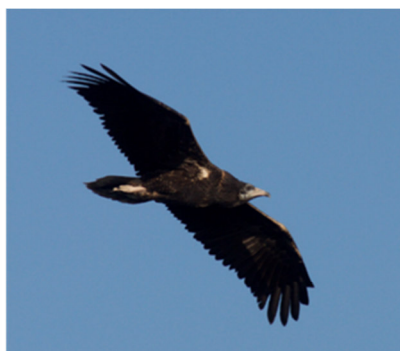
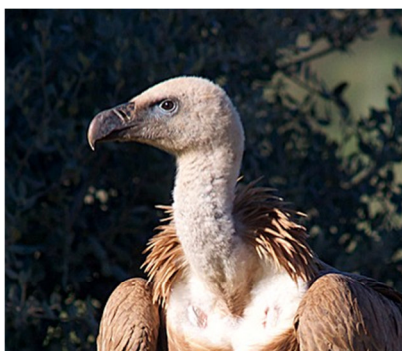


LE MINACCE PER L'AVIFAUNA IN ITALIA

CON FOCUS SULL'ELETTROCUZIONE



Gennaio 2026

Relazione Tecnica per il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE)

redatta nell'ambito della Convenzione MASE/ISPRA 'Attività legate all'applicazione delle Direttive Uccelli 2009/147/CE e Habitat 92/43/CEE e delle convenzioni internazionali in materia di conservazione delle specie migratrici appartenenti alla fauna selvatica' (PNM_03-329_2023_0001)

A cura di: Alessandro Andreotti, Arianna Aradis, Massimiliano Di Vittorio, Elisabetta Raganella Pelliccioni, Lorenzo Serra, Pierpaolo Storino

ISPRA Area Avifauna Migratrice (BIO-AVM)

Citazione consigliata: Alessandro Andreotti, Arianna Aradis, Massimiliano Di Vittorio, Elisabetta Raganella Pelliccioni, Lorenzo Serra, Pierpaolo Storino 2026. Le minacce per l'avifauna in Italia: focus sull'elettrocuzione. Relazione ISPRA consegnata al Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. Pp. 1-27.

Sommario

INTRODUZIONE.....	2
MATERIALI E METODI	2
RISULTATI.....	6
DISCUSSIONE	12
CONCLUSIONI	15
BIBLIOGRAFIA	16
ALLEGATO I – PROTOCOLLO DELLA RICERCA	19
ALLEGATO II – AGREEMENT PER LA GESTIONE DEI DATI	21
ALLEGATO III – FORMAT PER L'INSERIMENTO DEI DATI	22
ALLEGATO IV – ISTRUZIONI PER L'INSERIMENTO DEI DATI	23
ALLEGATO V – ELENCO DEI COLLABORATORI E DEI PROGETTI DI RICERCA.....	23

INTRODUZIONE

La conoscenza dei fattori che condizionano le specie in cattivo stato di conservazione è una premessa essenziale per definire strategie di conservazione efficaci e che permettano di ottimizzare l'impiego delle risorse disponibili (Szaro 2008). Per questo, è cruciale l'acquisizione di informazioni circostanziate sulle principali cause di mortalità e morbidità per le diverse popolazioni (Brand 2013). Sino ad un recente passato queste informazioni potevano essere raccolte solo attraverso il rinvenimento casuale di animali feriti o morti di recente e il successivo esame autoptico.

Il crescente utilizzo di strumentazione satellitare per il tracciamento degli animali durante i loro spostamenti ha aperto nuove possibilità per individuarne le cause di morte (Hays 2014). La circostanza che si possa conoscere in tempo reale la posizione degli individui tracciati, infatti, non solo consente di descriverne con estrema precisione le rotte di volo, ma anche di intervenire tempestivamente nel caso in cui i segnali inviati dalla strumentazione satellitare rivelino situazioni anomale: in tal modo è possibile rinvenire l'animale morto o in difficoltà ed effettuare specifiche indagini per accertare i motivi che ne hanno determinato il decesso, il ferimento o l'indebolimento.

Oltre a permettere la determinazione delle cause di morte per singole specie o interi gruppi di specie (Serratosa et al. 2024), i dati di telemetria satellitare consentono anche di identificare i periodi o le aree in cui è maggiore la mortalità (Klassen et al. 2014, Sergio et al. 2019, Buechley et al. 2021) e di valutare come i tassi di mortalità varino in funzione dell'età degli individui (Buechley et al. 2021), rendendo possibile l'individuazione dei contesti e delle problematiche su cui focalizzare le azioni di conservazione (Rodríguez et al. 2015, Lei et al. 2019, García et al. 2024).

Per determinare le principali cause di mortalità che interessano l'avifauna nel contesto italiano e, in particolare, per valutare quanto incida il fenomeno dell'elettrocuzione, nell'aprile 2025 è stato avviato uno studio basato sull'analisi dei dati ottenuti tramite l'utilizzo di sistemi di telemetria satellitare. Tale studio, che segue una metodologia già sviluppata in un precedente lavoro a cui ISPRA ha collaborato (Serratosa et al. 2024), ha comportato la necessità di acquisire ed elaborare informazioni raccolte da gruppi di ricerca attivi in Italia e all'estero.

MATERIALI E METODI

Acquisizione dei dati

I dati di mortalità dell'avifauna raccolti sul territorio italiano attraverso l'impiego di strumentazione satellitare sono stati acquisiti da gruppi di ricerca italiani e stranieri; pertanto, per poterli ottenere è stato necessario individuare gli ornitologi coinvolti nei diversi progetti e contattarli per richiedere la loro collaborazione. A questo scopo è stato redatto un protocollo di ricerca (Allegato I) e un documento in cui definire in dettaglio le modalità di utilizzo dei dati (Allegato II), da inviare ai ricercatori contestualmente alla richiesta di condivisione dei dati. Inoltre, sono stati predisposti un elenco delle specie *target* e una tabella in cui inserire i dati (Allegato III), corredata dalle istruzioni per la compilazione (Allegato IV).

Per la stesura del protocollo di ricerca si è seguito il modello redatto da Serratosa et al. (2024).

Come specie *target*, sono state selezionate quelle legate ad ambienti terrestri e in grado di tollerare la strumentazione per l'acquisizione dei dati di geolocalizzazione e per la loro successiva trasmissione via satellite o SMS. In particolare, sono state considerate le specie appartenenti ad otto famiglie: Gruidae, Otididae, Ciconiidae, Threskiornithidae, Strigidae, Pandionidae, Accipitridae, Falconidae. Sono stati esclusi i *taxa* legati esclusivamente o prevalentemente ad habitat marini o palustri.

La tabella (Allegato III) per l'acquisizione dei dati di mortalità è stata predisposta in formato *Excel* ed è stata suddivisa in tre sezioni riguardanti rispettivamente le informazioni sull'individuo tracciato (specie, età, sesso e origine), i dati di marcaggio (codice e modello del trasmettitore, codice identificativo, data, coordinate e nazione in cui è avvenuto il marcaggio) e il contesto in cui si è verificata l'interruzione dei segnali (causa dell'interruzione, data, coordinate e causa di morte). È stato inoltre previsto un campo note per dettagliare le condizioni relative alla cessazione della trasmissione dei dati da parte della strumentazione satellitare.

Per raggiungere il massimo numero di ornitologi che hanno seguito progetti di marcatura degli uccelli con strumenti satellitari, si è provveduto a diffondere la richiesta di dati di mortalità tramite la *newsletter* dal Centro Italiano Studi Ornitologici (CISO) pubblicata nel luglio 2025. Inoltre, si sono individuati i gruppi di lavoro che hanno caricato dati di tracciamento satellitare sulla piattaforma *Movebank*; infine, si è contattato Juan Serratos, primo autore del precedente lavoro, per ottenere i nominativi di coloro che avevano contribuito allo studio con propri dati.

Criteri adottati per la raccolta dei dati

Per standardizzare l'inserimento dei dati da parte dei ricercatori che hanno fornito la propria collaborazione, sono state fornite indicazioni su come interpretare la cessazione dei segnali. In particolare, seguendo Serratos et al. (2024), sono state indicate cinque possibili casistiche:

1. **Morte dell'individuo possibile:** la trasmissione dei dati si è interrotta bruscamente, nonostante la strumentazione funzionasse regolarmente e il livello di carica della batteria fosse buono.
2. **Morte dell'individuo molto probabile:** i dati ricevuti sono indicatori di mortalità secondo quanto indicato da Sergio et al. (2019): posizione stazionaria dello strumento/cambio di temperatura in un *range* non compatibile con la vicinanza di un animale vivo/perdita del segnale sul mare aperto (probabile annegamento).
3. **Morte dell'individuo confermata:** i dati di mortalità ricavabili dalla strumentazione sono confermati attraverso sopralluoghi in campo.
4. **Possibile guasto della strumentazione:** la cessazione della trasmissione dei dati è stata preceduta da un malfunzionamento della strumentazione o da un livello basso della carica della batteria.
5. **Assenza di informazioni.**

Inoltre, è stato fornito un elenco delle possibili cause di mortalità dell'avifauna per garantire un approccio omogeneo.

1. Cause naturali

- 1.1 Annegamento in corpi idrici naturali
- 1.2 Predazione
- 1.3 Morte per fame / sfinimento
- 1.4 Malattia
- 1.5 Eventi meteorologici
- 1.6 Altro

2. Cause indotte dall'uomo

- 2.1 Abbattimento illegale
- 2.2 Elettrocuzione
- 2.3 Collisione
 - 2.3.1 Collisione con linee elettriche
 - 2.3.2 Collisione con generatori eolici

2.3.3 Collisione stradale (ad es., investimento da parte di un'auto)

2.3.4 Altra collisione (ad es., contro un edificio)

2.4 Avvelenamento

2.4.1 Bocconi avvelenati

2.4.2 Rodenticidi

2.4.3 Avvelenamento da piombo

2.4.4 Prodotti medicinali

2.4.5 Altro avvelenamento

2.5 Annegamento in pozze artificiali

2.6 Altro

3. Cause sconosciute

Ciascun ricercatore che ha aderito allo studio ha stabilito, per ogni individuo, il motivo dell'interruzione della trasmissione dei dati scegliendo una delle cinque casistiche definite e ha indicato, quando possibile, la causa di morte, sulla base del contesto in cui si è verificata la cessazione dei segnali e di altre eventuali informazioni (Fig. 1).

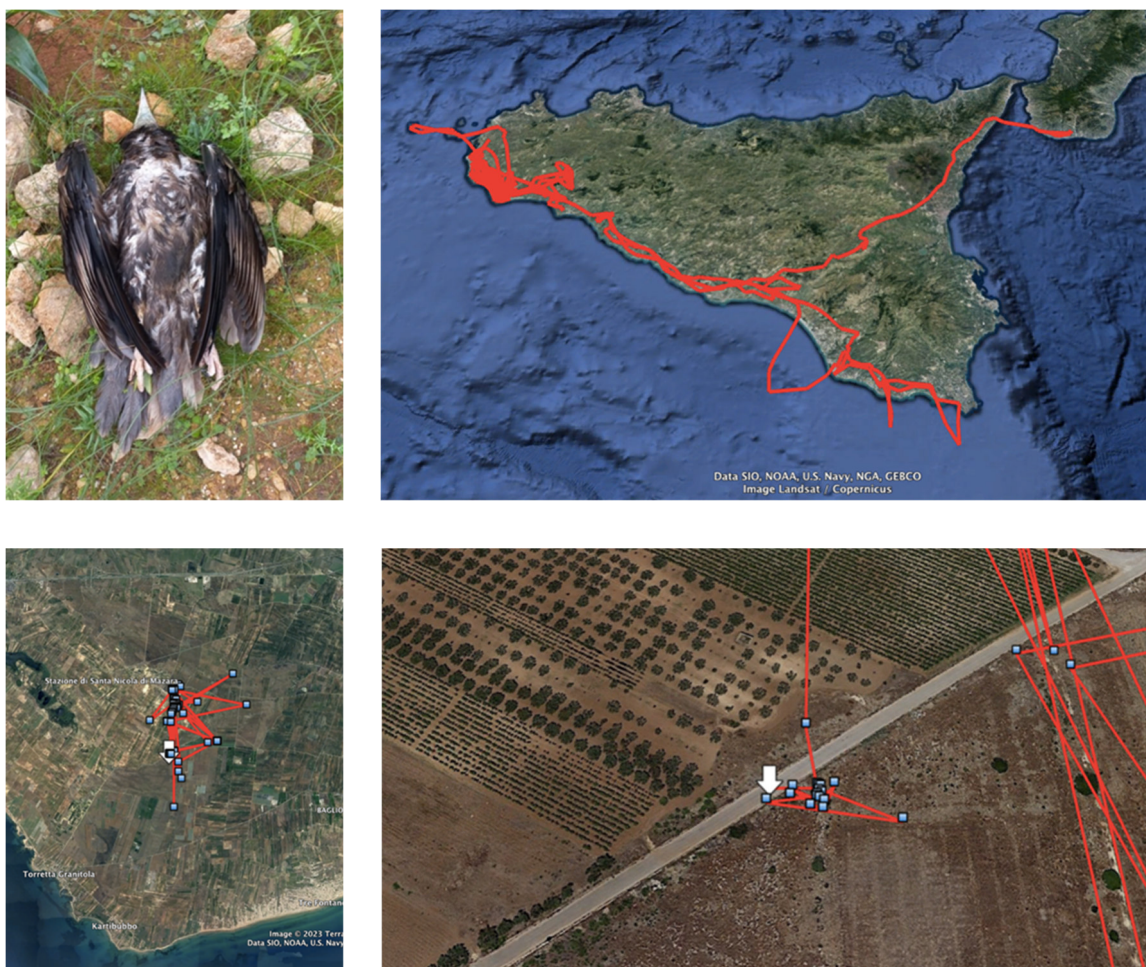


Fig. 1. Esempio di tracciato GPS, relativo agli ultimi spostamenti di una giovane femmina di capovaccaio rilasciata nella gravina di Matera il 16/05/2022 nell'ambito del progetto LIFE Egyptian vulture e ritrovata morta per elettrocuzione nei pressi di Campobello di Mazara (TP) il 24/12/2022; la freccia bianca nell'ultima immagine indica il punto finale del tracciato

I dati ricevuti sono stati verificati per assicurarne la coerenza e sono stati inseriti in un unico database. In caso di dubbi, sono stati contattati i ricercatori per controllare la correttezza del dato.

Ambito geografico considerato

Come area di studio si è considerato l'intero territorio nazionale e il mare circostante. In analogia con l'approccio seguito in altri studi ornitologici condotti in mare (Suryan et al. 2007, Michev et al. 2014), per la delimitazione della superficie marina si è scelto di considerare la zona economica esclusiva teorica o concordata (*Exclusive Economic Zone* EEZ, Flanders Marine Institute 2020).

Analisi dei dati

I dati pervenuti sono stati analizzati procedendo per *step*. In primo luogo, sono state esaminate le cause che hanno portato all'interruzione dei segnali di posizione (*fix*), distinguendo tra le possibili tipologie (guasto della strumentazione, morte dell'individuo, causa sconosciuta). Successivamente, selezionando esclusivamente le cause di interruzione "2. Morte dell'individuo molto probabile" e "3. Morte dell'individuo confermata", è stata calcolata la proporzione delle cause di mortalità di origine antropica rispetto a quelle naturali e sconosciute, al fine di valutare l'incidenza delle attività umane sulle specie. Inoltre, le cause di mortalità di origine antropica e naturale sono state analizzate in dettaglio per individuare i principali fattori limitanti per l'avifauna in Italia. Le elaborazioni dei dati sono state effettuate seguendo l'impostazione adottata da Serratosa et al. (2024) al fine di consentire una comparazione tra il contesto italiano e la situazione esistente a livello di *flyway*.

Integrazione dell'indice di impronta antropica (HII/HFI)

Per valutare la relazione tra mortalità indotta dall'uomo e il grado di antropizzazione del territorio, i *record* geo-riferiti sono stati posti in relazione a un indice di impronta antropica (*Human Impact/Human Footprint Index* - HII/HFI). In particolare, è stato utilizzato il prodotto cartografico "*The March of the Human Footprint*" (Sanderson et al. 2022). I valori dell'indice sono stati estratti in corrispondenza delle coordinate dei *record* corrispondenti alle località in cui si sono verificati gli eventi di mortalità; successivamente sono stati armonizzati, al fine di individuare le condizioni associate a un rischio maggiore per l'avifauna.

Strumenti software e basi cartografiche

Le analisi sono state effettuate in ambiente R (*R Core Team* 2025) utilizzando l'*IDE RStudio* (*Posit team* 2025). La gestione e manipolazione dei dati è stata condotta principalmente tramite il *framework tidyverse* (Wickham et al. 2019) e pacchetti associati, inclusi *dplyr* (Wickham et al. 2023), *readr* (Wickham et al. 2025a) e *lubridate* (Grolemund e Wickham 2011). La produzione delle figure è stata realizzata con *ggplot2* (Wickham 2016), con il supporto di *scales* (Wickham et al. 2025b) e *ggrepel* (Slowikowski 2024). Le elaborazioni cartografiche e l'analisi di dati *raster* (incluse le estrazioni dell'indice HII/HFI) sono state effettuate con *sf* (Pebesma 2018, Pebesma e Bivand 2023) e *terra* (Hijmans et al. 2026). Le mappe interattive sono state prodotte con *leaflet* (Cheng et al. 2025) e *htmlwidgets* (Vaidyanathan et al. 2023). Per dati vettoriali di base a scala regionale/nazionale sono stati utilizzati i confini amministrativi ISTAT (ISTAT 2024); per cartografia di sfondo e visualizzazioni interattive sono stati utilizzati *layer* e *tiles OpenStreetMap* (*OpenStreetMap contributors* 2026). Per rappresentazioni a scala sovranazionale e/o per contorni di Paesi e regioni extra-Italia, sono stati utilizzati anche i *dataset Natural Earth* (*Natural Earth* 2009) e i pacchetti *rnaturalearth/rnaturalearthdata* (South et al. 2026, South et al. 2024).

RISULTATI

Nel complesso sono stati contattati oltre 40 ricercatori e gruppi di ricerca (Allegato V), i quali hanno fornito 623 dati riferiti a 21 specie (Tabella 1) appartenenti a sei famiglie: Otidae, Threskiornithidae, Ciconiidae, Strigidae, Accipitridae, Falconidae. Per le famiglie dei Gruidae e dei Pandionidae non sono pervenuti dati utili.

Tab. 1. Specie e numero di individui la cui trasmissione si è interrotta sul territorio italiano o nelle acque marine circostanti

specie	nome scientifico	n	specie	nome scientifico	n
Gallina prataiola	<i>Tetrax tetrax</i>	3	Aquila di Bonelli	<i>Aquila fasciata</i>	73
Cicogna nera	<i>Ciconia nigra</i>	2	Falco di palude	<i>Circus aeruginosus</i>	1
Cicogna bianca	<i>Ciconia ciconia</i>	13	Albanella minore	<i>Circus pygargus</i>	1
Ibis eremita	<i>Geronticus eremita</i>	347	Astore sardo	<i>Accipiter gentilis arrigonii</i>	1
Gufo reale	<i>Bubo bubo</i>	4	Nibbio reale	<i>Milvus milvus</i>	40
Falco pecchiaiolo	<i>Pernis apivorus</i>	2	Nibbio bruno	<i>Milvus migrans</i>	3
Gipeto	<i>Gypaetus barbatus</i>	6	Grillaio	<i>Falco naumanni</i>	5
Capovaccaio	<i>Neophron percnopterus</i>	12	Lanario	<i>Falco biarmicus</i>	15
Biancone	<i>Circaetus gallicus</i>	1	Sacro	<i>Falco cherrug</i>	5
Grifone	<i>Gyps fulvus</i>	66	Falco pellegrino	<i>Falco peregrinus</i>	20
Aquila reale	<i>Aquila chrysaetos</i>	3			

Dal momento che i *record* riferiti all'ibis eremita *Geronticus eremita* da soli rappresentano il 55,7% dell'intero *dataset*, i dati di questa specie sono trattati e analizzati separatamente rispetto all'insieme degli altri *taxa*.

La maggior parte degli ibis sono stati marcati all'estero (54,2%, n=188) (Fig. 2A) e precisamente in Germania (n=63) e Austria (n=125), mentre per gli altri *taxa* vi è una netta prevalenza di soggetti marcati in Italia (88,8%, n=245); gli individui di origine estera provengono da Austria (n=13), Ungheria (n=9) Repubblica Ceca (6), Croazia (n=1), Finlandia (n=1) e Francia (n=1) (Fig.2B).

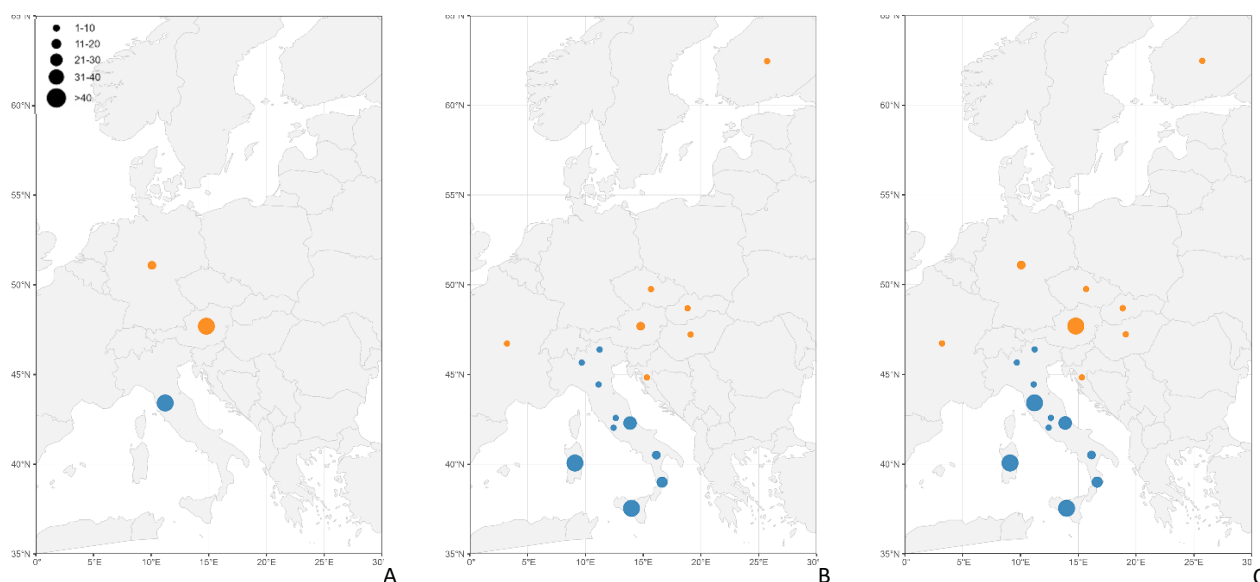


Fig. 2. Distribuzione delle località in cui è stata apposta la strumentazione per il tracciamento satellitare. Per gli individui nati in cattività o ricoverati presso un centro di recupero per la fauna selvatica è stata considerata la località di rilascio in natura. A: ibis eremita (n=338); B: altri *taxa* (n=274); C: intero *set* di dati (n=612). In 11 casi non sono risultate disponibili le coordinate del luogo di marcatura. Le localizzazioni sono riferite alle regioni italiane (in azzurro) e ai paesi esteri (in arancione). La dimensione dei cerchi è proporzionale alla dimensione del campione

Le località di interruzione del segnale appaiono distribuite in modo sostanzialmente omogeneo sul territorio italiano (Fig. 3).

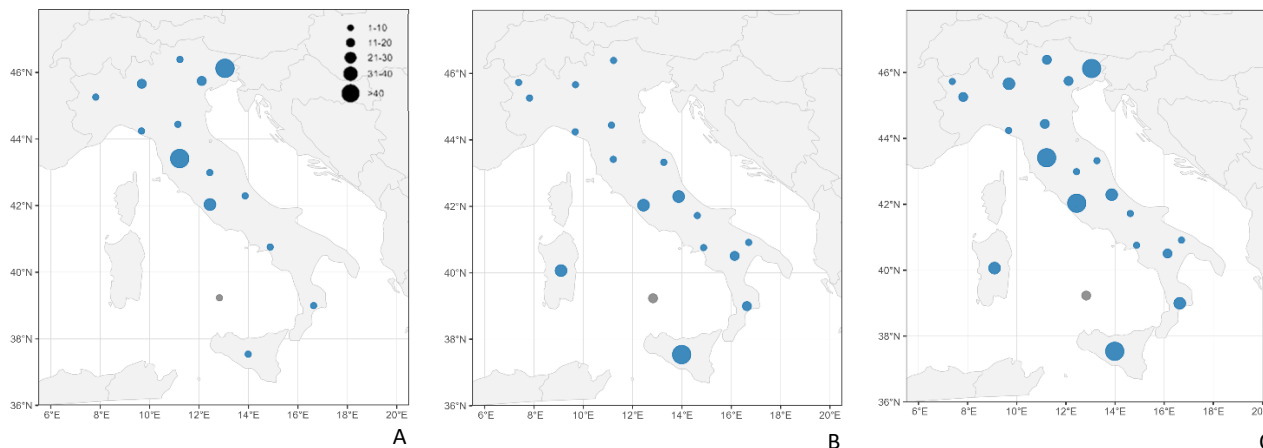


Fig. 3. Distribuzione delle località di interruzione del segnale su territorio italiano (in azzurro) e in mare aperto (in grigio). A: ibis eremita (n=344); B: altri *taxa* (n=230); C: intero set di dati (n=574). In 49 casi non sono risultate disponibili le coordinate in cui è cessata la trasmissione del segnale. La dimensione dei cerchi è proporzionale alla dimensione del campione

I dati sono stati raccolti in un arco temporale compreso tra il 03/08/2008 e il 09/12/2025. La quantità di dati è aumentata nel corso degli ultimi anni in relazione al forte sviluppo della tecnologia satellitare ed alla conseguente miniaturizzazione della strumentazione e della riduzione dei costi; entrambi questi fattori hanno permesso di avviare più progetti di ricerca e di marcare un maggior numero di individui (Fig. 4).

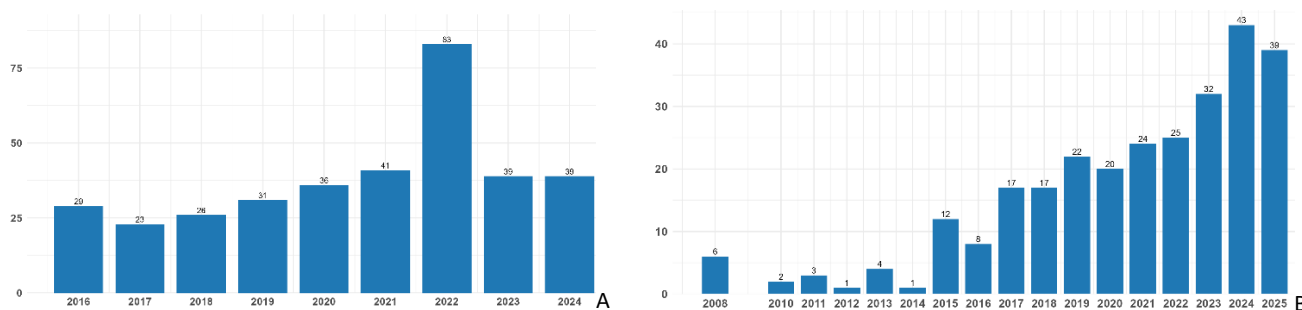


Fig. 4. Distribuzione temporale dei dati. Ibis eremita n=347; altri *taxa* n=276

La maggior parte delle interruzioni dei segnali è stata attribuita alla morte dell'individuo marcato, anche se con un diverso grado di certezza del dato (Fig. 5, Tabella 2).

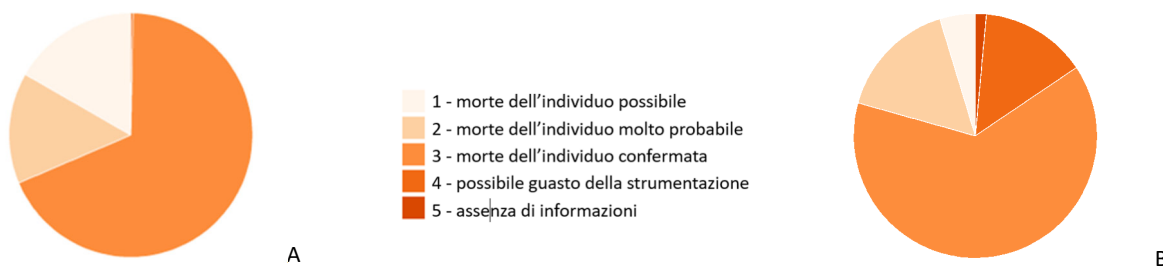


Fig. 5. Cause di interruzione del segnale; per la codifica delle cause si veda il paragrafo "Criteri adottati per l'inserimento dei dati". A: Ibis eremita (n=347); B: altri *taxa* (n=276)

Tab. 2. Cause di interruzione del segnale da parte della strumentazione satellitare. Per ogni individuo, l'assegnazione della causa è stata effettuata dai ricercatori che hanno fornito i dati sulla base dei tracciati e delle informazioni acquisite sul campo

	1. morte possibile	2. morte molto probabile	3. morte confermata	4. possibile guasto della strumentazione	5. assenza di informazioni
Ibis eremita	58	51	237	1	0
Altri taxa	13	44	176	39	4
Totale	71	95	413	40	4

Per analizzare le cause di mortalità si sono considerati solamente i casi di morte molto probabile e confermata (n=508) (Fig. 6).

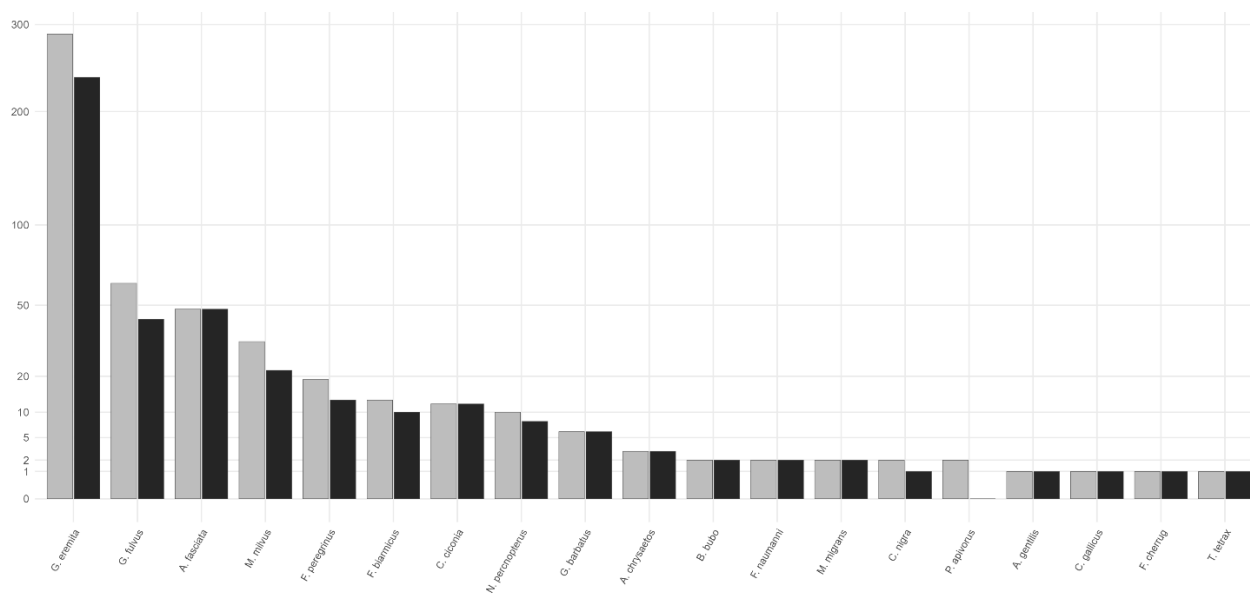


Fig. 6. Cause di morte confermata e molto probabile per le diverse specie. In grigio la somma dei casi di morte confermata e molto probabile (n=508); in nero il numero dei soli casi di morte confermata (n=413)

Le cause di morte antropiche sono risultate più frequenti di quelle naturali; prendendo in considerazione esclusivamente i casi di morte confermata si riduce la dimensione del campione, ma il rapporto tra cause di morte antropiche e naturali non cambia in modo sostanziale, mentre diminuiscono le cause di morte sconosciute (Fig. 7).

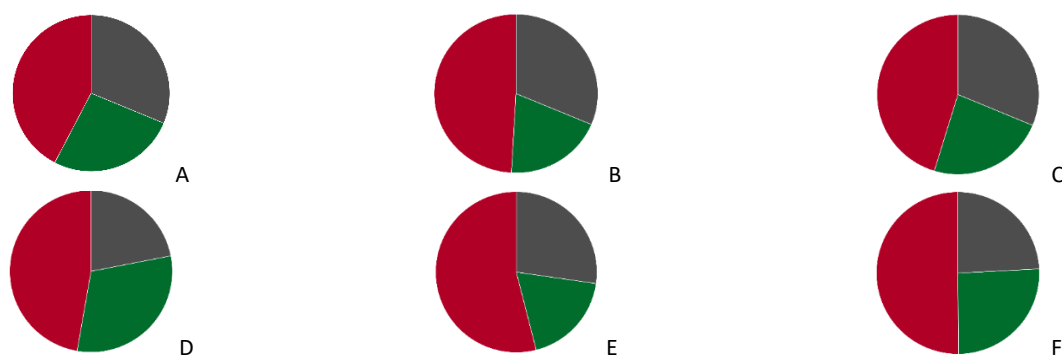


Fig. 7. Cause di morte naturali (in verde), indotte dall'uomo (in rosso) e sconosciute (in grigio). A-C: casi di morte accertata e molto probabile per l'ibis eremita (A: n=288), per gli altri taxa (B: n=220) e per l'intero set di dati (C: n=508). D-F: casi di sola morte accertata per l'ibis eremita (D: n=237), per gli altri taxa (E: n=176) e per l'intero set di dati (F: n=413)

I dati riferiti alle sole morti accertate e molto probabili ($n=471$ con coordinate dell'ultimo *fix*) nel complesso appaiono ben distribuiti sull'intero territorio nazionale; si nota tuttavia come i ritrovamenti di ibis eremita siano localizzati prevalentemente nelle regioni settentrionale e lungo la fascia tirrenica, mentre quelli relativi ad altri *taxa* sono più diffusi nel centro-sud della penisola e nelle due isole maggiori (Fig. 8).

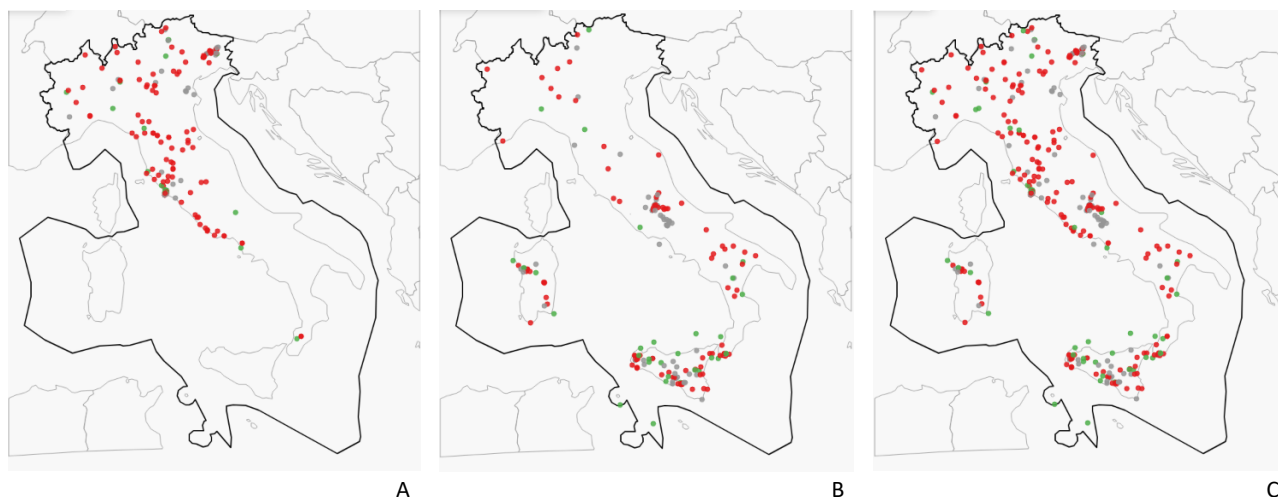


Fig. 8. Località di interruzione del segnale riferite ai soli casi di morte accertata o molto probabile. A: ibis eremita ($n=285$); B: altri *taxa* ($n=186$); C: intero set di dati ($n=471$). I colori indicano la causa di morte: in rosso: antropica; in verde: naturale; in grigio: sconosciuta. La linea scura indica l'area di studio, rappresentata dal territorio italiano e dalle acque marine comprese nella zona economica esclusiva

Tra i fattori di mortalità naturale, ai primi posti compaiono gli eventi meteorologici (12,9% delle cause note di morte), che incidono per il 21,7% per l'ibis eremita ($n=43$) e appena per l'1,3% per gli altri *taxa* ($n=2$), e la predazione (10,3%), che ha provocato l'8,6% delle morti di ibis eremita ($n=17$) e il 12,6% delle morti degli altri *taxa* ($n=19$) (Fig. 9. Cause di mortalità naturale).

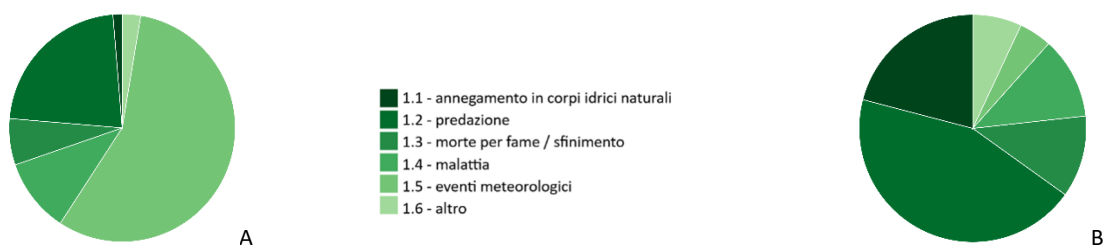


Fig. 9. Cause di mortalità naturale. A: Ibis eremita ($n=76$); B: altri *taxa* ($n=43$)

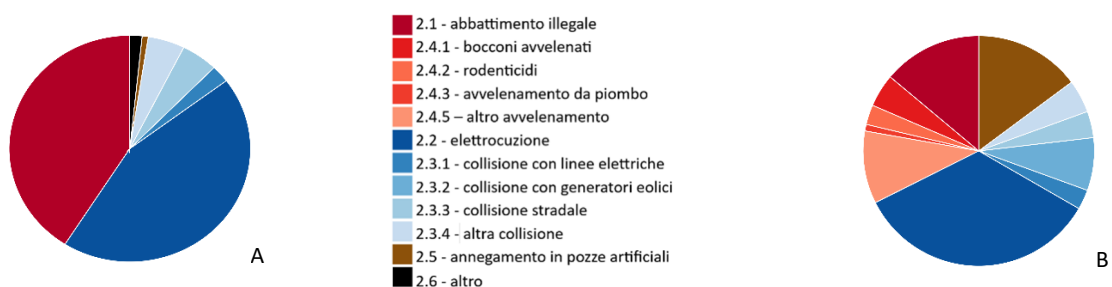


Fig. 10. Cause di mortalità antropica per l'ibis eremita ($n=122$) e per gli altri *taxa* ($n=108$)

Esaminando in dettaglio le cause di mortalità indotte dall'uomo per l'insieme delle specie (ibis eremita compreso), l'elettrocuzione risulta essere quella più importante (26,1% di tutte le cause note di morte, n=91), seguita dall'abbattimento illegale (18,6%, n=65), dalle collisioni (10%, n=35), dall'avvelenamento (5,7%, n=20) e dall'affogamento in vasche artificiali (4,9%, n=17) (Fig. 10).

Nello specifico, le collisioni sono dovute soprattutto all'impatto contro veicoli (2,9% n=10), infrastrutture per la produzione di energia eolica (2,3% n=8) e cavi per il trasporto dell'energia elettrica (1,7%, n=6), mentre gli avvelenamenti sono stati attribuiti principalmente all'uso dei bocconi avvelenati (1,4%, n=5) e dei rodenticidi (0,9%, n=3); permane tuttavia una frazione rilevante di casi per i quali non è stato possibile accertare quale sia stata la causa dell'avvelenamento (3,2%, n=11).

In relazione all'eco-etologia dei diversi *taxa*, l'importanza dei fattori di mortalità cambia a seconda dei gruppi di specie (Fig. 11).

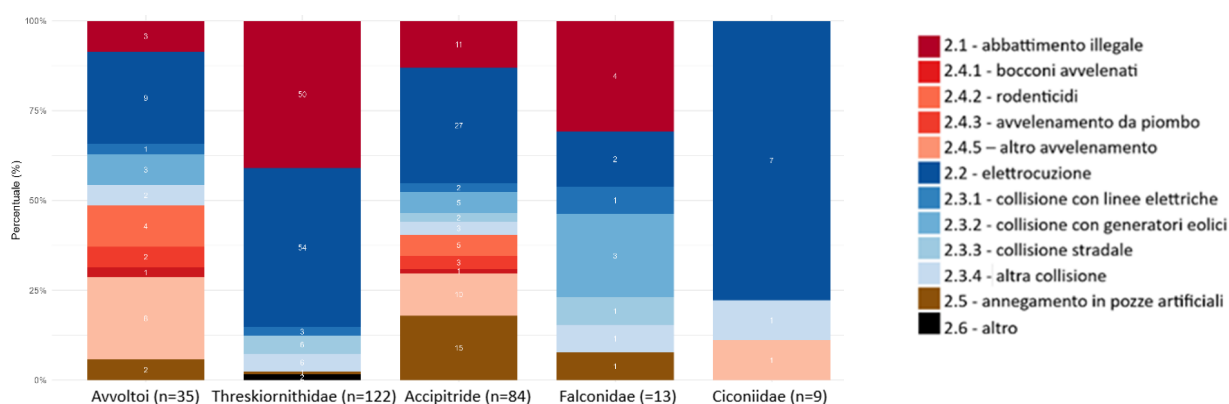


Fig. 11. Cause di mortalità antropica nei gruppi di specie maggiormente rappresentati nel dataset analizzato (n=263)

Per l'ibis eremita, l'elettrocuzione (44,3%, n=54) e gli abbattimenti illegali (41%, n=50) rappresentano le due cause antropiche di morte di gran lunga più importanti, seguite dalla collisione (12,3%, n=15) (Fig. 10). Per gli avvoltoi¹, il 42,9% delle morti con causa antropica nota (n=35) è stato attribuito all'avvelenamento (n=15), a fronte del 25,7%, del 17,1% e dell'8,6% attribuiti rispettivamente all'elettrocuzione (n=9), alla collisione (n=6) e all'abbattimento illegale (n=3). L'insieme delle cause di morte per gli avvoltoi è riportato in Fig. 12.

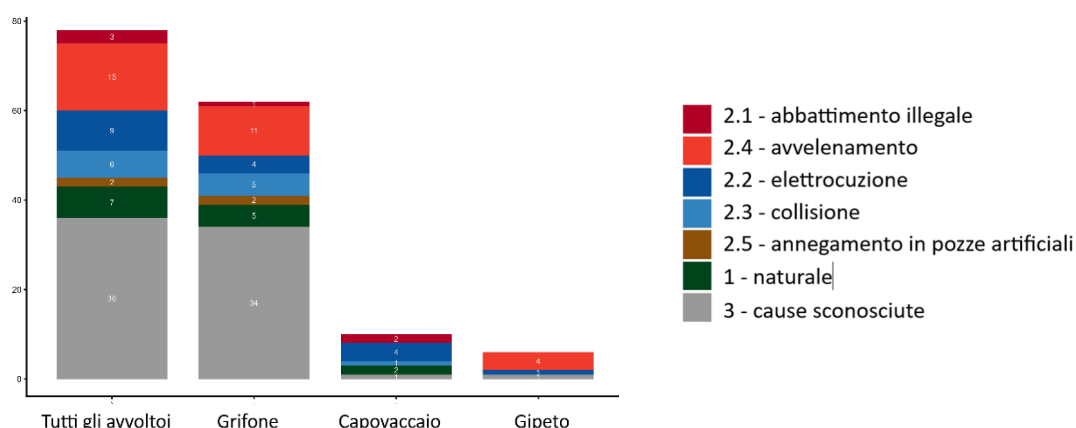


Fig. 12. Cause di mortalità antropiche, naturali e sconosciute per gli avvoltoi (n=78)

¹ Gipeto *Gypaetus barbatus*, capovaccaio *Neophron percnopterus* e grifone *Gyps fulvus*

Nel caso dell'aquila di Bonelli *Aquila fasciata* prevalgono i casi di elettrocuzione (48%, n=12), abbattimento illegale (24%, n=6) e annegamento in vasche artificiali (20%, n=6). Per i nibbi², quest'ultima causa di morte antropica è stata riscontrata un maggior numero di volte (35%, n=7), seguita dall'elettrocuzione (20%, n=4), dalle collisioni (20%, n=4) e dall'avvelenamento (20%, n=4).

L'elettrocuzione rappresenta la causa di morte rilevata più frequentemente, considerando sia le cause naturali, sia quelle indotte dall'uomo. Casi di elettrocuzione si sono registrati per 12 specie (Tabella 3).

Tab. 3. Casi di folgorazione nelle diverse specie, in rapporto al numero di morti accertate o molto probabili (casistiche 2 e 3) per le quali è stata attribuita la causa di morte. Nelle colonne che seguono il nome delle specie è riportato lo stato di conservazione indicato nelle liste italiana, europea e mondiale (BirdLife International 2021, Gustin et al. 2021, IUCN 2026). RE=estinta nella regione; CR=in pericolo critico; EN=in pericolo; VU=vulnerabile; NT=quasi minacciata; LC=minor preoccupazione; NE=non valutata

specie	lista rossa italiana	lista rossa europea	lista rossa IUCN	n folgorati	n cause accertate	% folgorati
Cicogna bianca	LC	LC	LC	7	10	70,0
Ibis eremita	NE	RE	EN	54	198	27,3
Gufo reale	NT	LC	LC	1	2	50,0
Gipeto	CR	NT	NT	1	5	20,0
Capovaccaio	CR	VU	EN	4	9	44,4
Grifone	CR	LC	LC	4	28	14,3
Aquila reale	NT	LC	LC	1	2	50,0
Aquila di Bonelli	EN	LC	LC	12	39	30,8
Astore sardo	EN	NE	NE	1	1	100,0
Nibbio reale	VU	LC	LC	3	28	10,7
Nibbio bruno	LC	LC	LC	1	2	50,0
Lanario	EN	EN	LC	2	8	25,0
totale				91	332	27,4

Considerando le sole specie con un maggior numero di dati (n>8) si rileva come l'elettrocuzione colpisca particolarmente la cicogna bianca *Ciconia ciconia*, il capovaccaio, l'aquila di Bonelli e l'ibis eremita. L'impatto è particolarmente rilevante anche su specie o sottospecie caratterizzate da uno stato di conservazione sfavorevole in Italia, in Europa o a livello globale (Tabella 3). I casi accertati di elettrocuzione risultano distribuiti in modo sostanzialmente uniforme sul territorio nazionale (Fig. 13).

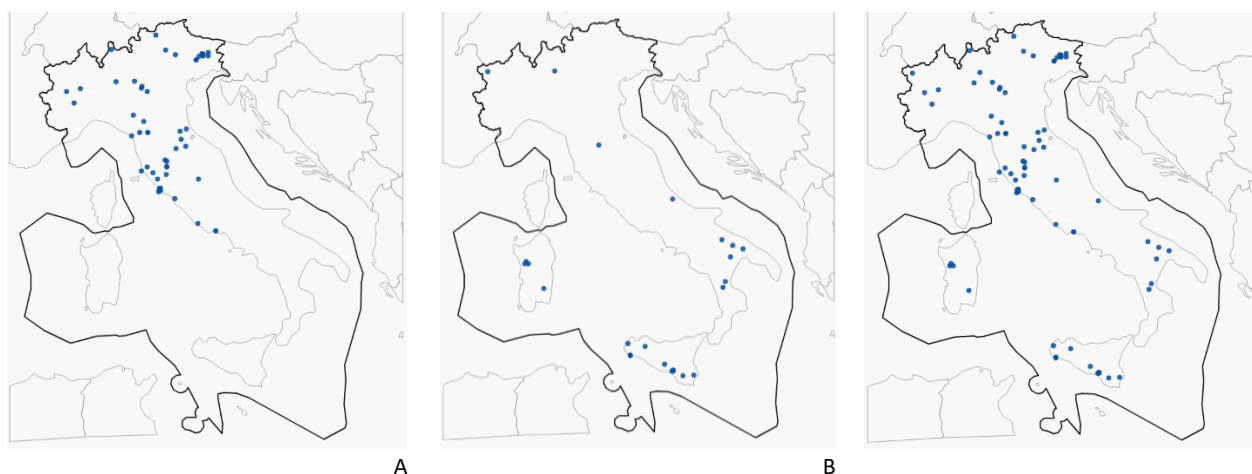


Fig. 13. Localizzazione dei casi di elettrocuzione. A: ibis eremita (n=54); B: altri taxa (n=37); C: intero set di dati (n=91). La linea scura indica l'area di studio, rappresentata dal territorio italiano e dalle acque marine comprese nella zona economica esclusiva

² Nibbio reale *Milvus milvus* e nibbio bruno *Milvus migrans*

Mettendo in relazione le morti per causa naturale, antropica e sconosciuta con lo *Human Impact Index* (Fig. 14.) si osserva come in linea generale le morti per cause legate all'uomo siano più frequenti in contesti caratterizzati da un grado di antropizzazione medio-basso e tendano a diminuire in aree maggiormente urbanizzate.

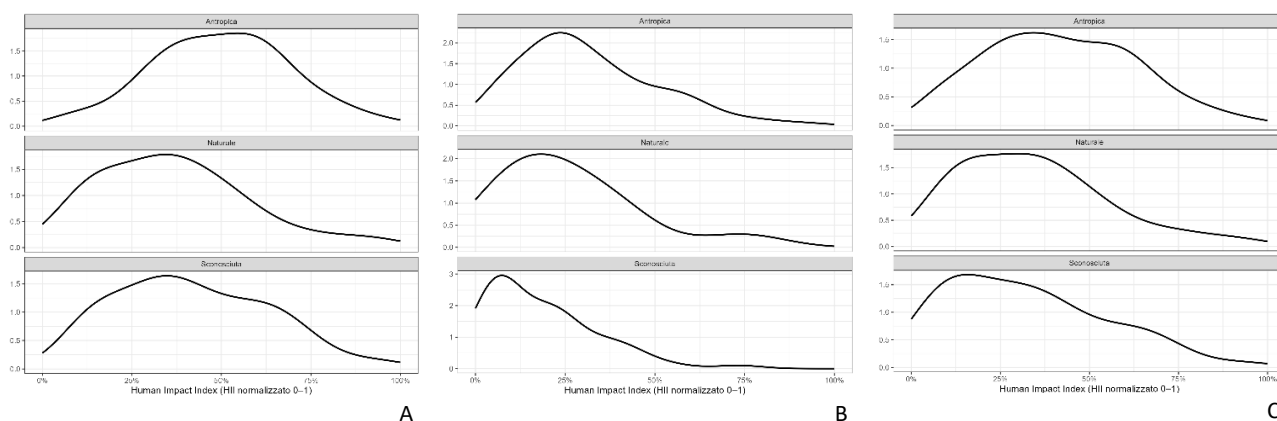


Fig. 14. Densità degli eventi di mortalità in funzione del grado di antropizzazione del territorio valutato tramite lo *Human Impact Index*. Le curve si riferiscono agli eventi di mortalità per cause antropiche (in alto), naturali (al centro) e sconosciute (in basso). A: ibis eremita (n=285); B: altri taxa (n=186); C: intero set di dati (n=471)

Tale fenomeno può essere giustificato dal fatto che gli uccelli tendono ad evitare le aree maggiormente antropizzate, quali i centri urbani e gli impianti industriali. Confrontando le curve degli eventi di mortalità dell'ibis eremita con quelle degli altri taxa, si osserva come per l'ibis eremita si siano registrati più casi in contesti caratterizzati da un elevato *Human Impact Index* (Fig. 14 A e B). Un'analoga situazione si verifica considerando i soli eventi di morte per elettrocuzione (Fig. 15).

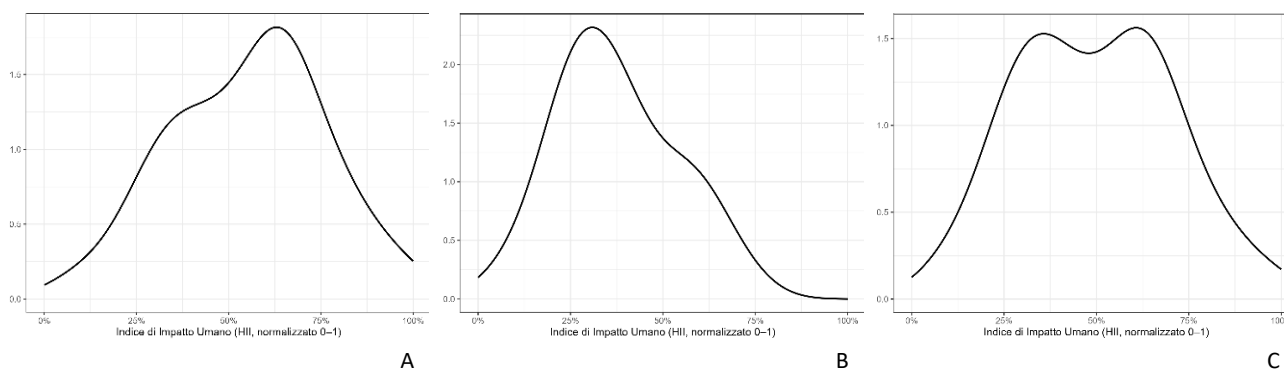


Fig. 15. Densità degli eventi di elettrocuzione in funzione del grado di antropizzazione del territorio valutato tramite lo *Human Impact Index*. A: ibis eremita (n=53); B: altri taxa (n=25); C: intero set di dati (n=78)

DISCUSSIONE

Grazie alla collaborazione di un elevato numero di ornitologi attivi in Italia e all'estero, nel corso del presente studio è stato possibile raccogliere e analizzare un consistente set di dati. Ciò ha consentito di identificare con un buon livello di precisione le principali cause di mortalità in Italia per l'avifauna terrestre di dimensioni medio-grandi.

Il campione raccolto risulta ampio e ben distribuito sul territorio italiano (Fig. 3). La circostanza che in alcune zone si siano registrate maggiori densità di ritrovamenti non implica necessariamente l'esistenza di

aree in cui i rischi di mortalità per l'avifauna siano maggiori: tali differenze, infatti, potrebbero essere influenzate anche dagli areali delle popolazioni oggetto di monitoraggio tramite strumentazione satellitare.

Il dato più rilevante che emerge dalle analisi riguarda l'importanza relativa delle diverse cause di morte (Fig. 7). **Le cause di morte legate alle attività antropiche (45,3%, n=230) risultano 1,9 volte più frequenti rispetto alle cause naturali (23,4%, n=119)** (Fig.6); questo rapporto appare superiore a quello calcolato per l'intera *flyway* eurasiatica-africana, corrispondente a 1,6, ma inferiore a quello riferito alla sola Africa, pari a 2,4 (Serratos et al. 2024).

Le analisi effettuate hanno mostrato come le morti per cause legate all'uomo siano più frequenti in contesti caratterizzati da un grado di antropizzazione medio-basso e tendano a diminuire in aree più edificate (Fig. 14). Tale fenomeno può essere giustificato dal fatto che gli uccelli di norma evitano le aree maggiormente antropizzate, quali i centri urbani e gli impianti industriali. Confrontando le curve degli eventi di mortalità dell'ibis eremita (Fig. 14 A) con quelle degli altri *taxa* (Fig. 14 B), si osserva come per l'ibis eremita si siano registrati più casi in contesti maggiormente modificati dall'uomo; tale circostanza suggerisce che questa specie sia caratterizzata da un più alto grado di sinantropismo rispetto all'insieme degli altri *taxa*.

In Italia, **il principale fattore di mortalità risulta l'elettrocuzione (26,1%, n=91), seguita dall'abbattimento illegale (18,6%, n=65) e dalle collisioni (10%, n=35).**

Considerando nel loro complesso le morti causate dalla rete di distribuzione dell'energia elettrica e dagli impianti di produzione di energia eolica³, si rileva come **le infrastrutture energetiche determinino il maggior impatto sull'avifauna** oggetto di studio, provocando il 30,1% (n=105) di tutte le morti con causa accertata. **Il bracconaggio (IKB)⁴ rappresentano la seconda minaccia per gravità**, determinando il 20,1% delle morti (n=70) (Tabella 4).

Tab. 4. Principali cause di morte, in rapporto al numero di morti accertate o molto probabili (casistiche 2 e 3) per le quali è stata attribuita la causa di morte

	ibis eremita	%	altri taxa	%	totale	%
Infrastrutture energetiche	57	37,7	48	31,8	105	30,1
bracconaggio	50	25,3	20	13,2	70	20,1
altre cause antropiche	15	7,6	40	26,5	55	15,8
eventi meteorici	43	21,7	2	1,3	45	12,9
predazione	17	8,6	19	12,6	36	10,3
altre cause naturali	16	8,1	22	14,6	38	10,9
totale	198		151		353	

Nell'interpretazione dei dati occorre considerare come verosimilmente alcune cause di mortalità siano state sottostimate. Il caso più emblematico è rappresentato dall'avvelenamento: per 20 grifoni *Gyps fulvus* si è sospettato che il decesso fosse stato determinato dall'assunzione di sostanze tossiche; tuttavia, non essendo stato possibile effettuare analisi diagnostiche di laboratorio, la causa di morte è stata classificata come sconosciuta. Per ovviare a questa situazione **sarebbe opportuno migliorare il sistema di raccolta e analisi delle spoglie degli animali presso gli Istituti Zooprofilattici Sperimentali**, ad esempio prevedendo la creazione un coordinamento nazionale che promuova l'adozione di procedure comuni e la formazione del personale tecnico. In particolare, si dovrebbe prevedere la standardizzazione degli esami tossicologici per verificare la presenza delle sostanze più pericolose per i rapaci, come i rodenticidi, i carbammati, i farmaci antinfiammatori non steroidei e il piombo. A riguardo del piombo, è emblematico il fatto che nel presente

³ cause di morte 2.2 Elettrocuzione, 2.3.1 Collisione con linee elettriche e 2.3.2 Collisione con generatori eolici

⁴ 2.1 Abbattimento illegale e 2.4.1 Bocconi avvelenati

studio la morte per saturnismo negli avvoltoi sia stata accertata solamente in un gipeto, a fronte di ricerche che mostrano come questa minaccia impatti fortemente sulle popolazioni dei rapaci necrofagi (Bassi et al. 2021; Green et al. 2022).

La distribuzione spaziale dei casi di elettrocuzione suggerisce come il rischio di folgorazione per l'avifauna sia omogeneamente diffuso sul territorio nazionale (Fig. 13). La circostanza che in alcune regioni come il Friuli Venezia Giulia e la Toscana risulti un numero più elevato di eventi sembra essere imputabile più a una maggiore disponibilità di dati (si veda la Fig. 7 per un confronto) che ad una maggiore impatto dell'elettrocuzione in queste aree del Paese. L'ampia distribuzione degli episodi di elettrocuzione può essere spiegata considerando da un lato la capillare diffusione della rete elettrica, che si estende per circa 1,29 milioni di chilometri (ENEL 2024), dall'altro la circostanza che l'Italia è interessata da un consistente flusso di uccelli migratori originari dell'Europa centro-settentrionale e orientale che interessa tutta la penisola e le isole maggiori (Panuccio et al. 2021, Spina et al. 2022). È ragionevole ipotizzare, tuttavia, che in alcuni contesti in cui si osserva una maggiore densità di casi, come nel sud della Sicilia, l'impatto dell'elettrocuzione sia effettivamente maggiore, in relazione all'esistenza corridoi di migrazione in cui si verificano elevate concentrazioni di uccelli in aree ristrette.

L'elettrocuzione colpisce in modo rilevante specie caratterizzate da uno stato di conservazione sfavorevole in Italia (Tabella. 3). I dati raccolti suggeriscono come questa minaccia possa vanificare gli sforzi messi in campo per la tutela di molti *taxa* di interesse prioritario, quali il capovaccaio, l'aquila di Bonelli, il lanario *Falco biarmicus* e l'ibis eremita, tutte specie per le quali sono stati avviati progetti di conservazione cofinanziati con fondi comunitari.

Considerata la rilevanza dell'impatto che la rete elettrica ha sull'avifauna, riveste un interesse prioritario l'adozione di adeguate misure per la messa in sicurezza delle linee esistenti e per quelle di nuova creazione. Per le reti esistenti occorre intervenire con interventi finalizzati ad isolare i cavi sino ad una distanza di almeno 1,5 m dal sostegno, seguendo le linee guida prodotte dall'IUCN nel 2022 (Martín Martín et al. 2022). Per le nuove linee, va considerato come la rete di distribuzione dell'energia sia in forte sviluppo anche a seguito della diffusione degli impianti per la produzione di energia rinnovabile: nel solo 2023 sono stati realizzati 2.900 km in media tensione (ENEL 2024). Data la rilevanza della crescita di queste infrastrutture, nella stesura delle nuove linee è importante prevedere esclusivamente l'impiego di supporti specificatamente progettati in modo da prevenire il rischio di folgorazione. L'utilizzo di soluzioni tecniche sviluppate per prevenire la folgorazione degli uccelli non solo garantisce una maggiore efficacia, ma anche riduce sensibilmente la necessità di attuare gli interventi di manutenzione necessarie per sostituire periodicamente le guaine isolanti utilizzate per la messa in sicurezza delle linee esistenti. Inoltre, l'analisi della frequenza dei casi di elettrocuzione in rapporto allo *Human Impact index* (Fig. 15) mostra come sia necessario procedere all'isolamento non solo delle linee elettriche ubicati nelle aree di maggiore valenza naturalistica, ma anche di quelle che ricadono in zone maggiormente antropizzate come le aree agricole, dove molte specie trovano condizioni ideali per la sosta e il foraggiamento.

Parallelamente occorre attuare misure volte a prevenire la collisione con i cavi sospesi; anche per questa tipologia di interventi è consigliabile seguire le indicazioni fornite dall'IUCN (Martín Martín et al. 2022).

La collisione contro le pale eoliche rappresenta un'altra importante causa di mortalità la cui rilevanza è destinata ad accrescersi nei prossimi anni, vista la rapida diffusione che gli impianti per la produzione di energia eolica stanno avendo sia *onshore* che *offshore* (Greco e Serri 2022). Per prevenire e mitigare questa minaccia occorre innanzitutto effettuare un'attenta pianificazione, individuando le aree maggiormente sensibili in cui interdire la realizzazione di tali infrastrutture. Vista le difficoltà che si incontrano nell'attenuare i rischi per l'avifauna, si suggerisce di intensificare le ricerche per individuare accorgimenti in grado di limitare il più possibile le collisioni. Al tempo stesso è auspicabile l'adozione di **misure di compensazione, quali ad**

esempio la messa in sicurezza di una lunghezza di linee elettriche tale da prevenire la morte di un numero di uccelli superiore a quello atteso per l'impatto contro le pale (Cole e Dahl 2013).

Altra minaccia rilevante è rappresentata dalle **uccisioni illegali**. Anche in questo caso sono colpite specie di rilevante interesse conservazionistico, in particolare ibis eremita e uccelli da preda. Per prevenire questa minaccia occorre intervenire su più fronti (Andreotti e Aradis 2022), dando piena attuazione al Piano Strategico di Roma⁵ approvato dalla Convenzione di Berna per la conservazione della flora e della fauna selvatiche e degli ambienti naturali e dalla Convenzione di Bonn per la conservazione delle specie migratrici (UNEP-CMS). Rispetto al quadro delle conoscenze disponibili in tema di uccisioni illegali, un aspetto che andrebbe ulteriormente approfondito riguarda il bracconaggio nel Canale di Sicilia, un fenomeno che potrebbe essere collegato alla scomparsa di alcuni capovaccaia in migrazione verso l'Africa. Essendo tali scomparse avvenute al di fuori della zona economica esclusiva, non sono state prese in esame nel presente studio.

Infine, si segnala il numero di casi inaspettatamente elevato di morti per **affogamento in vasche artificiali** (n=17). Il fenomeno risulta particolarmente rilevante nel sud della penisola e nelle due isole maggiori, probabilmente in relazione alle condizioni di maggiore aridità che spinge gli uccelli a ricercare l'acqua in corrispondenza di bacini o vasche artificiali che talvolta possono rappresentare delle vere e proprie trappole per come sono configurate le sponde. Questa problematica va valutata attentamente nei diversi contesti territoriali e, ove necessario, vanno previsti interventi di mitigazione.

CONCLUSIONI

Lo studio realizzato ha confermato l'importanza che i dati di telemetria satellitare rivestono ai fini di programmare efficaci politiche di conservazione dell'avifauna.

Grazie ai dati raccolti è stato possibile verificare che:

- le cause di morte antropiche sono 1,9 volte superiori a quelle naturali;
- le principali cause di morte sono l'elettrocuzione e le uccisioni illegali, che insieme rappresentano il 44,7% delle morti con causa nota;
- l'insieme delle morti causate dalle infrastrutture elettriche (elettrocuzione e collisione) e dal bracconaggio (uccisioni illegali e bocconi avvelenati) supera il 50% delle morti con causa nota;
- elettrocuzione e bracconaggio impattano fortemente su specie di prioritario interesse conservazionistico, molte delle quali oggetto di progetti di conservazione cofinanziati dall'Unione Europea;
- la determinazione delle cause di morte va migliorata soprattutto potenziando le strutture preposte ad effettuare le analisi tossicologiche.

Data la rilevanza che l'Italia riveste nell'ambito del sistema migratorio eurasiatico e africano, le cause di morte rilevate nel corso del presente studio sono destinate ad avere un impatto anche al di fuori dei confini nazionali.

Per assicurare la conservazione dell'avifauna presente in Italia stabilmente o durante le fasi di svernamento e migrazione rivestono priorità assoluta la mitigazione dell'impatto causato dalle linee elettriche e dagli impianti eolici e il contrasto al bracconaggio.

⁵ <https://www.cms.int/taskforce/mikt/rome-strategic-plan-2020-2023>

BIBLIOGRAFIA

Andreotti A., Arianna A. (eds.) 2022. I crimini contro gli uccelli selvatici. Approfondimenti tematici per un'efficace azione di contrasto. Documenti Tecnici ISPRA. <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/documenti-tecnici/i-crimini-contro-gli-uccelli-selvatici-approfondimenti-tematici-per-unefficace-azione-di-contrasto>

Bassi E., Facchetti R., Ferloni M., Pastorino A., Bianchi A., Fedrizzi G., ... Andreotti, A. 2021. Lead contamination in tissues of large avian scavengers in south-central Europe. *Science of The Total Environment* 778, 146130. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146130>

BirdLife International 2021. European Red List of Birds. Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://www.birdlife.org/wp-content/uploads/2022/05/BirdLife-European-Red-List-of-Birds-2021.pdf.pdf>

Brand C.J. 2013. Wildlife mortality investigation and disease research: contributions of the USGS National Wildlife Health Center to endangered species management and recovery. *EcoHealth* 10(4): 446-454. <https://doi.org/10.1007/s10393-013-0897-4>

Buechley E.R., Oppel S., Efrat R., Phipps W.L., Carbonell Alanís I., Álvarez E., ... Marra P.P. 2021. Differential survival throughout the full annual cycle of a migratory bird presents a life history trade-off. *Journal of Animal Ecology* 5: 1228-1238. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13449>

Cheng J., Schloerke B., Karambelkar B., Xie Y., Aden-Buie G. 2025. leaflet: Create Interactive Web Maps with the JavaScript 'Leaflet' Library. R package version 2.2.3. <https://rstudio.github.io/leaflet/>

Cole, S.G., Dahl, E.L., 2013. Compensating White-tailed Eagle mortality at the Smøla wind power plant using electrocution prevention measures. *Wildlife Society Bulletin* 37, 84–93. <https://doi.org/10.1002/wsb.263>

ENEL 2024. La rete di distribuzione italiana: alla scoperta del lungo viaggio dell'energia. <https://corporate.enel.it/media/esplora-notizie/notizie/2024/09/espansione-rete-distribuzione-2024> accessed on 19 January 2026

Flanders Marine Institute 2020. Union of the ESRI Country shapefile and the Exclusive Economic Zones (version 3). <https://www.marineregions.org/.https://doi.org/10.14284/403> accessed on 04 January 2026

García J., Salinas P., García P., Jambas J., Carbonell I., Morant J., Cano-Alonso, L. S. 2024. Year-round differences in the use of roosting sites in an endangered vulture reveal gaps in protected areas coverage. *Biodiversity and Conservation* 33(14): 4139-4154. <https://doi.org/10.1007/s10531-024-02943-5>

Greco L., Serri L. 2022. Report 2022 - Italy. IEA Technology Collaborative Programme. https://iea-wind.org/wp-content/uploads/2023/10/Italy_2022.pdf

Green R.E., Pain D.J., Krone O. 2022. The impact of lead poisoning from ammunition sources on raptor populations in Europe. *Science of the Total Environment* 823: 154017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154017>

Grolemund G., Wickham H. 2011. Dates and Times Made Easy with lubridate. *Journal of Statistical Software* 40(3):1-25. <https://www.jstatsoft.org/v40/i03/>

Gustin M., Nardelli R., Brichetti P., Battistoni A., Rondinini C., Teofili C. (eds.) 2021 Lista Rossa IUCN degli uccelli nidificanti in Italia 2021 Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma. https://www.mase.gov.it/portale/documents/d/guest/lista_rossa_uccelli-nidificanti_2021-pdf

Hays G.C. 2014. Tracking animals to their death. *Journal of Animal Ecology* 83: 5-6. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12164>

Hijmans R.J., Barbosa M., Bivand R., Brown A., Chirico M., Cordano E., Dyba K., Pebesma E., Rowlingson B., Sumner M.D. 2026. terra: Spatial Data Analysis. R package. <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.terra>

ISTAT 2024. Confini delle unità amministrative a fini statistici (dataset cartografici). Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT).

IUCN 2026. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025-2. <https://www.iucnredlist.org> accessed on 19 January 2026

Klaassen R.H., Hake M., Strandberg R., Koks B.J., Trierweiler C., Exo K.M., ... Alerstam T. 2014. When and where does mortality occur in migratory birds? Direct evidence from long-term satellite tracking of raptors. *Journal of Animal Ecology* 83(1): 176-184. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12135>

Lei J., Jia Y., Zuo A., Zeng Q., Shi L., Zhou Y., ... Wen L. 2019. Bird satellite tracking revealed critical protection gaps in East Asian–Australasian Flyway. *International journal of environmental research and public health*: 16(7): 1147. <https://doi.org/10.3390/ijerph16071147>

Martín Martín J., Garrido López J.R., Clavero Sousa H., Barrios V. (eds.) 2022. Wildlife and power lines. Guidelines for preventing and mitigating wildlife mortality associated with electricity distribution networks. IUCN, Gland, Switzerland. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2022.10.en>

Michev B.T., Peev S.G., Michev T.M. 2014. Birds of open waters off the Bulgarian Black Sea coast. *Acta zoologica bulgarica* 66(4): 485-492.

Natural Earth 2009. Natural Earth Data (vector dataset). <https://www.naturalearthdata.com/>

OpenStreetMap contributors 2026. OpenStreetMap. <https://www.openstreetmap.org/>

Panuccio M., Mellone U., Agostini N. (eds.) 2021. Migration strategies of birds of prey in Western Palearctic. CRC press, Boca Raton, Florida.

Pebesma E. 2018. Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. *The R Journal* 10(1):439-446. <https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009>

Pebesma E., Bivand R. 2023. Spatial Data Science: With Applications. R. Chapman and Hall/CRC, New York. <https://doi.org/10.1201/9780429459016>

Posit team 2025. RStudio: Integrated Development Environment for R. Posit Software, PBC, Boston, MA. <https://posit.co/products/open-source/rstudio/>

R Core Team 2025. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

Rodríguez A., Rodríguez B., Negro J.J. 2015. GPS tracking for mapping seabird mortality induced by light pollution. *Scientific reports* 5(1): 10670. <https://doi.org/10.1038/srep10670>

Sanderson E.W., Fisher K., Robinson N.D., Sampson D., Duncan A.J., Royte L. 2022. The March of the Human Footprint. <https://doi.org/10.32942/osf.io/d7rh6>

Sergio F., Tavecchia G., Tanferna A., Blas J., Blanco G., Hiraldo, F. 2019. When and where mortality occurs throughout the annual cycle changes with age in a migratory bird: Individual vs population implications. *Scientific Reports* 9(1): 17352. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54026-z>

Serratosa J., Oppel S., Rotics S., Santangeli A., Butchart S.H., Cano-Alonso L.S., ... Nygård T. 2024. Tracking data highlight the importance of human-induced mortality for large migratory birds at a flyway scale. *Biological Conservation* 293: 110525. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110525>

Slowikowski K. 2024. ggrepel: Automatically Position Non-Overlapping Text Labels with 'ggplot2'. R package version 0.9.6. <https://CRAN.R-project.org/package=ggrepel>

South A. 2026. rnatualearth: World Map Data from Natural Earth. R package. <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.rnatualearth>

South A., Schramm M., Massicotte P. 2024. rnatualearthdata: World Vector Map Data from Natural Earth Used in 'rnatualearth'. R package. <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.rnatualearthdata>

Spina F., Baillie S.R., Bairlein F., Fiedler W., Thorup K. 2022. The Eurasian African Bird Migration Atlas, EURING/CMS. <https://migrationatlas.org/> accessed on 19 January 2026

Suryan R.M., Dietrich K.S., Melvin E.F., Balogh G.R., Sato F., Ozaki K. 2007. Migratory routes of short-tailed albatrosses: Use of exclusive economic zones of North Pacific Rim countries and spatial overlap with commercial fisheries in Alaska. *Biological Conservation*, 137(3): 450-460. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.03.015>

Szaro R.C. 2008. Endangered species and nature conservation: science issues and challenges. *Integrative Zoology* 3(2): 75-82. <https://doi.org/10.1111/j.1749-4877.2008.00075.x>

Vaidyanathan R., Xie Y., Allaire J.J., Cheng J., Sievert C., Russell K. 2023. htmlwidgets: HTML Widgets for R. R package version 1.6.4. <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.htmlwidgets>

Wickham H. 2016. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag, New York.

Wickham H., Averick M., Bryan J., Chang W., McGowan L.D., François R., ... Yutani H. 2019. Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software* 4(43):1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>

Wickham H., François R., Henry L., Müller K., Vaughan D. 2023. dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package version 1.1.4. <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.dplyr>

Wickham H., Hester J., Bryan J. 2025a. readr: Read Rectangular Text Data. R package version 2.1.6. <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.readr>

Wickham H., Pedersen T.L., Seidel D. 2025b. scales: Scale Functions for Visualization. R package version 1.4.0. <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.scales>

ALLEGATO I – PROTOCOLLO DELLA RICERCA

UNCOVERING THE DRIVERS OF AVIAN MORTALITY IN ITALY: INSIGHTS FROM SATELLITE-TELEMETRY

The acquisition of data on the causes of bird mortality is crucial to identifying the main threats affecting different species and defining the most appropriate conservation measures.

A recent study conducted across the African-Eurasian flyway by BirdLife International, using satellite telemetry data, revealed that anthropogenic causes of mortality far exceed natural factors (see Fig. 1, from: Serratos et al. 2024 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110525>).

To provide a detailed overview of the situation at the national level, ISPRA, under mandate from the Italian Ministry of the Environment and Energy Security (MASE), is promoting a similar study focusing exclusively on mortality events occurring within the Italian territory and adjacent marine areas.

For this purpose, we are requesting the collaboration of anyone who holds information on bird mortality in Italy derived from satellite telemetry projects conducted on species belonging to the following families: Phoenicopteridae, Ciconiidae, Threskiornithidae, Ardeidae, Pandionidae, Accipitridae, Falconidae, Gruidae, Tytonidae, and Strigidae.

Study objectives

The study aims to investigate the causes of bird mortality in Italy using data collected via satellite telemetry. Specifically, the analysis will focus on:

- Identifying the main mortality factors for birds in Italy, distinguishing between anthropogenic and natural causes;
- Assessing the relative importance of different anthropogenic mortality causes (electrocution, collision, illegal killings, poisoning, etc.);
- Evaluating the variability of mortality factors across taxonomic groups, age classes, and life cycle stages (migration/wintering/breeding);
- Investigating how mortality factors vary in relation to environmental and/or geographical contexts.

Data requirements

The study will exclusively consider mortality data from birds found within Italy and its surrounding marine areas; satellite tracking data are not required. We request the relevant information for each individual bird dead in Italy: location and date of tagging and death, type of device used, recovery conditions, cause of death, method used to determine the cause, and certainty level of cause attribution.

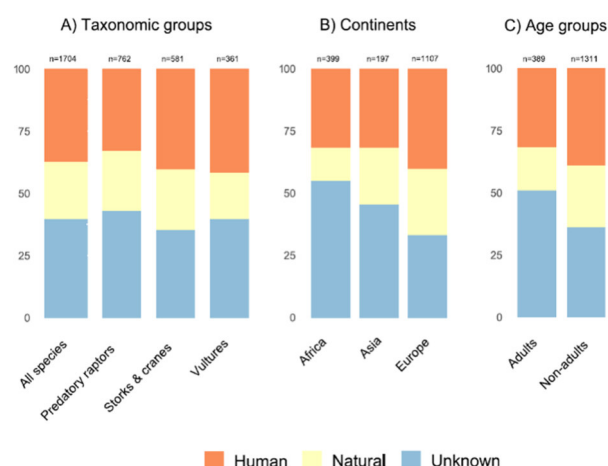


Figure 1 – Causes of mortality for raptors, storks, and cranes along the African-Eurasian flyway.

For nestlings tagged at nests, it will be possible to report the coordinates of the nearest village rather than the exact nest location to protect sensitive sites.

All available data on birds tagged with satellite telemetry will be used in the study, including:

1. wild individuals captured either as nestlings or adults;
2. captive-bred individuals released as part of reintroduction programs;
3. birds rehabilitated in wildlife recovery centers and released into the wild.

Data on injured or weakened birds that were found and would likely not have survived without human intervention may also be considered as mortality data.

Data submission

Participants are invited to fill in the worksheets named “Mortality data” and “Data Origin” in the Excel file *Data form_GPS_Mortality data for Italy* here attached, following the guidelines provided in the worksheet “Instructions”.

Data usage and authorship

The study aims to draft a technical report for the Italian Ministry of the Environment and Energy Security and, subsequently, a scientific paper.

The report will include a detailed list of contributors and the projects from which data were obtained.

As for the scientific publication, a draft manuscript will be circulated among all contributors, allowing everyone to review and provide input. Contributors will also be given the opportunity to become co-authors of the paper.

The collected data will not be used for any other purpose or shared with third parties without the explicit consent of the data providers. For details, see the file “Data use and accessibility”

Contacts

To request additional information, please contact:

- Alessandro Andreotti - alessandro.andreotti@isprambiente.it
- Arianna Aradis – arianna.aradis@isprambiente.it
- Pierpaolo Storino – pierpaolo.storino@isprambiente.it

We kindly ask you to submit the requested data by **August 10, 2025**.



ALLEGATO II – AGREEMENT PER LA GESTIONE DEI DATI

DETAILS ON DATA USE AND ACCESSIBILITY

This document provides data sharing details (data use, and data accessibility) for the project “Uncovering the drivers of avian mortality in Italy: insights from satellite-telemetry”. This project is coordinated by the Italian Institute for Environmental Protection and Research (ISPRA) and funded by the Italian Ministry of the Environment and Energetic Safety (MASE). It is aimed at producing a technical report (in Italian) to inform MASE’s policy for bird conservation and a scientific paper to be published in an international journal.

We assume that all collaborators agree with these procedures upon sharing their data.

DATA USE AND ACCESSIBILITY PROCEDURES

1. All mortality and/or tracking data you share will only be used for the purposes of the project “Uncovering the drivers of avian mortality in Italy: insights from satellite-telemetry”.
2. Your data will be used and analysed in combination with other data (hereafter ‘final dataset’), with the objective of producing conservation relevant outputs.
3. In the technical report we will cite all contributors who have provided data.
4. We invite all collaborators who contribute both ‘Data origin’ and ‘Mortality data’ to take part as co-authors in any scientific publications resulting from using your information. If you are willing to share your data but prefer not to be listed as a co-author, or if you provide ‘Data origin’ only we will provide full and appropriate acknowledgment of your data contribution.
5. If new ideas for analyses leading to new publications emerge during the project, we will request your explicit permission for using your dataset in those analyses and invite you to co-author the corresponding publications.
6. We will not use your data, or any data generated from our analyses, for commercial purposes.
7. We will not pass your data to any third parties without your explicit permission.
8. Many journals now require authors to make available the dataset needed to duplicate/validate the results. In such a case, we will only make available the minimum dataset needed to reproduce the specific results obtained. For example, this may include point coordinates of mortality events for multiple species but without all associated attributes. **If you have any further questions or would like to discuss any of the details presented in this document, do not hesitate to contact us:**

Alessandro Andreotti alessandro.andreotti@isprambiente.it

Arianna Aradis arianna.aradis@isprambiente.it

Pierpaolo Storino pierpaolo.storino@isprambiente.it

**Avian Migration Branch
ISPRA**

ALLEGATO III – FORMAT PER L'INSERIMENTO DEI DATI

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
	Individual information				Tagging information							Mortality information					Already considered by Serratos et al 2024	
	Species (scientific name)	Age	Sex	Status	Transmitter ID	Transmitter type	Individual ID	Date of tagging	X (longitude)	Y (latitude)	Country of tag	Cause of tracking interruption	Date of death	X (longitude)	Y (latitude)	Cause of death	Notes	YES/NO
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2	Contact information									
3	Personal Name:					Current affiliation:				
4	Email:									
5										
6	Projects under which these data were collected (if applicable):									
7										
8										
9										
10	Species:									
11										
12	Total number of birds tagged:									
13										
14	Total number of tagged birds where the satellite transmission signal failed for:									
15	1) An unknown reason									
16	2) A technical failure									
17	3) A mortality event									

Fogli di lavoro in formato Excel predisposti per l'inserimento dei dati relativi agli eventi di mortalità (in alto) e ai singoli progetti di studio condotti con l'ausilio di strumenti per il tracciamento satellitare (a sinistra)

ALLEGATO IV – ISTRUZIONI PER L'INSERIMENTO DEI DATI

A	B
	EXPLANATION
Data origin	
Species	Species considered when answering this questionnaire. If you have information regarding several species, please create one "Data origin" spreadsheet per species. In the "Mortality data" spreadsheet you can list information for all species
Project name (optional)	
Total number of birds tagged	Total number of birds that were fitted with a satellite tracking tag during the project, field work campaign or period of time considered when answering this survey.
Total number of tagged birds where the satellite	
1) An unknown reason	Total number of transmission failures for which a particular reason could not be determined
2) A technical failure	Total number of transmission failures that were identified as a technical problem (e.g. tag breaks down, harness failure, battery failure)
3) A mortality event	Total number of transmission failures that were identified as a mortality event by different methodologies (see cause of signal interruption)
Mortality data	
Individual information	
Age at tagging	Age when the bird was tagged - Choose from drop down list: 1. Pullus/juvenile. Bird in its first calendar year: still in the nest, not yet able to fly or recently fledged 2. Immature/sub-adult. No longer a juvenile but not an adult yet 3. Adult. Full adult plumage and sexually mature
Sex	Choose from drop down list (male, female, unknown)
Status	Choose from drop down list (wild bird, wild bird rescued and released, captive-born bird released into the wild)
Tagging information	
Transmitter ID	Unique sequence of characters that was used to identifying the tag
Transmitter type	GPS-GSM, PTT, etc.
Individual ID	Unique sequence of characters that was used to identifying the individual bird that was tagged (for instance, the number of the ring)
Date of tagging	dd/mm/yyyy
X (longitude)	In degrees (°) following WGS 1984 geographical coordinate system - For nestlings tagged at nests, you can report the coordinates of the nearest village rather than the exact nest location to protect sensitive sites
Y (latitude)	In degrees (°) following WGS 1984 geographical coordinate system - For nestlings tagged at nests, you can report the coordinates of the nearest village rather than the exact nest location to protect sensitive sites
Mortality event	
Cause of tracking interruption (modified from Klassen et al.	Choose from drop down list: 1. Possible death of the bird. Loss of radio contact occurred abruptly and in spite of preceding good transmission and/or battery performance 2. Very probable death of bird. Tracking data indicated mortality by methods outlined in Sergio et al. 2019: e.g., stationary GPS positions (activity counter stopped/became stable indicating a static tag)/change in temperature (to ambient 3. Confirmed death of bird. Tracking data indicated mortality and this was confirmed by additional in situ observations (e.g. local contacts, field surveys) 4. Possible GPS failure. The loss of radio contact was preceded by GPS malfunctioning or low level of the battery charge 5. Unknown
Date of death	dd/mm/yyyy
X (longitude)	In degrees (°) following WGS 1984 geographical coordinate system
Y (latitude)	In degrees (°) following WGS 1984 geographical coordinate system
Cause of death	1.- Natural 1.1 Drowning in natural waterbodies 1.2 Predation 1.3 Starvation / exhaustion 1.4 Disease 1.5 Storm 1.6 Other 2.- Human induced 2.1 Illegal shooting 2.2 Electrocutation 2.3 Collision 2.3.1 Power line collision 2.3.2 Wind-farm collision 2.3.3 Road collision (i.e. hit by car) 2.3.4 Other (e.g. building) 2.4 Poisoning 2.4.1 Poisoned baits 2.4.2 Rodenticides 2.4.3 Lead poisoning 2.4.4 Pharmaceutical 2.4.5 Other 2.5 Drowning in artificial pools 2.6 Hunting 2.7 Other 3.- Unknown
Note	Add eventual additional information (e.g.: Carcass found under an electric pylon - Last signals in open sea - Cause of death confirmed by necropsy)
Already considered by Serratos et al 2024	
YES/NO	Indicate if the data was already included in the analysis carried out by Serratos et al 2024 https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110525

Foglio di lavoro in formato Excel predisposto per fornire indicazioni sulle modalità di inserimento dei dati

ALLEGATO V – ELENCO DEI COLLABORATORI E DEI PROGETTI DI RICERCA

Otididae

Gallina prataiola – *Tetrax tetrax*

- Michele Pes; Marco Gustin, LIPU; Andrea Santangeli, IMEDEA - Mediterranean Research Institute

Ciconiidae

Ciconia nera – *Ciconia niger*

- Erika Ottone, Parco Regionale Gallipoli Cognato Piccole Dolomiti Lucane; Marco Delorenzo, Parco Regionale Gallipoli Cognato Piccole Dolomiti Lucane

Cicogna bianca – *Ciconia ciconia*

- Wolfgang Fiedler, Vogelwarte, Svizzera
- Alessandro Andreotti, ISPRA; Arianna Aradis, ISPRA; Andrea Ferri, ISPRA; Pierpaolo Storino, ISPRA; Lorenzo Serra, ISPRA

Treskiornitidae

Ibis eremita – *Geronticus eremita*

- Progetto LIFE+12 BIO/AT/000143 LIFE Northern Bald Ibis “Reason for Hope – Reintroduction of Northern Bald Ibis in Europe” /Progetto LIFE20 NAT/AT/000049 LIFE NBI – LIFE Northern Bald Ibis Angela Di Pumpo, Förderverein Waldrappteam; Daniela Trobe, Förderverein Waldrappteam; Corinna Esterer, Förderverein Waldrappteam; Johannes Fritz, Waldrappteam Conservation & Research; Laura Stefani, Förderverein Waldrappteam

Strigidae

Gufo reale – *Bubo bubo*

- Matteo Mauri, WWF – CRAS Valpredina

Accipitridae

Falco pecchiaiolo – *Pernis apivorus*

- Patrik Byholm, Novia University of Applied Sciences, Finland
- Nicolantonio Agostini, Medraptors

Gipeto – *Gypaetus barbatus*

- Progetto LIFE14 NAT/FR/000050 LIFE GypConnect “Restoration of connections between the Alpine and Pyrenean populations of bearded vulture (*Gypaetus barbatus*)” e Reintroduction of Bearded Vultures in Sardinia
Franziska Lörcher, VCF Vulture Conservation Foundation, IBM International Bearded Vulture Monitoring

Capovaccaio – *Neophron percnopterus*

- Progetto LIFE16 NAT/IT/000659 LIFE *“Egyptian vulture – Measures for the conservation of the Egyptian vulture in Italy and in the Canary Islands”*
Alessandro Andreotti, ISPRA; Arianna Aradis, ISPRA; Andrea Ferri, ISPRA; Pierpaolo Storino, ISPRA; Guido Ceccolini, Associazione CERM; Anna Cenerini, Associazione CERM

Biancone – *Circaetus gallicus*

- Ugo Mellone, Mediterranean Raptor Migration Network; Vicente Urios, University of Alicante, Spain

Grifone – *Gyps fulvus*

- Progetto LIFE19 NAT/IT/000732 LIFE SAFE FOR VULTURES *“LIFE SAFE for VULTURES – First step to the restoration of the vulture guild in Sardinia”*
Fiammetta Berlinguer, Università di Sassari
- Matteo Mauri, WWF – CRAS Valpredina
- Progetto *“Fighting Poison” finanziato da Patagonia e attività supportate dalla fondazione Ensemble “Rewilding the Central Apennines”*
Mario Posillico, Carabinieri Forestali; Giancarlo Opramolla, Carabinieri Forestali; Nicolò Borgianni, Rewilding Apennines; Fabrizio Cordischi, Rewilding Apennines; Luca Chiaverini, Rewilding Apennines
- Progetto LIFE21-NAT-HR-LIFE-SUPport/101074212 LIFE SUPport *“Securing a future for Griffon Vultures in Croatia”*
Iva Mihalić, Association Biom, Croatia; Elvis Vuleta, Public Institution “Priroda”, Croatia

Aquila reale – *Aquila chrysaetos*

- Progetto LIFE16 NAT/ES/000235 LIFE AQUILA a-LIFE
Elisabetta Raganella Pelliccioni, ISPRA; Lorenzo Serra, ISPRA; Massimiliano Di Vittorio, ISPRA; Riccardo Nardelli, ISPRA

Aquila del Bonelli – *Aquila fasciata*

- Progetto LIFE16 NAT/ES/000235 LIFE AQUILA a-LIFE
Elisabetta Raganella Pelliccioni, ISPRA; Lorenzo Serra, ISPRA; Massimiliano Di Vittorio, ISPRA; Riccardo Nardelli, ISPRA
- Progetto LIFE14 NAT/IT/001017 LIFE ConRaSi *“Measures for the conservation of Bonelli’s eagle, Egyptian vulture and Lanner falcon in Sicily”*
Gianluca Catullo, WWF; Massimiliano Di Vittorio, ISPRA; Mario Lo Valvo, Università di Palermo

Falco di palude – *Circus aeruginosus*

- Progetto LIFE18 NAT/AT/000048 LIFE EUOKITE *“Cross-border protection of the red kite in Europe by reducing human-caused mortality”*: Luisa Scholze, TB Raab GmbH Austria; Rainer Raab, TB Raab GmbH Austria; Ivan Literák, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Albanella minore – *Circus pygargus*

- Michele Pes; Marco Gustin, LIPU; Andrea Santangeli, IMEDEA – Mediterranean Research Institute

Astore sardo – *Accipiter gentilis arrigonii*

Elisabetta Raganella Pelliccioni, ISPRA; Lorenzo Serra, ISPRA; Massimiliano Di Vittorio, ISPRA; Riccardo Nardelli, ISPRA

Nibbio reale – *Milvus milvus*

- Progetto LIFE18 NAT/AT/000048 LIFE EUOKITE “Cross-border protection of the red kite in Europe by reducing human-caused mortality”
Luisa Scholze, TB Raab GmbH Austria; Rainer Raab, TB Raab GmbH Austria; Ivan Literák, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic
- Progetto LIFE18 NAT/IT/000917 LIFE MILVUS “Measures for the conservation of the red kite in Calabria (Italy) and Corsica (France)”
Guido Ceccolini, Associazione CERM; Anna Cenerini, Associazione CERM; Luca Pelle, Parco Nazionale dell'Aspromonte; Pierpaolo Storino, ISPRA

Nibbio bruno – *Milvus migrans*

- Progetto LIFE18 NAT/AT/000048 LIFE EUOKITE “Cross-border protection of the red kite in Europe by reducing human-caused mortality”
Luisa Scholze, TB Raab GmbH Austria; Rainer Raab, TB Raab GmbH Austria; Ivan Literák, University of Veterinary Sciences Brno, Czech Republic

Falconidae

Grillaio – *Falco naumanni*

- Progetto LIFE17 NAT/IT/000586 LIFE FALKON “Fostering the breeding range expansion of central-eastern Mediterranean Lesser Kestrel populations”
Michelangelo Morganti, CNR-IRSA; Jacopo Cecere, ISPRA

Lanario – *Falco biarmicus*

- Progetto LIFE18 NAT/IT/000720 LIFE Lanner “Urgent conservation actions for Lanner falcon (*Falco biarmicus feldeggii*)”
Giuseppe Puddu, Riserva Naturale Lago di Vico; Veronica Cippitelli, Ente Monti Cimini e Cosmofauna; Giampiero Tirone, Riserva Naturale Lago di Vico
- Progetto Falcon Conservation finanziato dalla fondazione Nando ed Elsa Peretti
Maurizio Sarà, Università di Palermo

Sacro – *Falco cherrug*

- Progetto LIFE06 NAT/HU/000096 LIFE Falco cherrug-Hu/SK “Conservation of Saker (*Falco cherrug*) in the Carpathian Basin” / Progetto LIFE09 NAT/HU/000384 Falco cherrug B-H-R-S “Conservation of Falco cherrug in NE Bulgaria, Hungary, Romania and Slovakia”
Mátyás Prommer

Falco pellegrino – *Falco peregrinus*

- Progetto Falcon Conservation finanziato dalla fondazione Nando ed Elsa Peretti
Maurizio Sarà, Università di Palermo

Oltre alle persone citate, hanno contribuito alla raccolta delle informazioni utilizzate per la realizzazione dello studio numerosi collaboratori e volontari, senza il cui supporto non sarebbe stato possibile raggiungere i risultati ottenuti. A tutti costoro va il ringraziamento degli autori.

Per tutti i progetti LIFE che hanno contribuito a fornire i dati vale la seguente annotazione. Le opinioni e i punti di vista espressi appartengono esclusivamente agli autori e non riflettono necessariamente quelli dell'Unione Europea. Né l'Unione Europea né l'autorità che hanno concesso il finanziamento possono esserne ritenute responsabili.