

doi.org/10.83114/reticula40/02

## IMPOLLINATORI AL BUIO: CAMPIONAMENTO STANDARDIZZATO DEI LEPIDOTTERI NOTTURNI NEI PARCHI NAZIONALI DI CALABRIA E BASILICATA

[Marco Infusino](#)<sup>1,3</sup>, Orlando Campolo<sup>2</sup>, Giuseppe Dodaro<sup>3</sup>, Sara La Cava<sup>1,8</sup>, Ilaria Latella<sup>2</sup>, Giuseppe Luzzi<sup>4</sup>, Luca Pelle<sup>5</sup>, Francesco Rotondaro<sup>6</sup>, Ilario Treccosti<sup>7</sup>, Giada Zucco<sup>1,2</sup>, Stefano Scalercio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CREA - Centro di ricerca Foreste e Legno, <sup>2</sup>Dipartimento di Agraria - Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, <sup>3</sup>Fondazione Sviluppo Sostenibile, <sup>4</sup>Parco Nazionale dell'Appennino Lucano Val D'Agri-Lagonegrese, <sup>5</sup>Parco Nazionale dell'Aspromonte, <sup>6</sup>Parco Nazionale del Pollino, <sup>7</sup>Parco Nazionale della Sila, <sup>8</sup>Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra, Università degli Studi della Calabria

**Abstract:** Le falene svolgono un ruolo cruciale nei processi di impollinazione, soprattutto in ecosistemi forestali, ma solo negli ultimi anni, grazie al progetto Impollinatori nei Parchi Nazionali, è stato definito un protocollo standard sperimentale di campionamento. Questo lavoro presenta i primi risultati di monitoraggi di lepidotteri notturni eseguiti con queste modalità standardizzate in quattro Parchi Nazionali di Calabria e Basilicata, condotti nel 2023-2024 con trappole luminose UV-LED. Sono state censite oltre 500 specie, con il massimo di ricchezza nel Pollino (335) e valori più bassi in Aspromonte (129). Le analisi hanno stimato una copertura di circa l'80% della fauna potenziale, confermando la validità dei protocolli condivisi utilizzati ma anche la necessità di perfezionarli ed estenderli a scala nazionale.

**Parole chiave:** condivisione degli schemi di monitoraggio, biodiversità, bioindicatore, gestione Aree protette.

## **POLLINATORS IN THE DARK: STANDARDISED SAMPLING OF NOCTURNAL LEPIDOPTERA IN NATIONAL PARKS OF CALABRIA AND BASILICATA**

[Marco Infusino](#)<sup>1,3</sup>, Orlando Campolo<sup>2</sup>, Giuseppe Dodaro<sup>3</sup>, Sara La Cava<sup>1,8</sup>, Ilaria Latella<sup>2</sup>, Giuseppe Luzzi<sup>4</sup>, Luca Pelle<sup>5</sup>, Francesco Rotondaro<sup>6</sup>, Ilario Treccosti<sup>7</sup>, Giada Zucco<sup>1,2</sup>, Stefano Scalercio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Council for Agricultural Research and Agricultural Economics Analysis – Research Center of Forestry and Wood, <sup>2</sup>Department of Agriculture, Mediterranean University of Reggio Calabria, <sup>3</sup>Sustainable Development Foundation, <sup>4</sup>Appennino Lucano Val D’Agri - Lagonegrese National Park, <sup>5</sup>Aspromonte National Park, <sup>6</sup>Pollino National Park, <sup>7</sup>Sila National Park, <sup>8</sup>Department of Biology, Ecology and Earth Science, University of Calabria

**Abstract:** Moths play a crucial role in pollination processes, particularly within forest ecosystems. However, only in recent years - thanks to the “Pollinators in National Parks” project - an experimental standard sampling protocol has been established. This paper presents the first results of nocturnal Lepidoptera monitoring conducted using these standardised methods in four National Parks of Calabria and Basilicata during 2023–2024, using UV-LED light traps. Over 500 species were recorded, with the highest diversity found in Pollino (335) and the lowest in Aspromonte (129). Analyses estimated a coverage of approximately 80% of the potential fauna, confirming the validity of the shared protocols adopted, while also highlighting the need to refine them and extend their application at a national scale.

**Key words:** sharing of monitoring schemes, biodiversity, bioindicator, protected Areas management.

## INTRODUZIONE

Gli impollinatori svolgono un ruolo essenziale nelle reti ecologiche e, al contempo, offrono preziosi servizi ecosistemici e benefici per l'uomo. La gran parte dei fiori selvatici e delle colture nelle zone temperate, infatti, dipendono dall'impollinazione realizzata dagli insetti: si calcola che, nella sola Unione Europea, il contributo fornito annualmente all'agricoltura da quelli impollinatori ammonta a circa 15 miliardi di euro (Potts et al., 2015). Elevati livelli di biodiversità, in special modo quella relativa alle comunità entomologiche, contribuiscono notevolmente alla produttività del settore agricolo, soprattutto per gli agroecosistemi di medie e piccole dimensioni (Garibaldi et al., 2016). Tuttavia, negli ultimi decenni si è assistito a un forte declino nella quantità e nella diversità degli impollinatori selvatici (Potts et al., 2016). Questo fenomeno interessa in realtà tutti gli insetti, come confermato dalla valutazione globale sul loro stato di Sánchez-Bayo e Wyckhuys (2019), secondo cui circa il 40% delle specie è a rischio di estinzione, con lepidotteri, apoidei e coleotteri tra i più colpiti.

La perdita di biodiversità tra gli insetti, in particolare gli impollinatori, rappresenta una concreta minaccia globale al pari dei cambiamenti climatici. A partire dal 2018, l'Unione Europea ha prodotto una serie di iniziative volte alla protezione degli impollinatori. Nel 2023, alla luce dei risultati poco incoraggianti della "Relazione speciale sulla protezione degli impollinatori selvatici" (Corte dei conti europea, 2020), l'UE ha aggiornato la normativa sul ripristino della natura revisionando proprio le iniziative a favore degli impollinatori. Al primo punto tra le priorità figura il miglioramento delle conoscenze e delle cause del declino degli

impollinatori da realizzarsi anche mediante "l'elaborazione e la verifica di una metodologia standardizzata per un sistema di monitoraggio degli impollinatori a livello dell'UE" (COM(2023) 35 final). Tra gli aggiornamenti normativi va citato, in primo luogo, il [Regolamento \(UE\) 2024/1991](#) sul ripristino della natura, che stabilisce obiettivi e obblighi precisi per preservare la biodiversità degli impollinatori, e il recentissimo [Regolamento Delegato \(UE\) 2025/2188](#), che integra il precedente, stabilendo un metodo scientifico di monitoraggio per vari gruppi faunistici di insetti impollinatori. Nello specifico, il protocollo indicato per le falene è analogo a quello definito per lo stesso gruppo nel progetto impollinatori nei Parchi Nazionali, pubblicato negli Allegati della Direttiva Biodiversità 2024 - 2025, di seguito descritti.

In questo contesto si inseriscono le [Direttive del Ministro dell'Ambiente agli Enti Parco Nazionali e alle Aree Marine protette per l'indirizzo delle attività dirette alla conservazione della biodiversità](#) (nelle successive versioni 2019, 2021, 2022-2024, 2024-2025). Tali Direttive sono state implementate con il supporto tecnico-scientifico di ISPRA e con la collaborazione dell'Università di Torino con cui è stato sviluppato un protocollo nazionale per il monitoraggio degli insetti impollinatori in linea con gli obiettivi e con i metodi europei (EUPoMS). Il protocollo fornisce indicazioni chiare e metodi standardizzati per raccogliere dati scientifici affidabili sulla presenza e l'abbondanza degli Apoidei (in particolare delle api selvatiche), dei Lepidotteri diurni, dei Sirfidi e delle Falene, nei diversi ambienti naturali e agricoli del nostro Paese ([Allegato alla Direttiva 2024-2025](#)). La

standardizzazione dei metodi di monitoraggio è fondamentale per poter ottenere informazioni confrontabili tra aree diverse, minimizzando il numero di variabili che possono influire sui risultati dei campionamenti.

Sebbene il ruolo di apoidei e farfalle nell'impollinazione sia ampiamente riconosciuto e valorizzato anche dall'opinione pubblica, quello delle falene rimane in gran parte trascurato. Attive prevalentemente nelle ore notturne, le falene rivestono una importanza cruciale per l'impollinazione di specie vegetali i cui fiori si schiudono dopo il tramonto. Evidenze scientifiche recenti indicano, inoltre, che in numerosi casi esse si rivelano impollinatori efficaci quanto i lepidotteri diurni, e talvolta persino di più ([Anderson et al., 2023](#)). Inoltre, le falene mostrano valori di abbondanza decisamente importanti nelle foreste ([Greco et al., 2017, 2018](#); [Infusino e Scalericio, 2018](#); [Infusino et al., 2016, 2017b, 2018](#)) nei cui ecosistemi assumono un ruolo chiave per l'impollinazione.

In questo lavoro vengono presentati i primi risultati dei campionamenti standardizzati di lepidotteri notturni effettuati in quattro Parchi Nazionali (PN) tra Calabria e Sicilia: PN dell'Appennino Lucano e Val D'Agri – Lagonegrese, PN del Pollino, PN della Sila, PN dell'Aspromonte. In tutti questi comprensori si alternano territori a vocazione agrosilvopastorale e aree naturali ancora ben conservate.

Come già anticipato, a differenza degli altri impollinatori, per i lepidotteri notturni solo negli ultimi anni si sta definendo un protocollo standard e condiviso per il loro monitoraggio. Fino ad ora nelle ricerche che più comunemente hanno previsto l'utilizzo di

trappole, le fonti luminose sono state di vario genere (a incandescenza, a luce miscelata, tubi fluorescenti a luce attinica, lampade di Wood e LED), con diverse potenze e diversi design delle trappole ([Intachat e Woiwod, 1999](#); [Axmacher e Fiedler, 2004](#); [Brehm e Axmacher, 2005](#); [Beck e Linsenmair, 2006](#); [Jonason et al., 2014](#)). I monitoraggi svolti nell'ambito del presente studio, dunque, rappresentano una prima applicazione della indicazioni contenute nel protocollo messo a punto da ISPRA, dall'Università di Torino e dall'[Associazione Lepidotterologica Italiana \(ALI\)](#) in riferimento al monitoraggio dei lepidotteri notturni. Pur risentendo del carattere sperimentale delle ricerche, soprattutto per quanto riguarda le differenze nello sforzo di campionamento, i risultati ottenuti danno un primo quadro di confronto della biodiversità ospitata in questo ampio territorio e offrono indicazioni e suggerimenti per migliorare l'efficacia e la confrontabilità dei monitoraggi.

## AREE DI STUDIO

Gli studi hanno riguardato i tre Parchi Nazionali della Calabria e il Parco dell'Appennino Lucano che ha un territorio di fatto in continuità col versante settentrionale del Parco del Pollino, quasi al centro geografico del Mediterraneo (Figura 1). Le quattro aree rappresentano le zone montuose più meridionali della penisola italiana e hanno caratteristiche molto diverse: oltre alla diversa collocazione latitudinale, differiscono per substrato e storia geologica, geomorfologie dominanti, clima e composizione florofaunistica. Si passa dagli ambienti fortemente submediterranei dell'Aspromonte alle alte quote del Pollino dove le caratteristiche di submediterraneità sono estremamente deboli

(Pesaresi et al., 2017). Il Pollino, in particolare, costituisce per molte specie un'importante barriera biogeografica, ma tutti i massicci coinvolti hanno rappresentato aree rifugio nei passati periodi glaciali, il che ha portato all'isolamento delle popolazioni di diverse

specie, a volte con disgiunzioni di areale piuttosto importanti, basti pensare al pino loricato (*Pinus heldreichii* H.Christ) sul Pollino, *Brenthis ino* (Rottemburg, 1775) e *Zygaena nevadensis* Rambur, 1858 in Sila o *Parnassius apollo* (Linnaeus, 1758) in Aspromonte, solo per fare alcuni esempi.

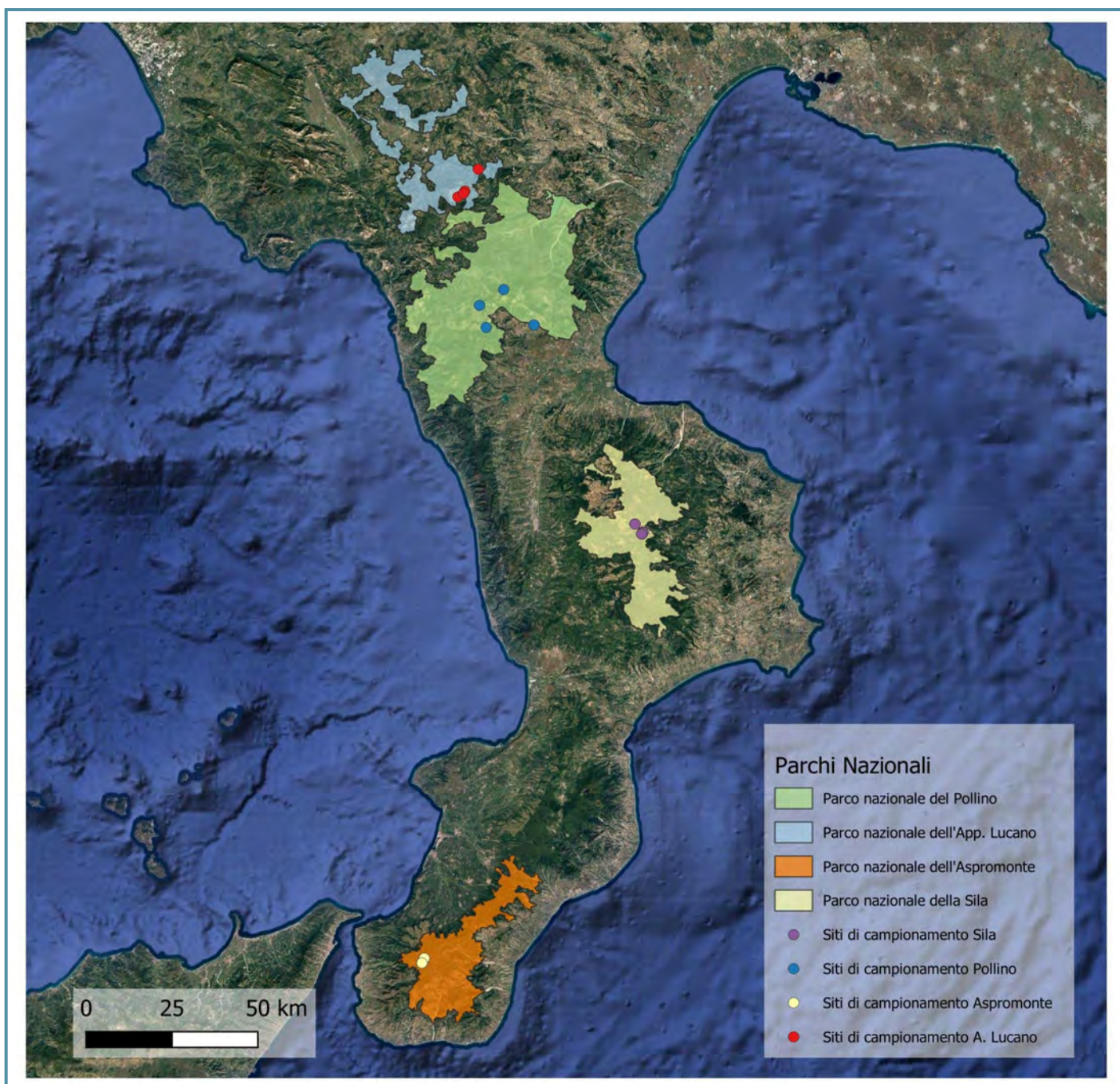


Figura 1. Inquadramento geografico dei Parchi Nazionali e dei rispettivi siti di campionamento coinvolti dello studio (fonte: elaborazione degli Autori).

Di seguito e nella Tabella 1 sono riportate le principali caratteristiche ambientali dei siti di campionamento, insieme ai relativi dati geografici.

### **Parco Nazionale dell'Appennino Lucano Val D'Agri - Lagonegrese**

Sono stati individuati 4 siti di campionamento tra la Val D'Agri e Monte Raparo, nella zona meridionale del Parco, di cui 2 (PNAL04 e PNAL08), corrispondenti ai transetti per il monitoraggio degli impollinatori diurni del progetto Impollinatori descritto nella Comunicazione breve "Il Monitoraggio degli insetti impollinatori nei Parchi Nazionali italiani" pubblicata nella presente monografia, con caratteristiche più ecotonali e di margine boschivo, e 2 (PNALVAL009 e PNALVAL010) in querceti a *Quercus cerris* L. Ad eccezione del sito PNAL04 posto a poco meno di 400 m di quota, gli altri sono tutti collocati attorno ai 1.000 m s.l.m.

### **Parco Nazionale del Pollino**

I campionamenti hanno interessato 4 siti del versante meridionale del Massiccio del Pollino, a cavallo del confine tra Calabria e Basilicata. I siti, collocati a quote diverse tra i 500 e i quasi 1.500 m s.l.m., sono stati scelti in modo da coprire alcune delle tipologie di habitat caratteristici del Parco: praterie steppiche, praterie d'alta quota, faggete e un ambiente a mosaico che comprende una pineta, garighe e terreni coltivati. I siti T1 e T2 corrispondono a transetti individuati anche per il monitoraggio degli impollinatori diurni, del già citato progetto Impollinatori, e sono relativi ad aree aperte prevalentemente prative, mentre T3 e T4 sono stati posizionati in habitat con vegetazione arborea più consistente.

### **Parco Nazionale della Sila**

I campionamenti sono stati realizzati in tre aree forestali di *Pinus nigra* J.F.Arnold subsp. *laricio* Palib. ex-Maire della Sila Grande, nell'area centrale del Parco Nazionale della Sila a circa 1.300 m di quota, con diverse tipologie di conduzione del bosco: un rimboschimento di 30 anni (SL\_SIM1-6), una foresta naturale matura (SL\_SIM7-8), una foresta matura sottoposta a taglio selettivo (SL\_SIM9-10). A sua volta, il rimboschimento è stato suddiviso in una zona non diradata (SL\_SIM1-2), una con diradamento in corso (SL\_SIM3-4), una diradata da due anni (SL\_SIM5-6). In totale sono stati quindi selezionati 5 siti di campionamento, ciascuno con due trappole installate: uno nella foresta naturale matura, uno nella foresta semi-naturale soggetta a taglio selettivo, tre nel rimboschimento, ognuno corrispondente a uno stadio di diradamento diverso. In relazione al progetto Impollinatori descritto nella Comunicazione breve, nessuna di queste trappole è stata collocata in corrispondenza dei transetti per le farfalle in modo da campionare gli impollinatori degli ambienti forestali non coperti dal campionamento degli impollinatori diurni.

### **Parco Nazionale dell'Aspromonte**

Nel Parco Nazionale dell'Aspromonte il monitoraggio dei lepidotteri notturni è stato condotto in tre siti distinti, tutti ubicati in boschi misti di faggio (*Fagus sylvatica* L.) e abete bianco (*Abies alba* Mill.), con esposizione a sud e a quote comprese tra 1.594 e 1.741 metri s.l.m. Per il monitoraggio sono state utilizzate trappole UV-LED, con una sola trappola installata per ciascun sito.

Tabella 1. Dati descrittivi e identificativi dei siti di trappolamento per il monitoraggio dei lepidotteri notturni (fonte: elaborazione degli Autori).

ID Trappola	Coordinate UTM	Quota (m) s.l.m.	Esposizione	Descrizione
<b>Parco dell'Appennino Lucano</b>				
PNAL04	591273 E 4457066 N	370	NE	Margine fra area coltivata e bosco ripario.
PNAL08	585346 E 4448823 N	1.090	SE	Sentiero in habitat ecotonale.
PNAL-VAL009	587356 E 4450537 N	945	SE	Bosco di <i>Quercus cerris</i> .
PNAL-VAL010	586982 E 4449878 N	960	E	Bosco di <i>Quercus cerris</i> con <i>Abies alba</i> .
<b>Parco del Pollino</b>				
T1	607524 E 4410807 N	535	S	Prateria steppica con prevalenza di Poaceae, Asteracee e piante di <i>Pyrus</i> sp., adiacente a una pineta da rimboschimento a <i>Pinus</i> spp.
T2	593555 E 4410045 N	1.025	SE	Piccola conoide da frana. Gariga secca a prevalenza di Poaceae, Asteraceae e arbusti mediterranei. Presenza di campi coltivati e pinete a <i>Pinus nigra</i> subsp. <i>laricio</i> .
T3	591646 E 4416619 N	1.390	S	Faggeta.
T4	598680 E 4421347 N	1.462	S	Prateria d'alta quota in faggeta con formazioni erbose calcicole sub-alpine e arbusti a prevalenza di <i>Juniperus communis</i> .
<b>Parco della Sila</b>				
SL_SIM1	639062 E 4349132 N	1.335	SE	Rimboschimento a <i>Pinus nigra</i> subsp. <i>laricio</i> non diradato.
SL_SIM2	639070 E 4349177 N	1.330	SE	Rimboschimento a <i>Pinus nigra</i> subsp. <i>laricio</i> non diradato.
SL_SIM3	639111 E 4349288 N	1.325	SE	Rimboschimento a <i>Pinus nigra</i> subsp. <i>laricio</i> con diradamento in corso.
SL_SIM4	639214 E 4349346 N	1.325	SE	Rimboschimento a <i>Pinus nigra</i> subsp. <i>laricio</i> con diradamento in corso.
SL_SIM5	639233 E 4349224 N	1.320	SE	Rimboschimento a <i>Pinus nigra</i> subsp. <i>laricio</i> diradato da 2 anni.
SL_SIM6	639294 E 4349225 N	1.315	SE	Rimboschimento a <i>Pinus nigra</i> subsp. <i>laricio</i> non diradato da 2 anni.
SL_SIM7	638906 E 4348707 N	1.345	NE	Foresta naturale matura a <i>Pinus nigra</i> subsp. <i>laricio</i> .
SL_SIM8	638845 E 4348740 N	1.350	NE	Foresta naturale matura a <i>Pinus nigra</i> subsp. <i>laricio</i> .
SL_SIM9	636903 E 4351714 N	1.370	SE	Foresta naturale matura a <i>Pinus nigra</i> subsp. <i>laricio</i> sottoposta a taglio selettivo.
SL_SIM10	636938 E 4351670 N	1.340	SE	Foresta naturale matura a <i>Pinus nigra</i> subsp. <i>laricio</i> sottoposta a taglio selettivo.
<b>Parco dell'Aspromonte</b>				
TRAPP1	575159 E 4221625 N	1.629	S	Bosco misto (Faggio/Abete bianco).
TRAPP2	575546 E 4222738 N	1.741	S	Bosco misto (Faggio/Abete bianco).
TRAPP3	574849 E 4221348 N	1.594	S	Bosco misto (Faggio/Abete bianco).

## MATERIALI E METODI

In tutte le aree e per tutti i campionamenti è stata utilizzata la stessa tipologia di trappola luminosa. Per la precisione si tratta di trappole di tipo *Heath Traps* equipaggiate con strisce di LED UV (315–400 nm, angolo di luce di 120°), alimentate da una batteria (15 A, 12 V), utilizzando un esalatore di acetato di etile come agente letale, posizionato nel contenitore di raccolta sin dall'inizio del campionamento. Le trappole venivano sistemate su supporti metallici in modo da porsi a circa 1.30 m dal suolo e attivate una volta al mese prima del crepuscolo e disinstallate la mattina seguente (Figura 2a). Questo tipo di trappola ha dimostrato una buona efficacia, robustezza e praticità d'uso ([Infusino et al., 2017a](#)); la sua capacità attrattiva ha un raggio d'azione di circa 15-20m garantendo il campionamento delle comunità effettivamente ospitate anche in habitat frammentati o di dimensioni limitate, riducendo al minimo necessario il prelievo di individui. Le notti di campionamento sono state selezionate in base a condizioni favorevoli al volo dei lepidotteri eteroceri: temperature non troppo basse, vento debole, assenza o bassa probabilità di pioggia, e nei giorni attorno alla fase di luna nuova per massimizzare l'effetto della luce. I campionamenti sono stati effettuati all'incirca tra maggio e ottobre del 2023 e 2024. Sono stati presi in considerazione solo gli esemplari presenti all'interno delle trappole (Figura 2b) che sono stati raccolti in piccoli contenitori con carta assorbente e trasportati presso il laboratorio di Gestione Faunistica e Biodiversità Forestale nel Centro di Ricerca Foreste e Legno di Rende (CS) per i campioni provenienti da Appennino Lucano, Pollino e Sila e presso il Dipartimento di Agraria

dell'Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria per quelli raccolti in Aspromonte. Gli esemplari venivano successivamente smistati, identificati ed eventualmente preparati in laboratorio e conservati in apposite scatole entomologiche nelle collezioni scientifiche. Per alcune specie è stata necessaria l'estrazione degli organi genitali per una corretta identificazione.

Il numero di trappole e i periodi di monitoraggio sono stati variabili nei diversi Parchi (Tabella 2a): in questa fase sperimentale, infatti, le amministrazioni dei vari enti gestori hanno dovuto implementare il monitoraggio dei lepidotteri notturni secondariamente a progetti già in essere, con comprensibili difficoltà organizzative e burocratico-amministrative, di conseguenza non è stato possibile sincronizzare l'avvio dei monitoraggi e anche lo sforzo di campionamento è stato difforme nei diversi comprensori. Ciononostante, i dati raccolti possono essere confrontati sia in termini di biodiversità che di composizione delle comunità grazie all'utilizzo delle medesime trappole luminose. Le metodologie seguite sono in linea con quelle indicate nell'[Allegato alla Direttiva 2024-2025](#).

I dati quali-quantitativi raccolti sono stati registrati e digitalizzati rendendoli disponibili per le ulteriori analisi statistiche operate con il *software* Past 4.17. Nello specifico, si è provveduto all'analisi della diversità applicando gli indici di *Shannon* (H), *Equipartizione* (J), *Fisher  $\alpha$*  e *CHAO-1*, alla costruzione di curve di rarefazione per il confronto della diversità di campioni ottenuti con un differente sforzo di campionamento e allo studio delle differenze in termini di composizione delle comunità tramite *Non-Metric Multidimensional Scaling analysis* (NMDS).



Figura 2. (a) Trappola luminosa UV-LED in funzione in uno dei siti di monitoraggio; (b) Contenuto di una delle trappole alla fine del campionamento (foto di M. Infusino).

## RISULTATI

In totale sono state censite 525 specie e più di 28.000 individui. L'area che ha fatto registrare il maggior numero di specie ( $S=335$ ) è quella del Parco del Pollino, seguita dal Parco della Sila ( $S=307$ ), dal Parco dell'Appennino Lucano ( $S=249$ ) e dal Parco dell'Aspromonte ( $S=129$ ). Le pinete della Sila si distinguono dalle altre aree campionate per la notevole abbondanza di individui ( $>17.000$  ess.), una biomassa tre volte maggiore alle altre aree, quasi metà della quale dovuta a

*Thaumetopoea pityocampa* ([Denis & Schiffermüller], 1775). Gli indici di diversità (Tabella 2a; Figura 3a), soprattutto quello di Fisher  $\alpha$  meno condizionato dalle dimensioni dei campioni, seguono all'incirca il numero di specie, con l'importante eccezione della Sila che risente di una bassa ripartizione delle abbondanze relative, dovuta essenzialmente all'abbondanza proprio della processionaria del pino, evidentemente in fase di esplosione demografica.

Tabella 2. (a) Numero di trappole e periodi di campionamento, numero di specie e di individui catturati e valori di diversità calcolati mediante gli indici di Shannon, Fisher  $\alpha$  e CHAO-1 nelle 4 aree di studio; (b) Elenco delle specie di particolare interesse faunistico o conservazionistico rilevate nelle 4 aree di studio (fonte: elaborazione degli Autori).

<b>(a) Analisi della diversità</b>					
	App. Lucano	Pollino	Sila	Aspromonte	
Sforzo di campionamento	4 traps: VI-IX.2024	3 traps: VI-IX.2023 4 traps: V-IX.2024	10 traps: IV-X.2022	3 traps: V-IX.2023/24	
Numero di specie (S)	249	335	307	129	
Individui	3.238	4.852	17.232	2.822	
Shannon (H)	4,564	4,79	3,075	3,758	
Equitability (J)	0,8272	0,8239	0,537	0,7733	
Fisher_alpha	62,86	81,69	53,06	27,88	
Chao-1	302	422	355	156	
<b>(b) Specie di rilievo faunistico/conservazionistico</b>					
	App. Lucano	Pollino	Sila	Aspromonte	Note
<i>Agrotis lata</i> Treitschke, 1835	-	2 ess.	-	-	Specie rara; le segnalazioni per la Calabria sono le uniche per l'Italia continentale
<i>Amata ragazzii</i> (Turati, 1917)	1 es.	1 es.	-	-	Endemica dell'Appennino centro-meridionale
<i>Atethmia ambusta</i> (Geyer, 1831)	1 es.	2 ess.	-	-	Rara, presente con grande discontinuità in Italia centro-meridionale
<i>Chesias capriata</i> Prout, 1904	-	-	1 es.	-	Endemismo dell'Italia centromeridionale, Sicilia e Sardegna
<i>Clemathada calberlai</i> (Staudinger, 1883)	27 ess.	37 ess.	1 es.	-	Endemismo alpino-appennino-siculo
<i>Euplagia quadripunctaria</i> (Poda, 1761)	-	8 ess.	-	-	Specie prioritaria inserita negli All. II e IV della DH
<i>Hemistola siciliana</i> Prout, 1935	2 ess.	3 ess.	1 es.	-	Endemita sud-appennino-siculo
<i>Hydriomena sanfilensis</i> (Stauder, 1915)	-	-	8 ess.	-	Endemismo sud-appenninico
<i>Hylaea mediterranea</i> Sihvonen, et al., 2014	-	12 ess.	39 ess.	20 ess.	Endemismo dell'Italia centro-meridionale
<i>Idaea albitorquata</i> (Püngeler, 1909)	-	11 ess.	-	-	Specie rara presente in Italia in poche località del meridione e della Sicilia
<i>Idaea mutilata</i> (Staudinger, 1876)	-	2 ess.	30 ess.	-	Endemica di Basilicata, Calabria e Sicilia
<i>Isturgia sparsaria</i> (Hübner, 1809)	15 ess.	10 ess.	-	-	Endemismo appenninico
<i>Isturgia messapiaria</i> (Sohn-Rethel, 1929)	-	-	128 ess.	-	Endemismo puntuale della Sila
<i>Lemonia italiana</i> (Prozorov et al., 2022)	-	4 ess.	1 es.	-	Endemismo italiano
<i>Megalycina serraria</i> (A. Costa, 1882)	3 ess.	2 ess.	-	-	Endemismo appenninico
<i>Nothocasis rosariae</i> Scalercio, Infusino & Hausmann, 2016	-	1 es.	2 ess.	-	Sub-endemismo transionico
<i>Nychiodes ragusaria</i> Millièrè, 1884	-	8 ess.	-	1 es.	Endemita sud-appennino-siculo
<i>Xanthorhoe vidanoi</i> Parenzan & Hausmann, 1994	1 es.	-	2 ess.	-	Endemismo appennino-siculo

In generale la biodiversità ospitata appare piuttosto alta in tutti i siti; solo in Aspromonte, pur presentando una buona equiripartizione, gli indici di diversità sono risultati relativamente bassi (Tabella 2a).

In Aspromonte e Sila i siti di campionamento sono più uniformi quanto a tipologia di habitat, e la struttura della comunità è ben caratterizzata dalla presenza di specie legate ai rispettivi biotopi forestali. In Sila, in particolare, tra le specie più abbondanti troviamo *Isturgia messapiaria* (Sohn-Rethel, 1929), endemismo puntuale del massiccio della Sila. Per l'Appennino Lucano e il Pollino, dove le trappole hanno indagato habitat differenti, le strutture di comunità appaiono meno immediatamente interpretabili e andrebbero valutate singolarmente per ogni sito. Globalmente dominano specie più generaliste, con caratteristiche più termofile/xerotermofile per l'Appennino Lucano, maggiormente mesofile per il Pollino. Tutti i comprensori hanno mostrato una lunga coda di specie con abbondanze relative basse, con presenza di specie rare o di interesse faunistico e conservazionistico (Tabella 2b).

Pur con le differenze già evidenziate, lo sforzo di campionamento è stato sufficiente per tutte le aree, almeno per caratterizzare la comunità nei suoi elementi più rappresentativi e numericamente consistenti: il calcolo dell'indice di *Chao-1* (Tabella 2a) stima che i campionamenti effettuati coprono circa l'80% delle specie potenzialmente ospitate nelle aree e negli habitat oggetto di studio (86% in Sila). Anche le curve di rarefazione specie/individui non mostrano il raggiungimento di un *plateau*, suggerendo la presenza di un discreto numero di specie ancora non campionate, con l'eccezione della Sila dove i campionamenti sembrano essere stati più

esaustivi (Figura 3b).

Come ulteriore confronto fra le 4 aree è stata eseguita una NMDS *analysis*, utilizzando l'indice di *Bray-Curtis* come metrica, per esaminare le differenze nella composizione delle comunità (Figura 3c). Come ipotizzabile, data la vicinanza e la continuità territoriale, Appennino Lucano e Pollino mostrano le comunità più simili, mentre la Sila si differenzia notevolmente da tutte le altre, collocandosi nel grafico in posizione defilata sull'asse principale. La Figura 3c, inoltre, mostra chiaramente come i siti si posizionino prevalentemente secondo un gradiente latitudinale, definito verosimilmente dal *turnover* delle specie delle diverse comunità. La collocazione in posizione così isolata della comunità silana è da mettere in relazione alla forte caratterizzazione della comunità stessa, strettamente connessa alla pineta e che mostra un'evidente disparità tra le abbondanze relative delle specie ospitate a favore proprio delle specie maggiormente legate a tale habitat.

## DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I risultati dei monitoraggi evidenziano in tutti gli scenari indagati un buon grado di esaustività dei campioni. In tutte le aree e in contesti ecologici differenti, le stime indicano il rilevamento di circa l'80% delle specie potenzialmente ospitate. Un risultato notevole anche in considerazione del fatto che i monitoraggi sono avvenuti esclusivamente in primavera/estate, cioè nei mesi più importanti per l'impollinazione, quindi non ci sono dati sul contingente di specie con fenologia autunno-invernale.

Particolarmente completi, nonostante i dati siano disponibili per un solo anno di campionamento, sono i dati del Parco della

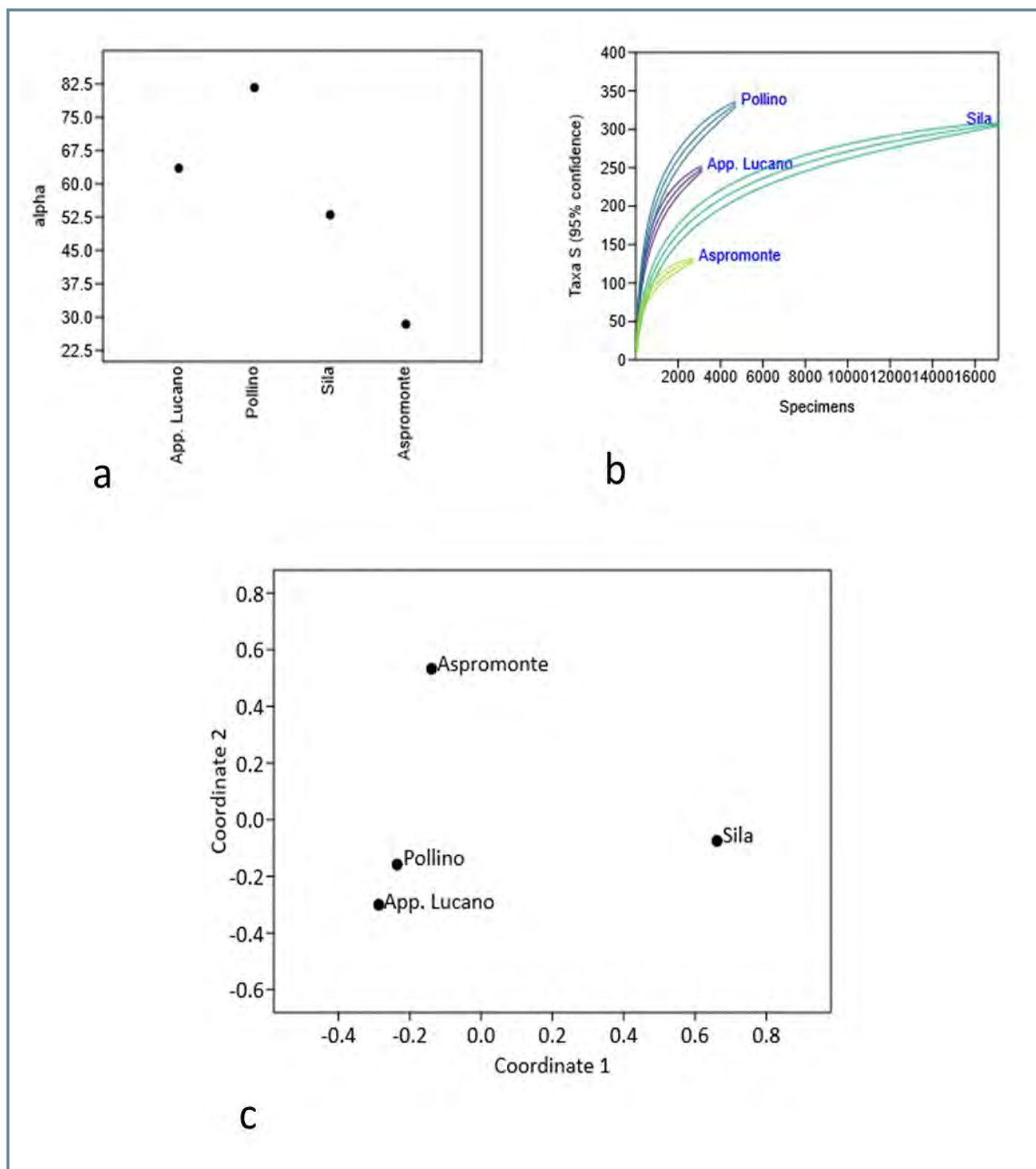


Figura 3. Analisi della diversità: (a) Valori dell'indice di Fisher  $\alpha$  nelle 4 aree di studio; (b) Curve di rarefazione specie/individui nelle diverse aree di studio; (c) NMDS analysis eseguita sulle comunità delle aree di studio utilizzando l'indice di Bray-Curtis come metrica (fonte: elaborazione degli Autori).

Sila, sia per via del maggior numero di trappole utilizzate, sia perché hanno riguardato esclusivamente le pinete. Anche il numero molto più alto di esemplari origina dalle stesse cause, inoltre è fortemente influenzato dalla massiccia presenza della processionaria del pino (*T. pityocampa*), in evidente fase di esplosione demografica: questo dato ha influenzato in negativo il calcolo degli indici di diversità perché la dominanza così importante di un'unica specie modifica la valutazione delle abbondanze relative.

La biodiversità più alta si registra nel Parco del Pollino. L'area del Pollino, infatti, abbraccia un vasto territorio, versanti a diversa esposizione e grandi variazioni altitudinali; una diversità di ambienti, climi e flora che non può che ripercuotersi anche nella microfauna. Inoltre, le trappole sono state posizionate in aree con caratteristiche e quote diverse, il che ha permesso una maggiore diversificazione delle catture riportando specie con diverse preferenze ecologiche.

Simili considerazioni valgono anche per l'Appennino Lucano nel quale, però, i monitoraggi sono iniziati solo nel 2024, quindi si riferiscono ad una sola stagione di campionamento.

Relativamente basso sembra il numero di specie registrato nel Parco dell'Aspromonte, in parte per il numero minore di trappole utilizzato, ma anche perché i campionamenti hanno riguardato esclusivamente habitat di faggeta che generalmente mostrano una minore biodiversità rispetto ad altre tipologie forestali (Scalercio et al., 2008), inoltre può influire il maggiore isolamento del massiccio dell'Aspromonte che paga in misura più accentuata la diminuzione del numero di

specie dovuto al cosiddetto "effetto penisola". Questi primi risultati raccolti evidenziano l'importanza di avere a disposizione anche i dati quantitativi oltre a quelli qualitativi, sia perché in tal modo i confronti tra aree differenti risultano più precisi e si rendono disponibili più informazioni sulle dinamiche ecologiche, sia perché conoscere il numero di individui di ciascuna specie coinvolti nelle attività di impollinazione è un elemento indispensabile per poter pianificare azioni di conservazione che siano realmente efficaci e mirate.

La qualità dei dati raccolti mostra in modo evidente l'importanza di aver utilizzato lo stesso disegno sperimentale e la stessa tipologia di trappola. Pur con uno sforzo di campionamento non uniforme, è stato possibile confrontare le comunità delle diverse aree; utilizzando la stessa frequenza e durata dei campionamenti e gli stessi parametri per la scelta della notte di attivazione delle trappole, si limita la variabilità di alcuni fattori ambientali che possono interferire sul monitoraggio quali la temperatura, la presenza di vento o la luminosità diffusa determinata dalle fasi lunari, questi fattori sono le covariate ambientali o antropiche anch'esse campionate seguendo le indicazioni del metodo sperimentale utilizzato, definito dalla Direttiva Biodiversità. Allo stesso modo l'utilizzo di trappole con il medesimo *design* e la stessa fonte luminosa è fondamentale per la confrontabilità delle informazioni ricavate dai monitoraggi. Le trappole luminose, infatti, basano la loro efficacia sul fototropismo dei lepidotteri notturni, ma le diverse specie di falene possono avere in tal senso un comportamento diverso in base all'intensità, ma soprattutto alla tipologia della fonte luminosa, in particolare riguardo alla componente del

violetto e ultravioletto dello spettro di emissione. Anche il modello di trappola o l'altezza dal suolo possono influire sulle capacità di cattura delle trappole, favorendo o svantaggiando l'ingresso degli esemplari in base alle abitudini di volo e alla vagilità specie-specifiche. Altro fattore da non sottovalutare risiede nel poter disporre di trappole robuste, di facile utilizzo e trasportabilità, in grado di operare adeguatamente in ogni habitat e condizione climatica.

Un altro elemento emerso in questo lavoro riguarda il ruolo delle falene come impollinatori e la necessità di campionare gli habitat forestali. Gli impollinatori diurni sono per lo più eliofili e, di conseguenza, sono legati agli ambienti prativi, per cui anche i monitoraggi si concentrano in questi ambienti e negli agroecosistemi. Le falene sono presenti e concorrono con gli altri impollinatori negli ambienti aperti ma, negli ecosistemi forestali, rappresentano di gran lunga gli attori principali delle attività di impollinazione di tutte quelle specie vegetali che non si affidano all'impollinazione anemofila. La diversità dei lepidotteri notturni è molto alta negli ambienti forestali, specie quelli che ospitano un ricco sottobosco. Anche in termini di abbondanza numerica, questi insetti costituiscono un contingente faunistico di enorme importanza, rappresentando un nodo cruciale delle reti trofiche ed ecologiche di tali ecosistemi che va oltre il ruolo svolto nell'impollinazione. Di conseguenza, nella pianificazione delle azioni di conservazione e protezione degli impollinatori, i lepidotteri notturni rappresentano una componente faunistica che va imprescindibilmente valutata e attentamente considerata.

La realizzazione di questo studio ha anche permesso di evidenziare alcune criticità, per risolvere le quali proponiamo delle indicazioni operative che riteniamo utili a migliorare i protocolli utilizzati fino a questo momento. Innanzitutto, risulterebbe utile un maggiore coordinamento delle attività, quanto meno a livello nazionale, per rendere i monitoraggi più confrontabili e meno disomogenei gli sforzi di campionamento.

Ancora più importante è la realizzazione di un protocollo condiviso per la raccolta e la digitalizzazione dei dati. La fauna dei lepidotteri notturni è piuttosto numerosa e le ricerche in ambito tassonomico spesso producono modifiche nella nomenclatura che rischiano di causare errori di identificazione o problematiche nell'elaborazione statistica dei dati. Per semplificare e rendere più consistente l'analisi delle informazioni derivanti dai monitoraggi, risulta quindi fondamentale realizzare una *checklist* aggiornata e condivisa e un format comune e unico per la registrazione dei dati in formato elettronico.

#### **Fonte di finanziamento**

I monitoraggi del presente studio sono stati finanziati nell'ambito della "Direttiva Biodiversità del MASE – Direzione Generale per il Patrimonio Naturalistico e Mare (2021-2022 – 2023 – 2024-2025)", Metodi di campionamento per il monitoraggio e la tutela degli insetti impollinatori nei Parchi Nazionali", tramite specifici accordi di collaborazione tra il Parco Nazionale dell'Appennino Lucano Val D'Agri-Lagonegrese, il Parco Nazionale dell'Aspromonte, il Parco Nazionale del Pollino, il Parco Nazionale della Sila e gli enti coinvolti nella ricerca.

## BIBLIOGRAFIA

- Anderson M., Rotheray E.L., Mathews F., 2023. [Marvellous moths! pollen deposition rate of bramble \(\*Rubus futicosus\* L. agg.\) is greater at night than day.](#) PLoS ONE 18(3): e0281810.
- Axmacher J.C., Fiedler K., 2004. [Manual versus automatic moth sampling at equal light sources – A comparison of catches from Mt. Kilimanjaro.](#) J. Lepidopt. Soc. 58: 196–202.
- Beck J., Linsenmair K.E., 2006. [Feasibility of light-trapping in community research on moths: attraction radius of light, completeness of samples, nightly flight times and seasonality of Southeast-Asian hawkmoths \(\*Lepidoptera: Sphingidae\*\).](#) J. Res. Lepid. 39: 18–37.
- Brehm G., Axmacher J.C., 2005. [A comparison of manual and automatic moth sampling methods \(\*Lepidoptera: Arctiidae, Geometridae\*\) in a rain forest in Costa Rica.](#) Environ. Entomol. 35: 754–764.
- Corte dei conti europea, 2020. [La protezione degli impollinatori selvatici nell'UE: le iniziative della Commissione non hanno dato i frutti sperati.](#) Relazione speciale, n. 15, 2020, Ufficio delle pubblicazioni.
- Garibaldi L.A., Carvalheiro L.G., Vaissière B.E., Gemmill-Herren B., Hipólito J., Freitas B.M., ... Zhang H., 2016. [Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms.](#) Science, 351(6271), 388-391.
- Greco S., Ienco A., Infusino M., Leonetti F., Scalercio S., 2018. [New records of moths elucidate the importance of forests as biodiversity hot-spots in Central Mediterranean landscapes \(\*Lepidoptera\*\).](#) Redia, 101 (2018): 147-154.
- Greco S., Infusino M., Scalercio S., 2017. [Massive capture of \*Eilema lurideola\* \(\*Lepidoptera: Erebidae\*\) in a beech forest: outbreak vs. dispersal.](#) Entomologia Generalis 36 (3): 193-206.
- Infusino M., Brehm G., Di Marco C., Scalercio S., 2017a. [Assessing the efficiency of UV LEDs as light sources for macro-moth diversity sampling.](#) European Journal of Entomology 114: 25-33.
- Infusino M., Greco S., Bernardini V., Turco R., Scalercio S., 2016. [Managed mountain forests as diversity reservoirs in Mediterranean landscapes: new data on endemic species and faunistic novelties of moths.](#) Bulletin of Insectology 69 (2): 249-258.
- Infusino M., Greco S., Impieri A., Scalercio S., 2018. *I macrolepidotteri notturni dei castagneti della Catena Costiera Paolana (Calabria, Italia).* Rivista del Museo Civico di Scienze Naturali "Enrico Caffi" 31 (2018): 89-134.
- Infusino M., Luzzi G., Scalercio S., 2017b. [I macrolepidotteri notturni dell'Arboreto Sbanditi, Area MAB-UNESCO, Parco Nazionale della Sila \(Calabria, Italia\).](#) Memorie. soc. entomol. ital. 94 (1-2): 137-153.
- Infusino M., Scalercio S., 2018. [The importance of beech forests as reservoirs of moth diversity in Mediterranean landscapes \(\*Lepidoptera\*\).](#) Fragmenta entomologica, 50 (2): 161-169.
- Intachat J., Woiwod I.P., 1999. [Trap design for monitoring moth biodiversity in tropical rainforests.](#) Bull. Entomol. Res. 89: 153–163.
- Jonason D., Franzén M., Ranius T., 2014, [Surveying moths using light traps: effects of](#)

[weather and time of year](#). PLoS ONE 9(3): e92453.

Pesaresi S., Biondi E., Casavecchia S., 2017. *Bioclimates of italy*. Journal of maps, 13(2), 955-960.

Potts S., Biesmeijer K., Bommarco R., Breeze T., Carvalheiro L., Franzén M., ... Schweiger O., 2015. *Status and trends of European pollinators. Key findings of the STEP project*. Pensoft Publishers, Sofia.

Potts S.G., Imperatriz-Fonseca V.L., Ngo H.T. (a cura di), 2016. *The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production*. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), Bonn, Germany.

Sánchez-Bayo F., Wyckhuys K.A., 2019. [Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers](#). Biological conservation, 232, 8-27.

Scalercio S., Infusino M., Tuscano J., 2008. *I Macrolepidotteri notturni della faggeta di Monte Curcio, Sila Grande (Calabria, Italia Meridionale) (Lepidoptera)*. Quad. Staz. Ecol. civ. Mus. St. nat. Ferrara 18: 5-19.