318.

Bauer T., 1979. The behavioural strateg used b imago and larva of *Nothiophilus biguttatus* F. (Coleoptera Carabidae) in hunting Collembola. Misc. pap. Landbouwhoges. Wageningen., 18: 133-144.

Bauer T., 1981. Pre capture and structure of the visual space of an insect that hunts b sight on the litter layer (*Nothiophilus biguttatus* F., Coleoptera: Carabidae). *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 8: 91-97.

Begon M., Harper J.L., Townsend c.R., 1996. *Ecology. Individuals, Population and Communities*. Third edition. Blackwell Science.

Belaoussoff S., Kevan P.G., Murph S., Swanton C., 2003. Assessing tillage disturbance on assemblages of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) by using a range of ecological indices. *Biodiversity and Conservation*, 12: 851-882.

Biondi E., Allegranza M., Guitian J., 1988. Mantelli di vegetazione nel piano collinare dell'Appennino Centrale. *Doc. Phytosoc.*, 11: 479-490.

Blake S., Foster G.N., Eyre M.D., Luff M.L., 1994. Effects of habitat type and grassland management practices on the bod size distribution of carabid beetles. *Pedobiologia*, 38: 502-512.

Bodin, P. and B.L.B. Wimen. 2007. The usefulness of stability concepts in forest management when coping with increasing climate uncertainties. *For. Ecol. Manage.* 242: 541-552.

Boer P.J., Huizen T.H.P., Boer-Daanje W., Aukema B., Bieman C.F.M., 1980. Wing polymorphism and dimorphism as stages in a evolutionar process (Coleoptera, Carabidae). *Entomol. Gen.*, 6:107-34.

Bonn A., 2001. Flight activit of carabid beetles on a river margin in relation to fluctuating water levels. In Brandmayr P., Lovei G., Zetto T., Casale A & Vigna Taglianti A. (eds.): *Natural Histor and Applied Ecolog of Carabid Beetles*, pp.147-160. Pensoft, Sofia-Moscow.

Brandmayr P. & Brunello Zanitti c. 1982. Le comunita a Coleotteri Carabidi di alcuni Quercio-Carpineti della bassa pianura del Friuli. *Quad. C.N.R. Str. Zooc. terr.*, 4:69-124.

Brandmayr P., Colombetta G. & Polli S. 1983. Waldcarabiden der Triester Karstes als Indikatoren des makroklimatischen Uebergangsvom kontinentalen Europa zur Mediterraneis. Zool. Jb. Syst., Jena, 110: 201-220

Brandmayr P. & Zetto Brandmayr T., 1986a. Food and feeding behaviour of some *Licinus* species (Coleoptera, Carabidae, Licinini). *Monitore zoologico italiano*, n.s., 20: 171-181.

Brandmayr P. & Zetto Brandmayr T., 1986b. Phenolog of Ground Beetles and its Ecological Significance in Some of the Main Habitat Types of Southen Europe. In: den Boer et al.: *Carabid Beetles*, pp. 195-220. Gustav Fisher, Stuttgart, New York.

Brandmayr P. & Pizzolotto R., 1987. Aspetti zoocenotici e biogeografici dei popolamenti a Coleotteri Carabidi nella fascia alpina delle Vette di Feltre (Belluno). *Biogeographia*. V. XIII, pp. 713-743.

Brandmayr P. & Pizzolotto R., 1988. Indicatori "storici" ed ecologici nella coleotterofauna terricola delle foreste dell' Appennino. *Atti XV Congresso Nazionale di Entomologia*. L' Aquila 1988: 589-608.

Brandmayr P., Pizzolotto R., Scalercio S., 2003. Chapter 12: Invertebrate Diversit in Europe's Alpine Region. In Nag L., Grabherr G., Koerner Ch. And Thompson D.B.A. (eds.) *Alpine Biodiversit in Europe, Ecological Studies (167)*, pp. 233-237, Berlin, Springer Verlag.

Brandmayr P., Zetto T., Pizzolotto R., 2005. I Coleotteri Carabidi per la valutazione ambientale e la conservazione della biodiversita, *Manuale operativo. Manuali e Linee Guida*, 34, APAT Roma, pp. 240.

Brower J., Zar J., von Ende C; 1997. *Field and laborator methods for general ecology*. McGraw-Hill, p.177.

Brunello Zanitti c. 1980. I popolamenti a Geoadefagi (Coleoptera Carabidae) dei Prati Magri (Magredi) dell'Alta Pianura Friulana. *Tesi di Laurea*. Universita di Trieste, a.a.1979-1980.

Burke D., Goulet H., 1998. Landscape and area effects on beetle assemblages in Ontario. *Ecograph* 21: 472-479.

Burnham K. P. & Overton W. S., 1978. Estimation of the size of a closed population when capture probabilities var among animals. *Biometrika*, 65: 623-633.

Casale A., Sturani M., Vigna Taglianti A., 1982. *Coleoptera. Carabidae. I. Introduzione, Paussinae, Carabinae (Fauna d'Italia, 18)*. Calderini, Bologna.

Casale A. & Brandmayr P., 1985. Ricerche faunistico-ecologiche sui Coleotteri Carabidi della faggeta di Rezzo (Alpi Ligure Occidentali). *Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali - Torino*. Volume 3- N. 2, pp. 355-368.

Casale A. & Vigna Taglianti A., 1996. Coleotteri Carabidi di Sardegna e delle piccole isole circumsarde, e loro significato biogeografico (Coleoptera, Carabidae). *Biogeographia (n.s.)*, 18: 391-427.

Chao A., 1984. Non - parametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics*, 11: 265-270.

Chao A., 1987. Estimating the population size for capture-recapture data with unequal matchability. *Biometrics*, 43: 783-791.

Chapin, F.S., K. Danell, T. Elmqvist, C. Folke and N. Fresco. 2007. Managing climate change impacts to enhance the resilience and sustainability of Fennoscandian forests. *Ambio* 36: 528-533.

Chapin, F.S. E.S. Zavaleta, V.T. Eviner, R.L. Naylor, P.M. Vitousek, H.L. Reynolds, D.U. Hooper, S. Lavorel, O.E. Sala, S.E. Hobbie, M.C. Mack and S. Diaz. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234-242.

Clark T.E. & Samways M.J., 1997. Sampling arthropod diversity for urban ecological species-rich southern hemisphere botanic garden. *Journal of Insect Conservation*, 1: 221-234.

Cohen A. C. J., 1961. Tables for maximum likelihood estimates: single truncated and single censored samples. *Technometrics* 1: 217-237.

Corbetta F., Ubaldi D., Puppi G., 1986. Tipologia fitosociologica delle praterie altomontane del Monte Volturino e del Monte della Madonna di Viggiano (Appennino lucano). *Biogeographia*, 10: 207-236.

Comic I. F., 1973. Etude du regime alimentaire de trois especes de carabiques et de ses variations en verger de pommiers. *Annis. Soc. Ent. Fr.*, 9: 69-87.

Crowson R.A., 1955. The natural classification of the families of Coleoptera. Nathaniel Lloyd & Co. Ltd. London.

Darlington P.J., 1943. Carabidae of mountains and islands: data on the evolution of isolated faunas, and on atrophy of wings. *Ecol. Monogr.*, 13: 37-61.

Davies M. J., 1953. The contents of the crops of some British Carabid beetles. *Ent. Mon. Mag.*, 84: 18-23.

Davies K.F. & Margules C.R., 1998. Effects of habitat fragmentation on carabid beetles: experimental evidence. *Journal of Animal Ecology*, 67: 460-471.

De Felice S. & Vigna Taglianti A., 1994. I Coleotteri Carabidi dei colli Albani (Coleoptera Carabidae). *Boll. Ass. Romana di Entomologia*, 49 (1-2): 3-96.

Diaz, S. and M. Cabido. 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends Ecol. Evol.* 16: 646-655.

Diaz, S., A.J. Symstad, F.S. Chapin, D.A. Wardle and L.F. Huenneke. 2003. Functional diversity revealed by removal experiments. *Trends Ecol. Evol.* 18: 140-146.

Drever, C.R., G. Peterson, C. Messier, Y. Bergeron and M.D. Flannigan. 2006. Can forests management based on natural disturbances maintain ecological resilience? *Can. Jour. For. Res.* 36: 2285-2299.

Erwin T.L., (1979). Thoughts on the Evolutionary History of Ground Beetles: Hypotheses Generated from Comparative Faunal Analyses of Lowland Forest Sites in Temperate and Tropical Regions. In: Erwin T.L., Ball G. E., Whitehead D.R. (eds.): *Carabid Beetles, their evolution, natural history, and classification*, pp. 539-592. Dr. W. Junk, The Hague.

Erwin T.L., (1981). Taxon pulses, vicariance and dispersal: an Evolutionary synthesis illustrated by carabid beetles, pp. 159-183. In Nelson G. & D. Rosen (eds.). *Vicariance Biogeography: A Critique*. Columbia University Press, New York.

Erwin T.L., (1985). The taxon pulse: A general pattern of lineage radiation and extinction among carabid beetles. In Ball G. (ed.): *Taxonomy, phylogeny and zoogeography of beetles and ants: A volume dedicated to the memory of Philip Jackson Darlington Jr. 1904-1983*, pp. 437-472. Dr. W. Junk publishers, The Hague.

Escherich K., 1894. Anatomische Studien über das männliche Genitalsystem der Coleopteren. *Z. wiss. Zool.*, 135:163-213.

Eyre M. D. & Luff M. L., 1990. A preliminar classification of European grassland habitats using Carabid beetles. In: Stork N.E. (ed.), *The Role of Ground Beetles in Ecological and Environmental Studies*. Intercept, Andover, UK, pp.227-236.

Famiglietti A. & Schmid E., 1968. Fitocenosi forestali e fasce di vegetazione dell' Appennino Lucano Centrale (gruppo del Volturino e zone contermini). *Annali del Centro di Economia delle Venezie*. Volume VII, 1967-68. CEDAM Padova.

Fisher RA, Corbet AS & CB Williams (1943). The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *J.Anim.Ecol.* 12: 42-58.

Folke, C., S. Carpenter, B. Walker, M. Scheffer, T. Elmqvist, L. Gunderson and C.S. Holling. 2004. Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 35: 557-581.

Gavioli O., 1934. *Scritti Botanici*. Consiglio Regionale di Basilicata. Ed. Finiguerra Arti Grafiche Lavello.

Gavioli O., 1947. *Synopsis florum lucanarum*. *Nuovo Giorn. Bot. Ital.*, 1954 (1-2): 1-278.

Gobbi M. and Fontaneto D. (2008) - Biodiversity of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in different habitats of the Italian Po lowland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 127, 273-276.

Gunderson, L. 2000. Ecological resilience: in theory and application. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 31: 425-439.

- Haila Y., Hanski L.K., Niemela I., Puntila P., Raivio S. and Tukia H., 1994. Forest and boreal fauna: matching management with natural forest dynamics. *Annales Zoologici Fennici*, 31: 187-202.
- Halme E. & Niemela J., 1993. Carabid beetles in fragments of coniferous forest. *Annales Zoologici Fennici*, 30: 17-30.
- Hayek L.-A.C. & Buzas M.A., 1997. *Surveying Natural Populations*. Columbia University Press, New York, 563 pp.
- Heltshe J. F. & Forrester N. E., 1983. Estimating diversity using quadrat sampling. *Biometrics*, 39: 1073-1076.
- Hill M. O., 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54: 427-432.
- Holling, C.S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4:1-23.
- Hooper, D.U., F.S. Chapin, J.J. Ewel, A. Hector, P. Inchausti, S. Lavorel, J.H. Lawton, D.M. Lodge, M. Loreau, S. Naeem, B. Schmid, H. Setälä, A.J. Symstad, J. Vandermeer and D.A. Wardle. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecol. Monogr.* 75: 3-35.
- Hughes R. G., 1986. Theories and models of species abundance. *American Naturalist* 128: 879-899.
- Huizen T.H.P., 1979. Individual environmental factors determining flight in Carabid beetles. See Ref 53, pp.199-201.
- Huizen T.H.P., 1990. "Gone with the wind": flight activity of Carabid beetles in relation to wind direction and to the reproductive state of females in flight. See. Ref 173, pp. 289-93.
- Hulbert S.H., 1971. The non-concept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* 52(4),577-86.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate change 2007: the physical science basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Online at: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>
- Jeannel R., 1941-42. *Coleopters Carabiques I-II*. Faune de France, 39, 40. Lechevalier, Paris.
- Judas M., Dornieden K., Strothmann U., 2002. Distribution patterns of carabid beetle species at the landscape-level. *Journal of Biogeography*, 29(4): 491-508.
- Kempton R.A. & Taylor L.R., 1976. Models and statistics for species diversity. *Nature*, 262: 818-820.
- Krebs C.J., 1999. *Ecological methodology*. Second edition. Addison Wesley Longman.

- Krumbiegel I., 1960. Die Rudimentation. Fisher, Stuttgart.
- Lambshead P. J. D., Platt H. M., Shaw K. M., 1983. Detection of differences among assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity. *J. Nat. Hist.*, 17: 859-874.
- Lampe K. H., 1975. Die Fortpflanzungsbiologie und Ökologie des Carabiden *Abax ovalis* Dft. und der Einfluss der Umweltfaktoren Bodentemperatur, Bodenfeuchtigkeit und Photoperiode auf die Entwicklung in Anpassung an die Jahreszeit. *Zool. Jb. Syst.*, 102: 128-170.
- Liebherr J.K., McHugh J.V., 2003. Coleoptera (beetles, weevils, fireflies). In: Resh V.H., Carde R.T. *Encyclopedia of insects*, Academic Press, San Diego, Ca: pp. 209-230.
- Lindenmayer D.B., Margules C. R., Botkin D. B., 2000. Indicator of biodiversity for ecologically sustainable forest management. *Conservation Biology*, 14: 941-950.
- Lindroth C.H., 1986. The Carabidae (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark, Part 2. Brill, Leiden; Scandinavian Science Press, Copenhagen.
- Loreau, M., A. Downing, M. Emmerson, A. Gonzalez, J. Hughes, P. Inchausti, J. Joshi, J. Norberg and O.Sala. 2002. A new look at the relationship between diversity and stability. Pages 79-91 in M. Loreau, S.Naeem and P. Inchausti (eds.), *Biodiversity and ecosystem functioning*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Loreau, M., S. Naeem, P. Inchausti, J. Bengtsson, J.P. Grime, A. Hector, D.U. Hooper, M.A. Huston, D. Raffaelli, B. Schmid, D. Tilman and D.A. Wardle. 2001. Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science* 294: 804-808.
- Lovei G. and Magura T. (2006) – Body size changes in ground beetle assemblages – a reanalysis of Braun et al. (2004)'s data. *Ecological Entomology*, 31, 411–414.
- Luff M.L., 1996. Use of Carabids as environmental indicators in grassland and cereals. *Annales Zoologici Fennici*, 35:185-195.
- Magistretti M., 1965. Coleoptera. Cicindelidae, Carabidae. *Catalogo topografico (Fauna d'Italia, 8)*. Calderini, Bologna.
- Magura T., Tothmeresz B., Elek Z., 2003. Diversity and composition of carabids during a forest cycle. *Biodiversity and Conservation*, 12: 73-85.
- Magurran A. E., 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Magurran A. E., 2004. *Measuring Ecological Diversity*. Blackwell Publishing, Oxford, 256 pp.
- MacArthur R.H., 1975. Patterns of species abundance and diversity. In *Ecology and Evolution of Communities* (eds M.L. Cody and J.M. Diamond), Harvard University Press, Cambridge, MA, pp. 81-120.

- Ma R.M., 1981. Patterns in multi-species communities. In *Theoretical Ecology: Principles and Application* (ed. R.M. May), Blackwell, Oxford, pp.197-227.
- Marks, P.L. and F.H. Bormann. 1972. Revegetation following forest cutting: mechanisms for return to steady-state nutrient cycling. *Science* 176: 914-915.
- Mazzei A., Novello M.G., Bonacci T., Brandmayr P., 2005. Comunità di Coleotteri Carabidi in habitat su suoli argillosi della formazione Gessoso-Solfifera in Calabria: conseguenze di una possibile "desertificazione". XV Congresso della Società Italiana di Ecologia - Torino 2005.
- McCarty L. S. & Munkittrick K. R, 1996- Environmental biomarkers in aquatic toxicology: fiction, fantasy, or functional? *Hum. Ecol. Risk Assess.*, 2: 268-274.
- McGeoch, M.A. (1998) – The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews*, 73, 181-201.
- Monzini V. & Romano V. A., 2001. I Coleotteri Carabidi del fiume Basento (Potenza): nuovi dati per l'Italia meridionale e per la regione Basilicata. *Boll. Soc. entomol. Ital.*, 133(1): 27-35.
- Mosseler, A., J.E. Major, O.P. Rajora, and K.H. Kim. 2004. Reproductive and genetic characteristics of rare, disjunct pitch pine populations at the northern limits of its range in Canada. *Conserv. Genetics* 5: 571-583.
- Muller G., 1926. I Coleotteri della Venezia Giulia. 1. Adephaga. *Studi Entomol. Trieste* 1(2).
- Niemela J., 2000. Biodiversity monitoring for decision-making. *Annales Zoologici Fennici*, 37: 307-317.
- Niemela J., Halme E. and Haila Y., 1990. Balancing sampling effort in pitfall trapping of carabid beetles. *Entomologica Fennica*, 1: 233-238.
- Niemela J. & Baur B., 1998. Threatened species in a vanishing habitat: plants and invertebrates in calcareous grassland in the Swiss Jura mountains. *Biodiversity and Conservation*, 7: 1407-1416.
- Niemela J. & Kotze M.H., 2000. The effect of trampling on assemblages of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in urban forest in Helsinki, Finland. *Urban Ecosystems*, 4: 321-332.
- Obrtel R., 1971. Soil surface Coleoptera in a lowland forest. *Acta Sc. Nat. Brno*, 5 (7): 1-47.
- Obrtel R., 1972. Soil surface Coleoptera in a reed swamp. *Acta Sc. Nat. Brno*, 6 (9): 1-35.
- Oliver J. & Beattie A.J., 1996. Designing a cost-effective invertebrate survey. A test of methods for rapid assessment of biodiversity. *Ecological Application* 6: 594-607.

- Patil G. P. & Taillie C; 1979. An overview of diversity. In: Grassle J. F., Patil G. P., Smith W., Taillie C. (eds.). *Ecological Diversity in Theory and Practice*. International Cooperative Publishing House, Fairland, Maryland.
- Pautasso, M., O. Holdenreider and J. Stenlid. 2005. Susceptibility to fungal pathogens of forests differing in tree diversity. Pages 263-290 in M. Scherer-Lorenzen, C. Körner and E.-D. Schulze (eds.), *Forest diversity and function: temperate and boreal systems*. Springer, Berlin.
- Pavari A., 1916. Studio preliminare sulla coltura delle specie forestali esotiche in Italia. *Ann. R. Ist. Sup. For. Naz.*, I: 159-379.
- Pearson D. L. & Cas sola F., 1992. World-wide species richness patterns of tiger beetles (Coleoptera: Cicindelidae): indicator taxon for biodiversity and conservation studies. *Conservation Biology*, 6: 376-391.
- Peet R. K., 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5: 285-307.
- Peterson, G., C.R. Allen and C.S. Holling. 1998. Ecological resilience, biodiversity and scale. *Ecosystems* 1: 6-18.
- Petit S. & Usher M.B., 1998. Biodiversity in agricultural landscapes: the ground beetle communities of wood uncultivated habitats. *Biodiversity and Conservation*, 7: 1549-1561.
- Phillips, O.L. 1997. The changing ecology of tropical forests. *Biodiversity and Conservation*, 6: 291-311.
- Phillips, O.L. et al. 2009. Drought sensitivity of the Amazon rainforest. *Science* 323: 1344-1347.
- Pielou E. C; 1975. *Ecological Diversity*. John Wiley and Sons, New York.
- Pignatti S., 1982. *Flora d'Italia*. V. I-II-III. Edagricole. Bologna.
- Platt H. M., Shaw K. M., Lambhead P. 1. D., 1984. Nematode species abundance patterns and their use in the detection of environmental perturbations. *Hydrobiologia*, 118: 59-66.
- Porta A., 1923-1959. *Fauna Coleoptorum Italica*. Vol. I (1923), Adephaga, Piacenza, 285 pp.; Supplementum (1934), Sanremo, 208 pp.; Supplementum II (1949), Sanremo, 386 pp.; Supplementum III (1959), Sanremo, 344.
- Pretzsch, H. 2005. Diversity and productivity in forests: evidence from long-term experimental plots. Pages 41-64 in M. Scherer-Lorenzen, C. Körner and E.-D. Schulze (eds.), *Forest diversity and function: temperate and boreal systems*. Springer, Berlin.
- Rainio J. & Niemela J., 2003. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation*, 12(3): 487-506.

- Renyi A., 1961. On measures of entropy and information. In Proceedings of the 4th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, vol.I (ed. I. Neyman), pp. 547-561. Berkeley, CA: University of California Press.
- Ribera I., Doledec S., Downie I.S., Foster G.N., 2001. Effect of land disturbance and stress on species traits of round beetle assemblages. *Ecology*, 82(4): 1112-1129.
- Ricklefs R. E., Lau M., 1980. Bias and dispersion of overlap indices: results of some Monte Carlo simulations. *Ecology*, 61: 1019-1024.
- Russo C., Petralia A., 2005. Variazione geografica delle dimensioni di individui di *Scarites laevigatus* Fabricius 1792 (Coleoptera, Carabidae) appartenenti a popolazioni separate nello spazio. Poster: XV Congresso della Società Italiana di Ecologia – Torino 2005.
- Sanders H.L., 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *American Naturalist*, 102: 243-282.
- Shah P.A., Brooks D.R., Ashb J.E., Perr J.N., Woiwod I.P., 2003. Diversity and abundance of the coleopteran fauna from organic and conventional management systems in southern England. *Agriculture and Forest Entomology*, 5: 51-60.
- Shaller F., 1949. *Nothiphilus biguttatus* F. (Col.) und *Japyx solifugus* Hol. (Diplura) als spezielle Collembolenrauber. *Zool. Jb. Syst.*, 78:294-296.
- Simberloff D., 1972. Properties of rarefaction diversity measurements. *American Naturalist*, 106: 414-15.
- Skuhrov V., 1959. Die Nahrung der Feldcarabiden. *Acta Soc. Ent. Cechoslov.*, 56 (1): 1-18.
- Smith E. P. & van Belle G., 1984. Non parametric estimation of species richness. *Biometrics*, 40: 119-129.
- Smith B. & Wilson J. B., 1996. A consumer's guide to evenness indices. *Oikos*, 76: 70-82.
- Sokal R. R. & Rohlf F. J., 1995. *Biometry*. 3rd edition. Freeman & co.
- Solow A R., 1993. A simple test for change in community structure. *J. Anim. Eco.*, 62(1), 191-193.
- Southwood T. R. E. & Henderson P. A., 2000. *Ecological Methods*. Third Edition. Blackwell Science.
- Spence J.R. & Niemela J., 1994. Sampling ground beetle assemblages with pitfall traps: the madness and the method. *The Canadian Entomologist*, 126: 881-894.
- Stoch F., Zoia S., Minelli A., Ruffo S., La Posta A., Vigna Taglianti A., 2004. Aggiornamenti alla Checklist delle specie della fauna italiana. Nuove norme.

- Stone, L., A. Gabric and T. Berman. 1996. Ecosystem resilience, stability, and productivity: Seeking a relationship. *Amer. Natur.* 148: 892-903
- Strong AM., Dickert C.A, Ross T.B., 2002. Ski trail effects on a beetle (Coleoptera, Carabidae, Elateridae) communit in Vermont. *Journal of Insect Conservation*, 6: 149-159.
- Sugihara, G. (1980) Minimal community structure: an explanation of species abundance patterns. *Amer. Nat.*, 116, 770-787
- Sustek Z., 1987. Changes in bod size structure of carabid communit (Coleoptera, Carabidae) along an urbanisation gradient. *Biologia (Bratislava)*, 42: 145-156.
- Talarico F., Romeo M., Massolo A., Brandmayr P., Zetto T., 2007. Morfometry and eye morphology in three species of *Carabus* (Coleoptera: Carabidae) in relation to habitat demands. 2007 The Authors. Journal compilation 2007 Blackwell Verlag, Berlin.
- Thiele H.D., 1977. Carabid beetles in their environment. *Zoophysiolog and ecology*, 10. Springer Verlag, Berlin.
- Tothmeresz B., 1995. Comparison of different methods for diversity ordering. *Journal of Vegetation Science*, 6: 283-290.
- Trautner J. & Geigenmuller K., 1987. Tiger beetles, Ground beetles. Illustrated keys to the Cicindelidae and Carabidae of Europe. Verlag Josef Margraf, Aichtel.
- Ubaldi D., Zanotti A. L., Puppi G., Speranza M., Corbetta F., 1987. Sintassonomia dei boschi caducifogli mesofili dell'Italia peninsulare. *Not. Fitosoc.*, 23: 31-62.
- Uhl, C. and J.B. Kauffman. 1999. Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazon. *Ecology* 71: 437-449.
- Underwood A.J. (1989) – The analysis of stress in natural populations. *Biological Journal of the Linnean Society*, 37: 51-78
- Vigna Taglianti A., 1993. Coleoptera Arcostemata, Adephaga I (Carabidae). In: Minelli A., Ruffo S. & La Posta S. (eds.), Checklist delle specie della fauna italiana, 44. Calderini, Bologna.
- Vigna Taglianti A., 2000. I Carabidi delle Isole Circumsarde (Coleoptera Carabidae). Estr. dagli Annali del Museo Civico di Storia Naturale "G.Doria". Vol. XCIII, 29 Giugno 2000.
- Vigna Taglianti A., 2004. Famil Carabidae. Fauna Europaea (web edition), www.faunaeur.org.
- Vigna Taglianti A, 2005. Distribuzione geografica e tipi corologici dei Carabidi italiani. In: I Coleotteri Carabidi per la valutazione ambientale e la eonservazione della biodiversita, pp. 74-82.
- Vigna Taglianti A, Audisio P.A, Belfiore c. Biondi M., Bologna M.A, Carpaneto G.M., De Biase A, De Felice S., Piatella E., Racheli T., Zapparoli M., Zoia S., 1993. Riflessioni di

gruppo sui corotipi fondamentali della fauna W-paleartica ed in particolare italiana. *Biogeographia* (n.s.), 16: 159-179.

Vigna Taglianti A, De Mei M., De Felici S., 1994. Comunità di Coleotteri Carabidi di formazioni forestali dell' Appennino tosco-emiliano (Coleoptera: Carabidae). *Atti XVII Congresso Nazionale Italiano di Entomologia*. Udine 13-18 giugno 1994: 451-456.

Vigna Taglianti A, Casale A, Fattorini S., 2002. I Carabidi di Sicilia e il loro significato biogeografico (Coleoptera, Carabidae). *Bollettino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali*, Catania, 35 (361): 435-464.

Vigna Taglianti A & Fattorini S., 2002. Aspetti biogeografici delle comunità di Carabidi (Coleoptera, Carabidae) dei sistemi costieri italiani. *Biogeographia* (n.s.), 22: 127-138.

Walker, B. and D. Salt. 2006. *Resilience thinking: sustaining ecosystems and people in a changing world*. Island Press, Washington, DC., USA.

Walker, B.H., C.S. Holling, S.R. Carpenter and A.P. Kinzig. 2004. Resilience, adaptability and transformability in socio-ecological systems. *Ecol and Society* 9: art. 5. Online at: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5>

Williams G., 1959. Seasonal and diurnal activity of Carabidae with particular reference to *Nebria*, *Nothiophilus*, *Feronia*. *J. animal ecol.*, 28: 309-330.

Wilson M. V. & Shmida A, 1984. Measuring beta diversity with presence/absence data. *J. Ecol.*, 72: 1055-1064.

Wolda H., 1981. Similarity indices, sample size and diversity. *Oecologia*, 50: 296-302.

Zanotti A. L., Ubaldi D., Corbetta F., Pirone G., 1993. Boschi submontani dell' Appennino Lucano Centro-Meridionale. *Annali di Botanica, Studi sul territorio*, volume 51, suppl, 10: 47-67.

Zetto Brandmayr T. & Brandmayr P., 1998. L'evoluzione nel comportamento nei Carabidi in relazione all'uso dello spazio. *Atti dell'Accademia Nazionale Italiana di Entomologia. Rendiconti*, Anno XLVI: 323-336.

Zetto Brandmayr T., 1976. Studi sulla fitofagia nei Carabidi: spermofagia larvale di *Ophonus arduus* L. (Coleoptera Carabidae). *Atti XI Congresso Nazionale Italiano di Entomologia*. Portici - Sorrento, 10-15 maggio 1976: 59-64.

Zunino M. & Zullini A., 2004. *Biogeografia. La dimensione spaziale dell'evoluzione*. 2° edizione. Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

APPENDICE A

Lunghezza (mm) degli attributi morfometrici di *Carabus lefebvrei* nella stazione OrLem (lecceta matura).

OrLem	Corpo	Elitra	Protorace	Testa
1	25	17	6,12	4,06
2	25,5	17	6,39	4,37
3	25	17	6,44	4,34
4	23	15,5	4,95	3,53
5	24,5	17	5,78	4,07
6	25,5	17,5	5,66	3,91
7	26	18	6,3	4,32
8	26	18	6,2	4,27
9	26,5	17,5	6,23	4,01
10	27,5	18	6,24	4,23

Maschi della stazione OrLem (lecceta matura)

OrLem	Corpo	Elitra	Protorace	Testa
1	31	20	7,33	4,81
2	29	18	6,84	4,47
3	30	19	7,39	4,83
4	29	18,5	6,98	4,49
5	28,5	17,5	6,76	4,37
6	27,5	17	6,25	4,33
7	28	18	6,62	4,42
8	28,5	18,5	6,69	4,53
9	29,5	17,5	6,67	4,3
10	29,5	19,5	6,67	4,45

Femmine stazione OrLem (lecceta matura)

APPENDICE B

Lunghezza (mm) degli attributi morfometrici di *Carabus lefebvrei* nella stazione OrNo (noccioleto).

OrNo	Corpo	Elitra	Protorace	Testa
1	23,9	14,9	5,15	3,59
2	24,1	15,0	5,33	4,08
3	25,0	15,5	6,09	4,2
4	25,2	15,0	5,83	4,19
5	24,5	15,5	5,19	3,78
6	23,2	13,0	5,52	3,8
7	26,2	16,5	5,54	3,68
8	24,1	15,0	5,66	4,01
9	24,7	14,3	6,08	3,8
10	26,3	18,1	6,39	4,33

Maschi della stazione OrNo (noccioleto)

OrNo	Corpo	Elitra	Protorace	Testa
1	26,3	15,5	6,1	4,24
2	29,5	17,2	6,75	4,88
3	26,2	15,2	5,52	4,2
4	28,9	15,9	6,54	4,44
5	28,0	16,3	6,16	4,4
6	26,1	16,6	5,81	4,41
7	27,3	17,6	6,35	4,47
8	27,3	17,2	6,09	4,22
9	27,5	17,5	6,39	4,38
10	29,3	18,2	6,77	4,68

Femmine della stazione OrNo (noccioleto)

APPENDICE C

Lunghezza (mm) degli attributi morfometrici di *Carabus lefebvrei* nella stazione OrFg (faggeta).

OrFg	Corpo	Elitra	Protorace	Testa
1	25,5	16,3	6,27	4,33
2	25,9	16	5,9	4,41
3	25,2	16,1	6,47	4,09
4	24,4	15,1	5,53	3,99
5	24,2	15,3	6,03	4,17
6	25,1	16,1	5,94	4,19
7	24,9	16	6,33	4,32
8	25,4	16,2	5,84	4,42
9	26,4	16,8	7,03	4,49
10	25,6	17,1	6,43	4,36

Maschi della stazione OrFg (faggeta)

OrFg	Corpo	Elitra	Protorace	Testa
1	26,5	16,4	6,23	4,22
2	25,1	16	6,43	4,26
3	26,3	16,7	6,07	4,24
4	26,8	17,1	6,31	4,31
5	26,7	17,3	6,74	4,37
6	28,4	19,5	6,72	4,56
7	27,1	17,6	6,02	4,18
8	29,5	18,5	7,41	4,75
9	27,3	17,3	6,4	4,46
10	29,2	19,7	7,3	4,78

Femmine della stazione OrFg (faggeta)

APPENDICE D

Lunghezza (mm) degli attributi morfometrici di *Carabus lefebvrei* nella stazione OrLemx (lecceta mista)

OrLemx	Corpo	Elitra	Protorace	Testa
1	26,5	16,8	6,38	4,33
2	24,4	16,1	5,84	3,87
3	24,2	15,5	5,3	4,1
4	24,5	15,2	5,5	4,2
5	24,5	15,2	6,03	3,85
6	26,9	16,9	6,72	4,34

Maschi della stazione OrLemx (lecceta mista)

OrLemx	Corpo	Elitra	Protorace	Testa
1	29	18	6,85	4,57
2	27,5	17	6,26	4,2
3	29,5	19	6,72	4,68
4	30,5	19,5	7,01	4,67
5	27	17	6,55	4,41
6	29,2	19,8	7,6	4,8

Femmine della stazione OrLemx (lecceta mista)

CORO_CODIC	CORO_NOME	CORO_SIGLA	CORO_CATEG	CORO_DESCR
0.01	Cosmopolita	COS	V	
1.01	Olartico	OLA	V	1.01 Olartico. Corotipo di specie distribuite sia nella regione paleartica sia in quella neartica.
1.02	Paleartico	PAL	V	1.02 Paleartico. Corotipo di specie ampiamente distribuite nella regione paleartica: continente eurasiatico, a Sud fino alla catena himalayana. Africa a Nord del Sahara e Macaronesia.
1.03	W-Paleartico	WPA	V	1.03 W-Paleartico. Corotipo di specie ampiamente distribuite in Europa fino agli Urali. Caucaso. Anatolia. Iran. Medio Oriente (area siro-palestinese). Nord Africa e Macaronesia.
1.04	Asiatico-Europeo	ASE	IV	1.04 Asiatico-Europeo. Corotipo di specie ampiamente distribuite nel continente eurasiatico a Sud fino alla catena himalayana.
1.05	Sibirico-Europeo	SIE	IV	1.05 Sibirico-Europeo. Corotipo di specie distribuite nella fascia siberiana ed in Europa con possibili estensioni nelle aree montane dell'Asia occidentale. A questo corotipo vanno riferite anche specie a distribuzione più limitata. Sibirico-N-Europea opp
1.06	Centroasiatico-Europeo-Mediterraneo	CEM	IV	1.06 Centroasiatico-Europeo-Mediterraneo. Corotipo di specie distribuite dal deserto di Gobi alla depressione caspica. Iran. Medio Oriente. Anatolia. Caucaso. Europa (per lo più centromeridionale). Nord Africa.
1.07	Centroasiatico-Europeo	CAE	IV	1.07 Centroasiatico-Europeo. Come 1.06. escluso il Nord Africa.
1.08	Centroasiatico-Mediterraneo	CAM	IV	1.08 Centroasiatico-Mediterraneo. Come 1.06. esclusa l'Europa centrale.
1.09	Turanico-Europeo-Mediterraneo	TEM	IV	1.09 Turanico-Europeo-Mediterraneo. Corotipo di specie distribuite in Europa (per lo più centromeridionale). Nord Africa. Medio Oriente. Anatolia. Caucaso. Iran e Turkestan occidentale.
1.10	Turanico-Europeo	TUE	IV	1.10 Turanico-Europeo. Come il corotipo 1.09. escluso il Nord Africa. A questo corotipo vanno riferite anche le specie a distribuzione Turanico-Sarrnatico-Pannonica e Pontico-Pannonica.
1.11	Turanico-Mediterraneo	TUM	IV	1.11 Turanico-Mediterraneo. Come il corotipo 1.09. esclusa l'Europa centrale. A questo corotipo vanno riferite anche le specie a distribuzione Turanico-Anatolica. Iranico-Anatolica e Pontica.
1.12	Europeo-Mediterraneo	EUM	III _m	1.12 Europeo-Mediterraneo. Corotipo di specie presenti in Europa centro-meridionale e nel bacino del Mediterraneo.
2.01	Europeo	EUR	III	2.01 Europeo. Corotipo di specie ampiamente distribuite in Europa. Si possono avere distribuzioni di tipo Europeo con areali marginalmente ampliati all'Anatolia, al Caucaso, al Maghreb ed alla Macaronesia.
2.02	N-Europeo	NEU	III	2.02 N-Europeo. Corotipo di specie distribuite in Europa settentrionale, approssimativamente dallo Jutland agli Urali.
2.03	Centroeuropeo	CEU	III	2.03 Centroeuropeo. Corotipo di specie distribuite dai lembi meridionali della penisola scandinava alla pianura padana e dal bacino del Reno all'Ucraina (rialto centrale russo e bacino del Don). Si possono avere distribuzioni di tipo Centroeuropeo estese
2.03_1	Alpino		II	
2.03_1.1	Alpino-stenoendemico		I	
2.03_2	Alpino-Appenninico	CEU	II	
2.04	S-Europeo	SEU	III	2.04 S-Europeo. Corotipo di specie distribuite in Europa meridionale, a Nord fino al bacino della Loira, all'arco alpino ad ai Carpazi. Anche questo corotipo può presentare le stesse estensioni marginali di quello Europeo e si possono avere distribuzioni

2.04_1	Appenninico	SEU	II	
2.04_1.1	Appenninico-stenoendemico	SEU	I	
2.05	W-Europeo	WEU	III	2.05 W-Europeo. Corotipo di specie distribuite approssimativamente nell'area compresa tra la penisola scandinava e quella iberica. limitata ad Est dalle valli del Reno e del Rodano. a Sud dalla valle del Tajo. Sono comprese le isole britanniche.
2.06	E-Europeo	EEU	III	2.06 E-Europeo. Corotipo di specie distribuite nell'area del bassopiano sarmatico. approssimativamente delimitata ad occidente dal bacino della Vistola e dai Carpazi. ad oriente dagli Urali.
3.01	Mediterraneo	MED	III _m	3.01 Mediterraneo. Corotipo di specie distribuite intorno al bacino del Mediterraneo. Si possono avere distribuzioni di tipo Mediterraneo con areali ampliati alla Macaronesia. all'area atlantica. al Sahara e all'Iran.
3.02	W-Mediterraneo	WME	III _m	3.02 W-Mediterraneo. Corotipo di specie distribuite nell'area del Mediterraneo ad Ovest delta penisola italiana e del golfo della Sirte. Si possono avere distribuzioni di tipo W-Mediterraneo con limitate estensioni nell'area atlantica o sahariana.
3.02_1	Tirrenico		II _m	
3.02_2	Sardo-corso		II _m	
3.03	E-Mediterraneo	EME	III _m	3.03 E-Mediterraneo. Corotipo di specie distribuite nell'area del Mediterraneo ad Est della penisola italiana e del golfo della Sirte. fino al Mar Nero parzialmente incluso. Si possono avere distribuzioni di tipo E-Mediterraneo con estensioni nell'area ir
3.03_1	Appenninico-dinarico		III _m	
3.04	N-Africano	NAF	III _m	3.04 N-Africano. Corotipo di specie distribuite nell'Africa a Nord del Sahara. con possibili. limitate. estensioni ad aree timitrofe.
3.04_1	Siculo		II _m	
4.01	Afrotropicale-Indiano-Mediterraneo	AIM	IV	4.01 Afrotropicale-Indiano-Mediterraneo. Corotipo di specie distribuite nelle regioni afrotropicale ed orientale e presenti nell'area mediterranea.
4.02	Afrotropicale-Mediterraneo	AFM	IV	4.02 Afrotropicale-Mediterraneo. Corotipo di specie distribuite nella regione afrotropicale e presenti nell'area mediterranea.
4.03	Indiano-Mediterraneo	INM	IV	4.03 Indiano-Mediterraneo. Corotipo di specie distribuite nella regione orientale e presenti nell'area mediterranea.
5.01	Asiatico	ASI	IV	5.01 Asiatico. Corotipo di specie distribuite nell'Asia. a Sud fino alta catena himalayana e ad Ovest fino agli Urali ed al Turkestan.
5.02	Sibirico	SIB	IV	5.02 Sibirico. Corotipo di specie distribuite nella fascia siberiana. ad Ovest fino agli Urali.
5.03	Centroasiatico	CAS	IV	5.03 Centroasiatico. Corotipo di specie distribuite nell'Asia centrale. dal deserto di Gobi alla depressione caspica. A questo corotipo vanno riferite anche le specie a distribuzione Turanica. limitate al Turkestan.
5.04	Sahariano-Sindico	SAS	IV	5.04 Sahariano-Sindico. Corotipo di specie distribuite dalla fascia sahariana all'Indo.
5.05	Sahariano	SAH	IV	5.05 Sahariano. Corotipo di specie distribuite nel Sahara. dalle coste atlantiche al Mar Rosso.
5.06	Arabico	ARA	IV	5.06 Arabico. Corotipo di specie distribuite dal Mar Rosso al Golfo Persico.

Ringraziamenti

Desidero ringraziare il Prof. Brandmayr per tutto ciò che mi ha insegnato nel corso dello svolgimento del dottorato, consentendomi di acquisire le chiavi di lettura per avvicinarmi allo studio dei Carabidi.

Un doveroso grazie va alla grande disponibilità dei Dott. Maria Sapia, Antonio Mazzei e Stefano Scalercio, che mi hanno aiutato nelle varie fasi della ricerca.

Ringrazio inoltre il Prof. Augusto Vigna Taglianti e il Dott. Paolo Bonavita per avermi aiutato nella determinazione dei campioni e il dott. Gabor Lovei per l'esperienza altamente formativa che ho avuto occasione di realizzare durante il mio soggiorno in Danimarca.

Ringrazio inoltre la dott.ssa Teresa Bonacci, il Prof. Toni Mingozi e la dott.ssa Anita Giglio per i numerosi consigli profferiti durante lo svolgimento del dottorato.

Un grazie va anche a tutti gli amici del Dipartimento, che attraverso consigli, aiuti pratici e quant'altro mi hanno accompagnato nel corso dello studio.