

MONITORAGGIO FARFALLE NELLA RISERVA NATURALE TORBIERE DEL SEBINO - 2025



A cura di: Dott.ssa Serena Barcheri

Sommario

1.	PREMESSA.....	3
1.1	Farfalle: biologia, ecologia e importanza.....	3
1.2	Dati storici sui lepidotteri diurni in riserva	4
2.	MATERIALI E METODI	6
2.1	Transetti standardizzati	7
2.2	Conteggi a tempo.....	8
3.	RISULTATI E DISCUSSIONI.....	10
4.	CONCLUSIONI.....	15
5.	BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	16

1. PREMESSA

Il monitoraggio descritto nella presente relazione fa parte del più ampio progetto BioHub Torbiere, finanziato sulle risorse del piano nazionale ripresa e resilienza (PNRR) missione 4, “istruzione e ricerca” - componente 2, “dalla ricerca all’impresa” - linea di investimento 1.4, “potenziamento strutture di ricerca e creazione di "campioni nazionali di r&s" su alcune key Enabling Technologies”, finanziato dall’unione europea – NextGenerationEU” progetto [NBFC] [cn00000033]- CUP: I63C24000650002 NBFC_S8P2_0152.

Il monitoraggio delle farfalle, inizialmente, non era inserito all’interno del progetto. Tuttavia, visto il successo riscontrato nel maggio 2025 durante l’iniziativa BioBlitz promossa da Regione Lombardia, a tema farfalle, l’importanza che questi lepidotteri rivestono nell’ecosistema e la disponibilità del personale e dei volontari per eseguire il monitoraggio, è stato aggiunto. Questa azione è completamente in linea con il Work Package 1 del progetto BioHub (Monitoraggio e ricerca scientifica) e ha permesso di ampliare il database dell’Ente attraverso il monitoraggio strutturato delle farfalle. È stato selezionato esclusivamente questo gruppo, e non tutti i lepidotteri, in quanto risulta più semplice da monitorare in maniera efficiente e le conoscenze base del personale non hanno consentito di effettuare un monitoraggio più esteso.

1.1 Farfalle: biologia, ecologia e importanza

Le farfalle diurne (ordine Lepidoptera) rappresentano un gruppo tassonomico di grande interesse ecologico e conservazionistico. Sono insetti olometaboli, il cui ciclo biologico risulta cioè costituito da quattro stadi: uovo, larva, crisalide e adulto. La larva, comunemente nota come bruco, è fitofaga e generalmente si sviluppa e si nutre su specifiche piante ospiti, dette “nutrici”, che possono costituire la totalità della sua dieta, e attraversa diverse mute aumentando di dimensioni. La fase pupale è altamente sensibile alle condizioni microclimatiche, infatti un aumento della temperatura riduce significativamente la durata della fase pupale, ne aumenta la mortalità e altera lo sviluppo di organi sensoriali e diminuisce la dimensione corporea. Negli adulti si apprezza la tipica divisione del corpo in capo, torace e addome: la testa presenta due grandi occhi composti, due antenne clavate e un apparato boccale succhiatore, detto “spirotromba/proboscide”, adattato alla raccolta di nettare, resine, linfa e talvolta sostanze minerali da fango o escrementi, che forniscono nutrienti essenziali per la riproduzione e il mantenimento energetico. Sul torace si innestano tre paia di zampe, di cui il primo può essere atrofizzato e due paia di ali, fondamentali per l’identificazione, formate da scaglie chitinee inserite sulla membrana alare. L’addome, invece, risulta morbido e flessibile, con quello delle femmine generalmente più ampio.

Dal punto di vista ecologico, le farfalle svolgono molteplici funzioni ecosistemiche. Le larve possono influenzare crescita, difese e interazione delle piante, mentre gli adulti partecipano all’impollinazione di numerose specie erbacee e arbustive, anche se in misura variabile rispetto ad altri insetti impollinatori. Le farfalle (adulti e larve) costituiscono inoltre una risorsa alimentare significativa per uccelli insettivori, aracnidi e altri predatori, inserendosi in catene trofiche complesse e fungendo da bioindicatori di integrità ecosistemica.

La distribuzione e l’abbondanza delle farfalle sono legate alla qualità dell’habitat, alla disponibilità di piante ospiti, alla presenza di microclimi favorevoli e alla continuità degli habitat. Essendo organismi ectotermi, sono particolarmente sensibili alle variazioni climatiche e agli stress ambientali, il che le rende strumenti efficaci per la valutazione dello stato di conservazione: cambiamenti nella composizione delle comunità o riduzione delle abbondanze possono indicare degrado dell’habitat,

frammentazione del paesaggio o alterazioni microclimatiche dovute a interventi antropici o mutamenti climatici.

Anche la fenologia delle farfalle è influenzata da fattori climatici come temperatura, irraggiamento solare e regime pluviometrico. La sincronizzazione tra spupatura e fioritura delle piante nutrici è cruciale per il successo riproduttivo e il mantenimento a lungo termine delle popolazioni. Alcune specie mostrano più generazioni annuali, mentre altre completano un solo ciclo vitale all'anno, adattando la durata delle diverse fasi allo sviluppo stagionale delle piante ospiti. I movimenti migratori, osservabili in specie come *Vanessa cardui* e *Vanessa atalanta*, costituiscono indicatori di cambiamenti climatici e di connettività ecologica tra regioni geografiche distanti.

Le farfalle sono utilizzate come bioindicatori per diversi motivi: la sensibilità a variazioni dell'habitat, la facilità di osservazione e identificazione delle principali specie in campo, la rapidità con cui le popolazioni reagiscono a modificazioni ambientali, la disponibilità di protocolli standardizzati per il monitoraggio e l'interesse suscitato nella popolazione. Metodi come i conteggi a tempo o lungo transeiti standardizzati, la raccolta di dati fotografici e la partecipazione a progetti di *citizen science* permettono di raccogliere dati quantitativi piuttosto affidabili e ripetibili nel tempo. L'analisi della ricchezza specifica, della distribuzione spaziale e dell'eterogeneità degli habitat possono inoltre essere indicatori dello stato ecologico di un'area.

L'integrazione di dati storici con rilevamenti attuali consente di identificare variazioni temporali nella composizione specifica e individuare potenziali segnali di degrado o cambiamento delle condizioni ambientali. La combinazione di biologia, ecologia, fenologia e ruolo di bioindicatore rende le farfalle strumenti preziosi per la gestione e la pianificazione della conservazione della Riserva, permettendo di adottare interventi mirati.

1.2 Dati storici sui lepidotteri diurni in Riserva

È presente una quantità limitata di dati storici riguardanti i lepidotteri diurni della Riserva Naturale. Infatti, è stato possibile risalire ad una ricerca effettuata da un volontario del Servizio Civile Universale nel 2021 e ad una checklist effettuata durante l'iniziativa BioBlitz Lombardia 2024. Sono state raccolte inoltre le segnalazioni confermate inserite all'interno del progetto della Riserva Naturale nell'app di *citizen science* iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/projects/torbiere-del-sebino>), che coprono il periodo 2014-2025.

Le specie censite o segnalate sono riportate di seguito, raggruppate per famiglia:

1. Papilionidae

- *Iphiclides podalirius*
- *Papilio machaon*

2. Pieridae

- *Aporia crataegi*
- *Colias crocea*
- *Gonepteryx rhamni*
- *Pieris mannii*
- *Pieris napi*
- *Pieris rapae*
- *Pontia edusa*
- *Anthocharis cardamines*

3. Lycaenidae

- *Aricia agestis*
- *Cacyreus marshalli*
- *Celastrina argiolus*
- *Cupido argiades*
- *Leptotes pirithous*
- *Lycaena phlaeas*
- *Lycaena tityrus*
- *Polyommatus icarus*
- *Polyommatus thersites*
- *Plebejus argus*
- *Satyrus w-album*
- *Scolitantides orion*

4. Nymphalidae

- *Aglais io*
- *Aglais urticae*
- *Apatura ilia*
- *Apatura iris*
- *Argynnis adippe*
- *Argynnis paphia*
- *Coenonympha pamphilus*
- *Issoria lathonia*
- *Lasiommata megera*
- *Libythea celtis*
- *Maniola jurtina*
- *Melanargia galathea*
- *Melitaea celadussa*

- *Melitaea didyma*
- *Melitaea phoebe*
- *Minois dryas*
- *Nymphalis polychloros*
- *Pararge aegeria*
- *Polygonia c-album*
- *Vanessa atalanta*
- *Vanessa cardui*

5. Hesperidae

- *Carcharodus alceae*
- *Ochlodes sylvanus*
- *Pyrgus armoricanus*
- *Pyrgus malvoides*

Attualmente, nessuna delle specie riportate in elenco risulta protetta a livello nazionale, tuttavia la Checklist dei Ropaloceri della Lombardia indica per alcune specie ritrovate, come *Pieris mannii*, uno status di conservazione VU – vulnerabile. È importante precisare che, per molte specie, i dati disponibili non sono ancora sufficienti per la classificazione dello stato di conservazione. Di conseguenza, il fatto che non risultino a rischio non implica che gli sforzi di monitoraggio e conservazione debbano essere trascurati. Inoltre, si segnala la specie *Cacyreus marshalli*, specie aliena introdotta accidentalmente dall’Africa meridionale nel 1990 circa, nota come “farfalla del geranio”.

2. MATERIALI E METODI

Il monitoraggio delle farfalle è stato realizzato seguendo le indicazioni dell'European Butterfly Monitoring Scheme (eBMS), un programma europeo per la raccolta standardizzata dei dati sui Lepidotteri diurni. L'eBMS costituisce una rete internazionale di istituti di ricerca, enti di gestione e volontari che collaborano per monitorare l'andamento delle popolazioni di farfalle, configurandosi come uno strumento per la valutazione dello stato di conservazione, oltre di questi lepidotteri, anche degli habitat e degli ecosistemi. Attraverso l'elaborazione di protocolli condivisi e facilmente replicabili anche da personale non specializzato, l'eBMS consente di raccogliere dati confrontabili a livello nazionale ed europeo e di creare un database pubblico. In questo modo, i dati acquisiti da tecnici e volontari vengono integrati in un unico archivio comune, validato e supervisionato da referenti regionali e nazionali.

Il sistema seguito si basa anche sul coinvolgimento attivo dei cittadini, che contribuiscono alla raccolta delle osservazioni sul campo grazie al materiale informativo sul corretto svolgimento del monitoraggio e alle schede di riconoscimento specifiche per macroarea forniti. In particolare, per questo monitoraggio è stata utilizzata la guida di campo per l'identificazione delle farfalle della Pianura Padana, con il supporto di altre guide specialistiche e di esperti entomologi (Dott.ssa Ambra Butifar e Dott. Stefano Aguzzi) in caso di dubbi. L'affiancamento di esperti ha permesso di confermare in modo accurato le identificazioni più complesse e di migliorare le capacità dei volontari.

Durante le attività di campo sono stati impiegati strumenti come retini entomologici per la cattura temporanea di individui difficilmente identificabili, contenitori trasparenti per l'osservazione ravvicinata a scopo divulgativo e guide di campo per l'identificazione specifica. Tutti gli esemplari catturati sono stati immediatamente rilasciati dopo l'identificazione, in conformità con le linee guida etiche del monitoraggio. Per la registrazione delle osservazioni - specie, numero di individui, habitat, transetto, condizioni meteo, data e ora - è stata utilizzata l'apposita app di eBMS. Data la complessità nel riconoscimento, per alcune specie difficilmente distinguibili come *Pieris napi* e *Pieris rapae* è stata inserita la dicitura *Pieris napi/rapae*.

Per il monitoraggio delle farfalle sono stati utilizzati due approcci principali, consigliati dal protocollo eBMS: transetti standardizzati e conteggi a tempo. Il monitoraggio primario, su cui poi sono state effettuate le principali elaborazioni statistiche, è avvenuto attraverso il censimento tramite transetti, ma i dati raccolti sono stati integrati con i conteggi a tempo occasionali avvenuti durante la stagione, aumentando la copertura temporale e spaziale delle osservazioni.

Durante le operazioni di monitoraggio sono stati coinvolti diversi volontari della Riserva e del Servizio Civile Universale opportunamente formati, nell'ambito delle attività di coinvolgimento e *citizen science* promosse dal progetto BioHub, contribuendo così alla diffusione della conoscenza e alla sensibilizzazione sul tema della conservazione delle farfalle e dei loro habitat.



Figura 1: volontaria con retino e guida di campo eBMS

2.1 Transetti standardizzati

Il monitoraggio principale si è basato su quattro transetti standardizzati già individuati durante la campagna del 2021. I transetti sono situati in diverse aree della riserva e seguono i sentieri ufficiali, in modo tale da garantire la copertura di un'area rappresentativa del territorio indagabile; inoltre, sono stati suddivisi in sezioni corrispondenti ai cambiamenti significativi dell'habitat, in modo da rappresentare le principali tipologie ambientali presenti. I percorsi considerati comprendono il Transetto Nord Est (700 m) e il Transetto Sud (587 m), ciascuno articolato in cinque sezioni, e il Transetto Nord Ovest (668 m) e il Transetto Stagni (555 m), sul percorso Nord, suddivisi in tre sezioni.

Durante il monitoraggio, l'operatore dovrebbe percorrere i transetti a passo costante, prestando attenzione a tutti gli individui presenti all'interno di un cubo ideale di $5 \times 5 \times 5$ metri, situato davanti e di fianco a sé. Tutti gli esemplari avvistati all'interno di questo spazio vengono conteggiati e identificati a livello di genere o di specie.

In caso di dubbi sull'identificazione, gli esemplari sono stati catturati con l'ausilio di un retino, osservati brevemente e poi rilasciati nello stesso luogo di cattura. A causa della limitata esperienza degli operatori e dei volontari coinvolti, quasi tutti gli esemplari sono stati catturati per garantire una corretta identificazione, pratica che ha inevitabilmente comportato una variazione della costanza del passo e ha influito sulla regolarità della copertura spaziale dei transetti. Nonostante questo limite, il metodo ha permesso di raccogliere dati affidabili sulla presenza e la distribuzione delle specie lungo i percorsi studiati.

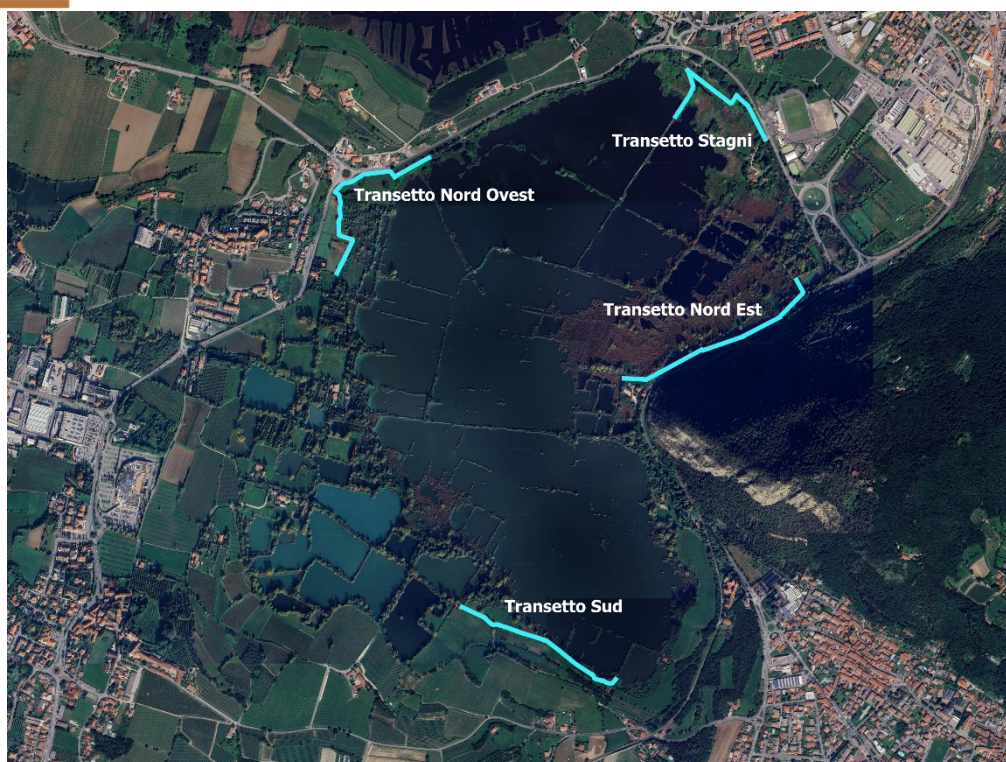


Figura 2: disposizione dei transetti all'interno della Riserva

Ogni transetto è stato ripetuto cinque volte da almeno due operatori in coppia, per massimizzare il successo di cattura e identificazione degli esemplari. I rilievi sono stati effettuati nel corso dei mesi di luglio e agosto 2025, scegliendo giornate con condizioni meteorologiche favorevoli, ossia:

- cielo sereno o poco nuvoloso;
- assenza di pioggia;
- temperatura compresa tra 17°C e 30°C;
- vento debole (inferiore a 5 m/s);
- fascia oraria compresa tra le 10:00 e le 17:00, quando l'attività delle farfalle è maggiore.

Per alcuni rilievi, la fascia oraria è stata anticipata a causa dell'aumento delle temperature nella fascia centrale della giornata.

2.2 Conteggi a tempo

In occasione dell'evento BioBlitz Lombardia 2025, svoltosi nei giorni 16, 17 e 18 maggio 2025, sono stati effettuati complessivamente 12 conteggi a tempo in diverse aree della Riserva, con il supporto di un'esperta entomologa. I dati raccolti durante queste sessioni sono stati successivamente integrati con quelli ottenuti dai monitoraggi successivi.

prevede l'osservazione e il conteggio di tutti gli individui presenti in un periodo di tempo prestabilito, generalmente di 15 minuti, all'interno di un'area omogenea di habitat. Anche in questo contesto, gli esemplari di difficile identificazione sono stati catturati temporaneamente con il retino, osservati e identificati, per poi essere rilasciati nello stesso luogo di cattura. Durante l'identificazione degli esemplari catturati, il tempo del conteggio è stato sospeso, al fine di effettuare la ricerca delle farfalle per 15 minuti effettivi. Tutte le osservazioni sono state registrate tramite l'applicazione eBMS, con il

supporto attivo dei volontari e della popolazione partecipante all'evento, garantendo così un ampio coinvolgimento.

I dati raccolti durante il BioBlitz hanno permesso di ampliare la copertura stagionale del monitoraggio includendo le specie che sono più diffuse nel periodo primaverile, e che potrebbero risultare assenti nei rilievi estivi.

Tutti i dati ottenuti sono stati caricati sul portale eBMS, dove sono sottoposti a un controllo di qualità e validazione da parte dei referenti. Successivamente, le informazioni confluiscono nel database europeo delle farfalle, utilizzato per analisi a scala nazionale ed europea sui trend di popolazione e sullo stato di conservazione delle specie.

L'analisi dei dati raccolti durante il monitoraggio delle farfalle è stata condotta tramite il linguaggio Python utilizzando la libreria "Pandas" e applicando diverse metriche di diversità ecologica per ciascun transetto. È stata misurata la ricchezza specifica complessiva e per transetto, e sono state individuate le specie campionate con maggior frequenza.

Per valutare la biodiversità sono stati calcolati l'indice di Shannon, l'indice di Simpson e l'Evenness, parametri che consentono di valutare non solo la varietà di specie presenti, ma anche il grado di equilibrio nella loro distribuzione. L'indice di Shannon è un indicatore della diversità complessiva che tiene conto sia della ricchezza di specie sia della diversità complessiva, ponendo particolare enfasi sulle specie osservate raramente. L'indice di Simpson indica, invece, la probabilità che due individui scelti casualmente appartengano alla stessa specie, evidenziando quelle dominanti. Anche l'Evenness evidenzia se ci sono specie che dominano la comunità, misurando quanto la distribuzione degli individui tra le specie risulta equilibrata.

Per confrontare la composizione della comunità di farfalle tra i diversi transetti è stata usata la distanza di Bray-Curtis, che misura la dissimilarità tra coppie di campioni considerando sia le specie presenti sia la loro abbondanza relativa, attribuendo un maggior peso alle specie comuni. Inoltre, per testare la significatività delle differenze è stata eseguita un'analisi PERMANOVA.

Per valutare la relazione tra due variabili quantitative (densità degli individui e diversità specifica con minuto del giorno e giorno dell'anno) sono state calcolate le correlazioni di Pearson e Spearman. Pearson misura la correlazione lineare, assumendo distribuzioni approssimativamente normali e relazioni proporzionali tra le variabili; risulta tuttavia sensibile agli outlier e cattura solo relazioni lineari. Spearman, invece, si basa sui ranghi e valuta la relazione monotona, cioè se una variabile tende ad aumentare o diminuire con l'altra, indipendentemente dalla linearità. Nel caso specifico di questo monitoraggio, le variazioni possono non essere lineari e possono contenere picchi o fluttuazioni, dunque è stata preferita la correlazione di Spearman in quanto rileva le tendenze generali senza essere influenzata dagli outlier o da relazioni non lineari.

3. RISULTATI E DISCUSSIONI

Durante i censimenti effettuati nell'evento BioBlitz sono state monitorati n. 15 specie appartenenti a 14 generi e 4 famiglie, e alcuni individui non identificati appartenenti al genere *Pieris*.

Durante i monitoraggi effettuati tramite transetti standardizzati, sono state censite n. 27 specie appartenenti a n. 23 generi e 5 famiglie, e alcuni individui non identificati appartenenti al genere *Pieris*.

In totale sono state censite 31 specie:

1. Papilionidae

- *Iphiclides podalirius*

2. Pieridae

- *Aporia crataegi*
- *Colias crocea*
- *Gonepteryx rhamni*
- *Pieris napi*
- *Pieris rapae*
- *Pieris brassicae*

3. Lycaenidae

- *Aricia agestis*
- *Celastrina argiolus*
- *Cupido argiades*
- *Lampides boeticus*
- *Leptotes pirithous*
- *Lycaena phlaeas*
- *Plebejus argus*
- *Polyommatus icarus*

4. Nymphalidae

- *Aglais urticae*
- *Apatura ilia*
- *Argynnis paphia*
- *Coenonympha pamphilus*
- *Issoria lathonia*
- *Maniola jurtina*
- *Melitaea celadussa*
- *Melitaea didyma*
- *Pararge aegeria*
- *Polygonia c-album*
- *Vanessa atalanta*
- *Vanessa cardui*

5. Hesperidae

- *Carcharodus alceae*
- *Ochlodes sylvanus*
- *Pyrgus armoricanus*
- *Pyrgus malvoides*

Alcune specie sono state rinvenute solamente durante i conteggi a tempo e non nei transetti standardizzati e viceversa. In particolare nei conteggi a tempo è stata rilevata la presenza di *Plebejus argus*, *Aporia crataegi*, *Issoria lathonia* e *Aglais urticae*.

Dal confronto con i dati storici, risultano di nuova segnalazione per la Riserva naturale le seguenti specie: *Pieris brassicae*, detta comunemente Cavolaia maggiore e associata a campi coltivati con presenza di crucifere e *Lampides boeticus*, specie migratrice e termofila. In particolare, l'osservazione di *Lampides boeticus* è stata confermata anche da una segnalazione su iNaturalist scollegata dal monitoraggio dei lepidotteri condotto ed effettuata da un altro esperto naturalista coinvolto nei monitoraggi del progetto BioHub.



Figura 3: *Lampides boeticus* e *Celastrina argiolus* (foto di S. Aguzzi e S. Barcheri)

La maggior parte delle specie rilevate costituiscono popolazioni locali stabili, mentre alcune non risultano stanziali in Lombardia e presentano comportamenti di migrazione o colonizzazione stagionale. In generale, le specie rilevate risultano classificate come LC (*Least Concern*) secondo la lista IUCN oppure non sono stati raccolti dati sufficienti per la classificazione, tuttavia alcune, come *Iphiclides podalirius* e *Aporia crataegi*, mostrano tendenze al declino locale soprattutto a causa della perdita di habitat.

Alcune specie presenti nella lista sono considerate migratrici o occasionali in Lombardia. *Lampides boeticus* è una specie non autoctona migratrice con apparizioni stagionali, mentre *Leptotes pirithous*, a distribuzione mediterranea, mostra una presenza irregolare legata ai flussi migratori. Entrambe non formano popolazioni stabili, e la loro presenza dipende da fattori climatici e stagionali.

Nessuna delle specie osservate è inclusa negli Allegati II o IV della Direttiva Habitat 92/43/CEE, né negli elenchi di specie protette dalla Legge 157/1992 o dalla L.R. 10/2008 della Lombardia.

Le specie ritrovate con maggiore frequenza sono risultate: *Polyommatus icarus*, il genere *Pieris* (inteso come *P. napi* o *P. rapae*, in quanto gli esemplari di *P. brassicae* sono stati identificati a parte), *Ochlodes sylvanus*, *Melitaea didyma* e *Celastrina argiolus*.

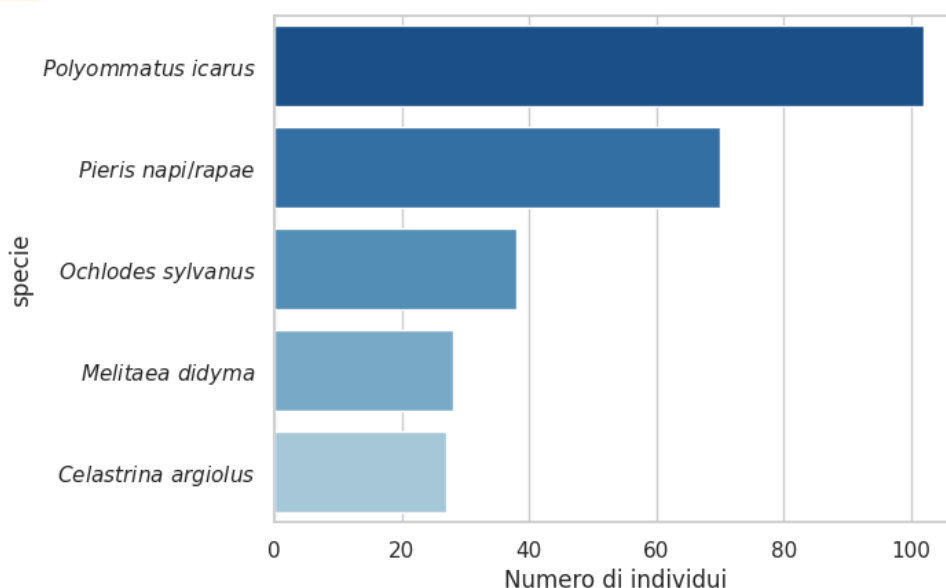


Figura 4: specie censite con maggior frequenza

Il transetto “Nord Est” presenta un indice di Shannon pari a 2,436, indicativo di una diversità ecologica elevata e di una distribuzione piuttosto bilanciata delle specie. L’indice di Simpson (0,8647) e la misura dell’Evenness (0,8273), evidenziano una buona equità nella composizione faunistica e l’assenza di specie dominanti.

Il transetto “Nord Ovest” mostra valori lievemente inferiori: indice di Shannon di 2,354, indice di Simpson di 0,8592 e Evenness di 0,8147. Questo indica una distribuzione delle specie leggermente meno uniforme, ma complessivamente l’area mantiene un buon equilibrio ecologico e una diversità simile.

Nel transetto “Stagni” si evidenzia una ricchezza specifica inferiore rispetto agli altri transetti. Tuttavia, il valore di Shannon (2.1776) e l’indice di Simpson (0.8607) segnalano comunque una buona diversità e distribuzione. L’indice di Evenness (0.8764), il più elevato tra tutti i transetti, mostra che, pur con una minore varietà, le specie presenti sono distribuite in maniera estremamente equilibrata, senza predominanze marcate.

Il transetto “Sud” presenta la ricchezza specifica più elevata, ma i valori degli indici suggeriscono una struttura meno equilibrata. L’indice di Shannon (2.2975) e l’indice di Simpson (0.8454) indicano una diversità comunque alta e l’Evenness, pari a 0.7660, è il valore più basso riscontrato, segnalando la presenza di alcune specie dominanti.

Nel complesso, sono state identificate tramite transetti 27 specie di farfalle sull’intera area di monitoraggio. L’indice di Shannon complessivo (2.5325) e l’indice di Simpson (0.8744) testimoniano un livello di diversità ecologica elevato. L’Evenness totale (0.7521) evidenzia una distribuzione relativamente equilibrata, pur in presenza di alcune specie maggiormente rappresentate. L’analisi complessiva indica dunque che i transetti monitorati presentano una buona diversità ecologica, con differenze localizzate tra le varie aree.

Dopo aver calcolato le distanze di Bray-Curtis tra transetti, è stato costruito un dendrogramma gerarchico che ha evidenziato coppie di transetti simili tra loro per la composizione in specie. In particolare, i transetti Nord Est e Stagni presentano una maggiore similarità rispetto alla coppia Nord Ovest - Sud (Figura 4).

L'analisi PERMANOVA ha restituito valori pseudo-F = 1,706 e p-value= 0,02. Questi risultati indicano che le differenze nella composizione delle comunità tra transetti sono statisticamente significative e che, in particolare, ciascun transetto ospita una propria struttura di specie. Questo suggerisce una variabilità spaziale nella biodiversità probabilmente legata a fattori ambientali o alla qualità e alla disposizione degli habitat.

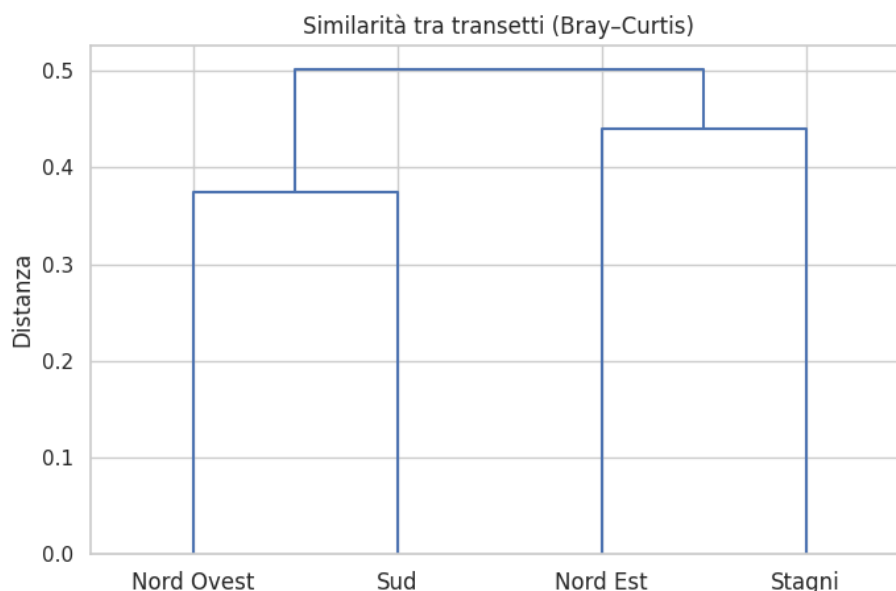


Figura 5: dendrogramma gerarchico di similarità tra transetti

È stata calcolata la correlazione lineare tra il giorno dell'anno e la diversità specifica giornaliera, misurata tramite l'indice di Shannon. La regressione lineare ha prodotto un $R^2 = 0,393$, indicando che circa il 39% della variabilità della diversità può essere spiegata dal giorno dell'anno. Tuttavia, non risulta un trend stagionale nella diversità delle specie in quanto il p-value = 0,132 indica che la relazione non è statisticamente significativa.

Inoltre, per quanto riguarda le singole specie, nessuna ha mostrato una correlazione tra la densità di individui campionati e l'andamento della stagione ($p > 0,05$ per tutte le specie).

Secondo i risultati della correlazione di Spearman sul campione totale ($r = -0,090$, $p = 0,265$) non risulta correlazione significativa tra minuto del giorno e densità dei soggetti, dunque la densità rimane sostanzialmente costante durante la giornata. I risultati non cambiano se si considerano singolarmente i transetti.

Per quanto riguarda invece il rapporto tra l'andamento della giornata e la diversità di specie ritrovate, la correlazione di Spearman ($r = 0,271$, $p = 0,001$) indica una tendenza positiva monotona, significativa ma debole-moderata. In questo caso per confermare il risultato è stata calcolata anche la correlazione di Pearson ($r = 0,178$, $p = 0,025$), che rileva invece la componente lineare, più debole ma comunque significativa. La differenza tra i due valori suggerisce che la relazione non è perfettamente lineare, ma cresce in modo generale durante la giornata.

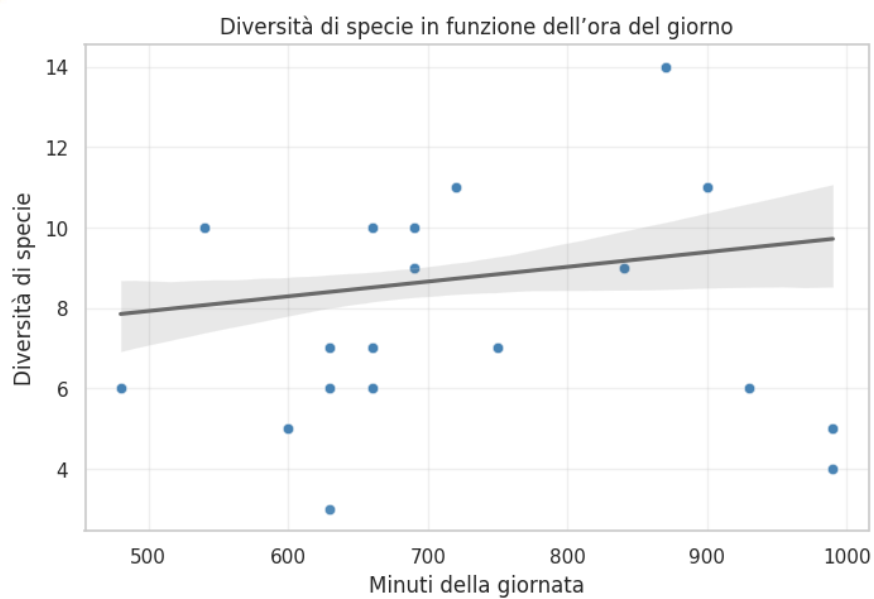


Figura 6: relazione tra la diversità specifica e i minuti della giornata, sono riportati la linea di regressione e gli intervalli di confidenza al 95%

4. CONCLUSIONI

L'analisi integrata dei dati derivanti dai censimenti del BioBlitz Lombardia e dai transetti standardizzati del progetto BioHub Torbiere ha permesso di delineare un quadro dettagliato della composizione, struttura e dinamica delle comunità di lepidotteri diurni nella Riserva Naturale Torbiere del Sebino. Complessivamente sono state registrate 31 specie appartenenti a 5 famiglie, con una predominanza di Lycaenidae e Nymphalidae. La rilevazione di specie quali *Pieris brassicae* e *Lampides boeticus* rappresenta una nuova segnalazione per la Riserva, confermando la funzionalità degli habitat e l'efficacia della gestione attuale nel sostenere sia specie stanziali sia migratrici.

Gli indici di diversità specifica e distribuzione relativa evidenziano un buon livello di diversità complessiva, sebbene con variabilità locale tra i transetti. In particolare, i transetti Nord Est e Stagni mostrano una distribuzione equilibrata delle specie, mentre il transetto Sud, pur presentando maggiore ricchezza specifica, evidenzia valori di Evenness inferiori, indicativi della predominanza di alcune specie e della presenza di microhabitat selettivi. Le analisi di distanza (Bray-Curtis) e PERMANOVA confermano differenze significative nella composizione delle comunità tra transetti, suggerendo variabilità spaziale legata a caratteristiche e qualità degli habitat che dovranno essere considerate in futuri monitoraggi.

Dal punto di vista temporale, la densità totale di individui non varia significativamente durante la giornata né tra i periodi di campionamento, mentre la diversità specifica aumenta lievemente con il passare del giorno, suggerendo che le variazioni nella composizione comunitaria sono più marcate dell'abbondanza complessiva. Questo potrebbe essere causato da differenze comportamentali tra specie, ritmi circadiani o uso differenziale dei microhabitat temporanei, ed è coerente con la letteratura consultata.

Ecologicamente, la presenza di specie stanziali come *Iphiclides podalirius*, *Aporia crataegi* e *Polyommatus icarus* indica la persistenza di microhabitat arbustivi e prati secchi di qualità. Specie migratrici o termofile, quali *Lampides boeticus* e *Leptotes pirithous*, forniscono informazioni sulle dinamiche climatiche e di espansione dell'areale. La rilevazione di Lycaenidae associati a prati secchi suggerisce che le pratiche di gestione attuali, basate su pascolo e sfalcio, risultano favorevoli alla conservazione di specie legate a tali habitat.

Le nuove segnalazioni sottolineano l'importanza di monitoraggi regolari e sistematici per rilevare variazioni nella comunità lepidotterologica e pianificare nuovi interventi di gestione. Nel complesso, la Riserva ospita una comunità composta da specie stanziali con alcune migratrici, popolazioni locali relativamente stabili e specie occasionali legate a dinamiche stagionali o climatiche. La presenza di specie esigenti dal punto di vista ambientale indica una buona resilienza ecologica, e la presenza di specie che presentano localmente trend di declino della popolazione evidenzia la necessità di configurare azioni di conservazione mirate.

Infine, il monitoraggio attuale si è concentrato principalmente durante i mesi di luglio-agosto, con dati parziali raccolti a maggio. Per ottenere una valutazione completa della biodiversità e delle dinamiche stagionali, è necessario ampliare la copertura temporale dei censimenti, integrando i due tipi di monitoraggio utilizzati, così da individuare trend ecologici significativi ed effettuare analisi anche relativi agli habitat e microhabitat frequentati dalle farfalle.

In sintesi, i risultati confermano che la Riserva Naturale ospita una comunità di lepidotteri diurni diversificata, strutturalmente equilibrata e in evoluzione rispetto al passato, in cui la gestione degli habitat, anche se non mirata per le farfalle, contribuisce alla loro conservazione.

5. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Balletto E., Bonelli S. e Cassulo L., 2007. Insecta Lepidoptera Papilionoidea In: S. Ruffo e F. Stoch (Eds) -- Checklist and Distribution of the Italian Fauna. 10.000 terrestrial and inland water species 2nd and revised edition Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona pp. 257-261;

Cardoso A.C., Prata M.C., Furlong J., Prezoto F., 2007. Exigências térmicas de estágios imaturos de *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) [Thermal requirements of *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) immature stages]. Neotrop Entomol.; 36(5):657-61. Portuguese. doi: 10.1590/s1519-566x2007000500004;

Fourcade Y., Öckinger E., 2016. Host plant density and patch isolation drive occupancy and abundance at a butterfly's northern range margin. Ecol Evol.;7(1):331-345. doi: 10.1002/ece3.2597;

Ghisolfi M., Leandri F., 2024. Lepidoptera (Papilionoidea): farfalle della Pianura Padana Centrale (Lombardia - Italia). Parte I: iconografia. Ghisolfi M. (ed) – Cremona: 332 pp;

Günter F., Beaulieu M., Freiberg K.F., Welzel I., Toshkova N., Žagar A., Simčič T., Fischer K., 2020. Genotype-environment interactions rule the response of a widespread butterfly to temperature variation. J Evol Biol.;33(7):920-929. doi: 10.1111/jeb.13623;

Hu G., Stefanescu C., Oliver T.H., Roy D.B., Brereton T., Van Swaay C., Reynolds D.R., Chapman J.W., 2021. Environmental drivers of annual population fluctuations in a trans-Saharan insect migrant. Proc Natl Acad Sci USA;118(26):e2102762118. doi: 10.1073/pnas.2102762118;

Massaro, R., e Pisoni, G., 2016. I Lepidotteri Rhopaloceri della provincia di Bergamo: aggiornamenti e considerazioni sulla fauna regionale (Lepidoptera, Papilionoidea). Natura Bergamasca, 29, 69–100. Museo Civico di Scienze Naturali “E. Caffi”, Bergamo;

Moradinour Z., Wiklund C., Miettinen A., Gérard M., Baird E., 2023. Exposure to elevated temperature during development affects eclosion and morphology in the temperate *Pieris napi* butterfly (Lepidoptera: Pieridae). J Therm Biol.;118:103721. doi: 10.1016/j.jtherbio.2023.103721;

Tolman T., Lewington R., 2022. Guida alle farfalle d'Europa. Ricca editore

Wittman J., Stivers E., e Larsen K., 2017. Butterfly Surveys are Impacted by Time of Day. The Journal of the Lepidopterists' Society 71(2), 125-129, (1 June 2017). <https://doi.org/10.18473/lepi.71i2.a9>

https://www.biodiversita.lombardia.it/materiali/lepidotteri/check_list.htm

<https://butterfly-monitoring.net/it>

<https://www.tonipuma.it/la-fauna/gli-insetti/podalarrio/?utm>