

# **La migrazione degli Uccelli nella Valle del Ticino**

**Dieci anni di inanellamento**

**COVER**



Lo studio è stato realizzato da:



**Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino**

Via Isonzo, 1 – 20013 Pontevecchio di Magenta (MI)

Tel. 02/972101 – fax 02/97950607

Email: ????????

Sito web: [www.Parcoticino.it](http://www.Parcoticino.it)



**Studio FaunaViva**

Viale Sarca, 78 - 20125 Milano

Tel. 02/36591561 – Fax 02/36591721

Email: [studio@faunaviva.it](mailto:studio@faunaviva.it)

Con il finanziamento di



**Regione Lombardia**

Dg Territorio e Urbanistica

Via Taramelli, 12 - 20124 Milano

Tel. 02/67655744

Sito web: [www.regionelombardia.it](http://www.regionelombardia.it)

Coordinamento:

Valentina Parco, Francesca Trotti

Autori dei testi:

Gianpiero Calvi\*

Lia Buvoli\*

Jacopo Tonetti\*

Paolo Bonazzi\*

\* Studio FaunaViva, Milano

\* Parco ticino

Progetto grafico, impaginazione, fotolito e stampa:

**ARTI GRAFICHE G.CASONATO**

Via Luigi Casale, 6 – 27029 Vigevano (PV)



## Ringraziamenti

Si ringraziano tutti gli inanellatori, i collaboratori e gli studenti che hanno partecipato in questi anni alle attività di studio: Valeria Aspesi, Laura Atzori, Silvia Baldo, Enrico Barone, Luca Biddau, Paolo Bonazzi, Lucio Bordignon, Fabrizio Borghesi, Luca Borghesio, Marco Brambilla, Emanuela Brogioli, Veronica Burrese, Lia Buvoli, Gianpiero Calvi, Valeria Cambiaghi, Claudia Carisconi, Daniela Casola, Mattia Castiglioni, Francesca Cattaneo, Christian Christensen, Elena Comi, Elisabetta de Carli, Roberto Facoetti, Felice Farina, Alessio Farioli, Claudia Farruggia, Sergio Fasano, Maria Elena Ferrari, Andrea Ferri, Lorenzo Fornasari, Egidio Fulco, Andrea Galimberti, David Gitau, Marco Gustin, Renzo Ientile, Alessandro Ioele, Giuseppe La Gioia, Franco Lavezzi, Sara Macchioni, Ariele Magnani, Francesco Magni, Martha Manfredi, Emanuela Maritan, Giacomo Marzano, Alessandro Mazzoleni, Stefano Milesi, Mariella Nicastro, Sergio Nissardi, Francesco Ornaghi, Fabrizio Orsini, Ilaria Pagani, Aronne Pagani, Valentina Parco, Marilena Perbellini, Claudio Persichini, Francesco Piazza, Alessio Ponturo, Marzio Porro, Sara Prada, Ivan Provini, Diego Puccio, Gianfranco Ribetto, Giuseppe Rossi, Giuseppe Roux Poignant, Diego Rubolini, Massimo Sacchi, Massimo Salvarani, Jacopo Tonetti, Simone Tozzi, Mauro Tremolada, Francesca Trotti, Paola Trovò, Fabrizio Usubelli, Elisa Vallinotto, Severino Vitulano.

Si ringrazia tutto il personale del Parco Lombardo della Valle del Ticino per il sostegno alle attività svolte, in particolare il Direttore Dario Furlanetto, Marina Lanticina, Valentina Parco, Paola Ravelli e Francesca Trotti e tutti i guardiaparco.

Si ringrazia il Dott. Alberto Boto per aver concesso i dati della stazione di inanellamento della Palude Brabbia.

## Presentazione / Prefazione

A fronte della realizzazione di una infrastruttura trasportistica di importanza europea come l'aeroporto Intercontinentale di Malpensa 2000, la Regione Lombardia si è subito impegnata a monitorare lo stato dell'ambiente e la sua evoluzione nel tempo.

Sin dall'apertura al traffico dell'aeroporto la Regione Lombardia e in particolare la Direzione Generale Territorio e Urbanistica si è attivata per la migliore gestione del territorio adiacente allo scalo aeroportuale con strumenti innovativi sia dal punto di vista urbanistico – con il Piano Territoriale d'Area Malpensa – sia dal punto di vista ambientale con il finanziamento di ricerche riguardanti le componenti biotiche e abiotiche dell'area la cui attendibilità scientifica è assicurata dal soggetto che più di altri è garante del mantenimento dell'equilibrio ecologico nella zona: il Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino.

Il risultato di dieci anni di ricerche sul campo è ora riassunto in questo volume, che tratta nello specifico il tema della migrazione dell'avifauna nella valle del Ticino e che testimonia l'evoluzione delle tendenze migratorie nel tempo come rilevate presso le stazioni di inanellamento del Parco del Ticino; un compendio di dati di grande interesse per la continuità temporale del monitoraggio.

Sono perciò felice di presentare questo documento scientifico, alla pubblicazione del quale la Direzione Generale Territorio e Urbanistica ha contribuito, confermando in tal modo l'attenzione prioritaria da parte della Regione Lombardia nei confronti dello sviluppo armonico dell'aeroporto di Malpensa e della sua valorizzazione, che ponga il livello qualitativo della vita quale priorità irrinunciabile, prova ne è che in affiancamento ai monitoraggi delle componenti ambientali, la Direzione Generale Territorio e Urbanistica in parallelo a questi studi ha altresì contribuito con fondi propri alla realizzazione delle prime opere di compensazione ambientale.

DANIELE BELOTTI  
Assessore al Territorio e Urbanistica  
Regione Lombardia



???



# Indice

<b>1. LA MIGRAZIONE DEGLI UCCELLI.....</b>	<b>7</b>
1.1. Introduzione.....	7
1.2. Quanti tipi di migrazione?.....	8
1.3. Origine ed evoluzione della migrazione.....	10
1.4. Adattamenti morfologici, fisiologici, comportamentali.....	13
1.4.1. Adattamenti al volo.....	13
1.4.2. Come gli Uccelli trovano la strada: i meccanismi di orientamento.....	16
1.4.3. La regolazione temporale della migrazione.....	18
1.5. Biogeografia della migrazione: l'evoluzione delle rotte.....	22
<b>2. PROBLEMI DI CONSERVAZIONE DELLE SPECIE MIGRATRICI.....</b>	<b>25</b>
2.1. Fattori di pressione.....	25
2.1.1. Fattori naturali.....	25
2.1.2. Cambiamenti climatici.....	27
2.1.3. Impatto dell'uomo e delle sue attività.....	30
Box 1 – Il bracconaggio.....	33
2.1.4. Le misure di mitigazione.....	34
2.2. Il livello normativo.....	34
Box 2 – La Convenzione di Bonn.....	35
2.3. Biodiversità 2010.....	36
2.3.1. Politiche globali ed europee sulla biodiversità.....	37
2.3.2. Lo stato attuale in Italia e Lombardia.....	37
2.3.3. La tutela della biodiversità per le specie migratrici.....	38
2.3.4. Il ruolo del Parco del Ticino.....	39
<b>3. METODI DI STUDIO DELLA MIGRAZIONE.....</b>	<b>41</b>
3.1. Inanellamento.....	42
3.1.1. Come si inanella.....	43
3.1.2. Cosa si misura.....	44
3.2. Moonwatch.....	45
3.3. Radar e infrarossi.....	46
3.4. Test di orientamento.....	47
3.5. Analisi degli isotopi e marcature individuali.....	47
3.6. Radio-tracking e satellite-tracking.....	49
<b>4. STUDIO DELLA MIGRAZIONE NEL PARCO LOMBARDO DELLA VALLE DEL TICINO.....</b>	<b>51</b>
4.1. Le stazioni ornitologiche all'interno del Parco.....	52
4.1.1. Brughiera Dosso.....	52
4.1.2. Riserva Naturale Orientata “La Fagiana”.....	55
4.1.3. La brescianella di Oriano.....	60

Box 3 – Dall'aucupio all'inanellamento.....	62
4.1.4. La stazione “Dogana” di Vizzola Ticino.....	63
Box 4 – Progetto Interreg IIIA del Parco del Ticino.....	69
<b>4.2. Aspetti della biologia dei migratori studiati nel corso degli anni.....</b>	<b>69</b>
4.2.1. Demografia delle popolazioni selvatiche.....	70
4.2.2. Fenologia della migrazione.....	71
4.2.3. Direzioni di migrazione.....	74
4.2.4. Individuazione delle popolazioni migratrici su base biometrica.....	75
4.2.5. Ecologia della sosta migratoria – tassi di ingrassamento.....	77
4.2.6. Ecologia della sosta migratoria – durata della sosta.....	79
4.2.7. Distanze potenziali di migrazione.....	82
4.2.8. Impatto del sistema di illuminazione dell'aeroporto di Malpensa sugli Uccelli migratori.....	85
4.2.9. Studio della dieta degli Uccelli migratori, con particolare riferimento alla componente vegetale	90
4.2.9.1. <i>L'inizio della ricerca: il biennio 2001-2002.....</i>	<i>91</i>
4.2.9.2. <i>Il periodo 2003-2006: ruolo del polline nella dieta dei migratori durante la migrazione pre-ri-</i>	<i>93</i>
<i>produttiva.....</i>	
4.2.9.3. <i>Il periodo 2003-2006: ruolo delle bacche nella dieta dei migratori durante la migrazione</i>	<i>95</i>
<i>post-riproduttiva.....</i>	
Box 5 – La Fitolacca: una risorsa per i migratori o un pericolo per l'ambiente?.....	97
4.2.10. Le ricatture.....	98
<b>4.3. Didattica e formazione universitaria.....</b>	<b>100</b>
<b>4.4. Conclusioni e prospettive future.....</b>	<b>101</b>
Box 6 – Aiutiamo i nostri amici alati: come ottenere un giardino “ornitologico” con pochi semplici accorgimenti.....	104
<b>5. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>107</b>

# 1. LA MIGRAZIONE DEGLI UCCELLI

## 1.1. Introduzione

Le migrazioni sono tra i fenomeni più vistosi ed affascinanti del mondo animale e, di conseguenza, tra i maggiormente studiati. Esse costituiscono una risposta, adottata da molte specie animali, al mutamento delle condizioni ambientali generato dai due cicli geofisici del giorno e dell'anno: nel corso dell'evoluzione le specie animali hanno intrapreso spostamenti più o meno lunghi e regolari per poter sopravvivere, cercando di trovarsi in un determinato luogo allorché le condizioni ambientali fossero ad esse più favorevoli ed allontanandosene invece in caso contrario. C'è da aspettarsi quindi che una specie o una popolazione adotti un comportamento migratorio solo se il fatto di spostarsi stagionalmente tra differenti aree apporti dei benefici, in termini di sopravvivenza o riproduzione, maggiori rispetto a quelli conseguibili rimanendo tutto l'anno nello stesso posto (Lack, 1954).

Le migrazioni sono fenomeni comuni a quasi tutti i gruppi viventi, da quelli più elementari, come alghe e batteri, a quelli più evoluti, come i Vertebrati e, tra questi, l'uomo: ciononostante in nessun gruppo la migrazione è un fenomeno così diffuso e sviluppato come negli Uccelli.



*La Rondine è una delle specie ritenute simbolo della migrazione. In autunno milioni di individui della specie si trasferiscono dai territori riproduttivi in Europa ai quartieri di svernamento in Africa sub-sahariana, per poi fare ritorno nella primavera successiva.*

Gli Uccelli hanno caratteristiche che li favoriscono nettamente rispetto agli altri gruppi animali nell'affrontare la migrazione: la più evidente è la capacità di volare, che permette loro di spostarsi ad una velocità maggiore rispetto alle specie che lo fanno camminando, correndo o nuotando.

Essi possiedono però anche altri adattamenti, fisiologici e comportamentali, idonei ai lunghi spostamenti, che non hanno pari nel mondo animale: questi interessano, tra gli altri, la struttura ossea, il sistema respiratorio, la capacità di orientamento, le funzioni metaboliche.

Tra gli Uccelli la migrazione si verifica in tutte quelle specie che vivono in ambienti stagionali, nei quali la disponibilità di cibo varia in maniera più marcata durante l'anno, fluttuando tra abbondanza e scarsità (Newton, 2008): questi ambienti interessano la maggior parte delle terre emerse. Solo nelle foreste tropicali di pianura dove le condizioni e la

disponibilità di cibo rimangono relativamente costanti per tutto l'anno la maggior parte delle specie aviarie rimane tutto l'anno legata ad una stessa area.

La maggior parte delle specie di Uccelli tuttavia intraprende ogni anno differenti tipi di spostamento, che variano da poche centinaia di metri a migliaia di chilometri.

Nel corso degli ultimi decenni sono stati effettuati diversi tentativi per stimare la consistenza numerica del fenomeno migratorio. Per quanto riguarda il sistema di migrazione Paleartico-Africano, Moreau (1972) stimava che il contingente migratorio in transito attraverso il continente europeo ammontasse ogni anno a circa cinque miliardi di individui. Berthold (1993) vent'anni più tardi, ipotizzava in tutto il pianeta 50 miliardi di individui in viaggio verso gli areali riproduttivi. Le stime più recenti riguardano ancora una volta il sistema di migrazione Paleartico-Africano e sono riferite in particolare ai migratori trans-sahariani: gli autori di questa ricerca indicano un contingente migratorio annuale di 2,1 miliardi di individui (stima minima e massima si 1,5 e 2,9 miliardi) che ogni autunno attraverserebbe il deserto del Sahara per passare la stagione non riproduttiva nell'Africa sub-sahariana (Hahn et al., 2009). Questi numeri testimoniano l'imponenza del fenomeno migratorio nella classe degli Uccelli.

In questo primo capitolo verranno affrontati diversi aspetti della migrazione, accompagnando il lettore nell'acquisizione delle conoscenze sviluppate in decenni di studi di questo affascinante fenomeno.

Questo capitolo è basato su alcuni fondamentali testi di sintesi del fenomeno migratorio, in particolare (Berthold, 2003) e (Newton, 2008).

## 1.2. Quanti tipi di migrazione?

---

La migrazione, come già affermato, interessa la maggior parte delle specie che vivono in ambienti stagionali. La maggior parte degli Uccelli migratori viaggia verso aree a clima mite per trascorrere la stagione non riproduttiva, muovendosi quindi principalmente lungo una direzione nord-sud. Vi sono tuttavia alcune specie, in particolare quelle che vivono nella parte centrale delle masse continentali, che si muovono in direzione orientale o occidentale, raggiungendo in inverno le miti aree costiere (Newton, 2008).

Solitamente gli ornitologi con il termine "migrazione" intendono il movimento regolare tra le aree riproduttive e quelle non-riproduttive. Esistono tuttavia diversi tipi di movimento ascrivibili alla definizione di migrazione. Diversi sono i parametri che concorrono a determinare il tipo di movimento: l'entità dello spostamento effettuato, la direzione, il periodo, la presenza o meno di un viaggio di ritorno ed il fatto di avvenire in seguito al verificarsi di determinate condizioni ambientali o in maniera "predeterminata".

L'illustre ornitologo Ian Newton riassume così le principali tipologie di spostamento degli Uccelli in un lavoro di sintesi sull'ecologia della migrazione (Newton, 2008):

- **movimenti routinari quotidiani:** movimenti generalmente (ma non necessariamente) brevi e localizzati, che riguardano sia specie migratrici che stanziali, centrati attorno al luogo di residenza (si tratta tipicamente di spostamenti tra aree di nidificazione, di foraggiamento, posatoi)
- **movimenti unidirezionali di dispersione:** nella maggior parte delle specie i giovani, una volta divenuti indipendenti dai loro genitori, si disperdono solitamente secondo direzioni casuali rispetto ai luoghi natali. Questo tipo di movimento non comporta solitamente un viaggio di ritorno
- **migrazione vera e propria:** movimenti pendolari regolari effettuati tutti gli anni più o meno nello stesso periodo, solitamente tra destinazioni specifiche. Normalmente questo tipo di migrazione implica viaggi più lunghi rispetto a quelli sopra descritti e causa movimenti massivi di individui tra le aree di nidificazione e di svernamento, con un passaggio da latitudini maggiori (nidificazione) a quelle minori (svernamento);
- **migrazione dispersiva:** movimenti di dispersione dal sito di nascita o di riproduzione che però prevedono un viaggio di ritorno; avvengono tipicamente in specie considerate "residenti" e implicano ad esempio movimenti altitudinali di specie montane o movimenti di Uccelli marini che disperdono dalle colonie per passare l'inverno in aree ricche di cibo;
- **movimenti invasivi o irruftivi:** rispetto ad altri movimenti stagionali, la proporzione di individui che lasciano le aree di nidificazione e la distanza percorsa variano molto di anno in anno. Tali movimenti sono solitamente associati a forti fluttuazioni di disponibilità di cibo (ad esempio Fringillidi che dipendono dalla produzione di semi e Strigiformi che dipendono da popolazioni di Roditori);
- **nomadismo:** gli Uccelli spaziano da un'area all'altra risiedendo per un certo periodo ovunque vi sia disponibilità di cibo. Questi tipi di movimenti interessano ad esempio specie o popolazioni che vivono in regioni desertiche dove le sporadiche piogge portano a locali cambiamenti nell'habitat e nella disponibilità di cibo.

Per la comprensione dei contenuti del presente volume può esser utile introdurre la distinzione tra migratori a breve raggio (o su breve distanza) e quelli a lungo raggio (o su lunga distanza). I primi effettuano principalmente movimenti sulla terra ferma all'interno di un continente e, nel sistema migratorio Paleartico-Africano, vengono chiamati intrapaleartici; i secondi si spostano generalmente tra continenti effettuando viaggi più lunghi che comprendono l'attraversamento di tratti di mare e tamente distinte ma esistono diversi gradi intermedi.



*Specie filogeneticamente molto affini mostrano spesso comportamenti migratori differenti. È il caso ad esempio dei congeneri Codirosso comune (a sinistra) e Codirosso spazzacamino a (destra): il primo è un migratore su lunga distanza, o trans-sahariano, il secondo su media distanza, o intrapaleartico.*

Un'altra utile distinzione è quella tra migratori diurni e notturni. Molte specie effettuano i voli migratori nel corso della notte, altre lo fanno di giorno, mentre alcune compiono sia movimenti notturni che diurni. Le possibili spiegazioni per queste differenti abitudini sono state oggetto di numerosi dibattiti e ricerche.

I migratori notturni hanno il vantaggio di poter sfruttare tutte le ore di luce, separando il tempo da dedicare alla migrazione, ovvero la notte, e quello da dedicare all'alimentazione, ovvero il giorno.

L'idea che la scansione temporale della migrazione (di giorno o di notte) si fosse evoluta per massimizzare le possibilità di foraggiamento fu sviluppata inizialmente da Lank (1989); egli osservò che alcune specie di limicoli<sup>1</sup> partivano per il volo migratorio non solo al tramonto, quando le condizioni di alimentazione peggioravano a causa del buio, ma anche in altri orari del giorno, in corrispondenza dell'alta marea, quando il foraggiamento diventava impossibile.

La migrazione notturna può anche essere associata a migliori condizioni di volo: migrando di notte gli Uccelli riuscirebbero ad evitare turbolenze e a ridurre la perdita di acqua per evaporazione (Kerlinger et al., 1989). Altre ipotesi portate a supporto del vantaggio della migrazione notturna implicano una riduzione del rischio di predazione e la possibilità di utilizzare importanti riferimenti per l'orientamento (ad esempio la posizione delle stelle).

Tra i migratori diurni vi sono numerose specie di grandi dimensioni, come cicogne, gru e rapaci, che adottano un volo veleggiato sfruttando le correnti termiche ascensionali che si sviluppano sulla terraferma e traggono vantaggio dal risparmio energetico associato a questo tipo di volo.

Vi sono infine specie migratrici diurne che utilizzano un volo battuto. Spiegare la loro "scelta" di viaggiare di giorno è un po' più complicato. Essi potrebbero trarre vantaggio da un tipo di migrazione che prevede un frequente alternarsi di volo e foraggiamento (Strandberg e Alerstam, 2007).

Un altro potenziale vantaggio per i migratori diurni è quello di poter localizzare più efficacemente le aree di foraggiamento migliori, riducendo i tempi di ricerca ed i costi ad essi associati.



*Il Fringuello (nella foto una femmina catturata nel parco del Ticino) è una specie migratrice diurna. I migratori diurni si muovono generalmente più lentamente dei migratori notturni, poiché devono utilizzare le ore diurne sia per alimentarsi che per migrare.*

<sup>1</sup> Termine usato genericamente per varie specie di uccelli appartenenti all'ordine dei Caradriformi. Tali uccelli sono accomunati dall'abitudine di alimentarsi in zone umide ricercando invertebrati ed altri piccoli animali nell'acqua bassa o nel fango (il termine deriva proprio dalla parola "limo").

### 1.3. Origine ed evoluzione della migrazione

---

Grazie ai numerosi studi effettuati nell'ultimo secolo sono stati chiariti molti dei meccanismi attraverso i quali la migrazione si realizza. Ciò che per molti versi resta ancora un "mistero" è l'origine della migrazione stessa. Molti studiosi hanno approcciato lo studio dell'origine della migrazione e della sua evoluzione fin dagli inizi del ventesimo secolo (Taverner, 1904; Duncker, 1905). Le prime teorie furono riassunte da Cox (1968) e da Gauthreaux (1982). In quei primi anni di dibattito e di studio furono sviluppate due teorie all'apparenza opposte:

- **"northern-home theory"** (teoria della "casa settentrionale"): secondo questa teoria gli Uccelli nidificanti alle latitudini elevate, a causa dei cambiamenti climatici che rendevano inospitali tali aree nel periodo invernale, avrebbero iniziato a spostarsi nel periodo non-riproduttivo lontano dagli areali di nidificazione
- **"southern-home theory"** (teoria della "casa meridionale"): secondo questa teoria invece la migrazione si sarebbe evoluta a partire da specie nidificanti nelle zone tropicali; queste avrebbero iniziato a spostarsi alle latitudini maggiori per nidificare, perlopiù a causa della forte competizione intra- ed interspecifica presente nelle aree tropicali.

La questione cruciale non era se la migrazione si fosse originata da latitudini basse verso latitudini maggiori o viceversa. Si trattava di capire se la migrazione si fosse evoluta verso nuovi areali di nidificazione spinta da un possibile incremento di successo riproduttivo o se verso areali non riproduttivi spinta dalla possibilità di un aumento della sopravvivenza al di fuori del periodo riproduttivo.

In generale furono due i principali fattori ritenuti cruciali per l'origine e l'evoluzione della migrazione: la competizione e la stagionalità delle risorse.

La competizione nel periodo di nidificazione è alla base del fenomeno migratorio secondo molti autori (Taverner, 1904; Cox, 1968; Alerstam e Enkell, 1979; Rappole e Tipton, 1992; Safriel, 1995) anche se in diversi casi sono state proposte molteplici altre cause scatenanti, come il clima, la disponibilità di risorse, la predazione, il parassitismo, ecc... Uno dei primi scenari di origine del fenomeno migratorio prevedeva che esso si fosse sviluppato nelle specie tropicali in risposta ad una pressione sugli individui giovani per trovare allo stesso tempo habitat adatti alla nidificazione e aree per potersi alimentare indisturbati (Rappole, 1995; Rappole e Jones, 2002). Allo stesso modo la competizione è stata alla base dell'altra ipotesi di origine della migrazione: Lack (1968) infatti suppose che la competizione intraspecifica nelle zone temperate al di fuori del periodo riproduttivo avesse portato alcuni individui, in particolare giovani e femmine, a migrare al di fuori degli areali riproduttivi.

L'altro fattore da molti considerato cruciale nell'evoluzione della migrazione è la stagionalità delle risorse, anch'essa invocata in entrambe le teorie. Per alcuni la migrazione è stata un adattamento alla mancanza di risorse nella stagione invernale nelle aree temperate, che avrebbe consentito di massimizzare la sopravvivenza in questa difficile fase del ciclo annuale (Mayr e Meise, 1930; Bell, 2000). Secondo altri invece la migrazione è stata un adattamento che ha consentito agli Uccelli tropicali di accedere a risorse stagionalmente abbondanti nelle zone temperate, aumentando così il successo riproduttivo (Taverner, 1904; Alerstam e Enkell, 1979; Rappole, 1995; Rappole e Jones, 2002).

Dopo anni di dibattito, a volte acceso (Rappole e Jones, 2002; Bell, 2005; Rappole, 2005), cominciò ad emergere l'idea che le due opposte teorie non fossero affatto mutualmente esclusive e che una loro sintesi sarebbe stata possibile, con alcuni accorgimenti che interessavano una più corretta definizione dei termini ed una migliore formulazione delle domande fondamentali. Salewski e Bruderer (2007) hanno recentemente tentato di superare le controversie sull'origine della migrazione degli Uccelli, con un ottimo lavoro di revisione del materiale esistente: gli autori hanno analizzato le problematiche relative alle teorie esistenti ed hanno provato a realizzare una nuova sintesi in base alle conoscenze attuali.

Essi hanno inizialmente definito con chiarezza cosa intendessero usando alcuni termini-chiave:

- **migrazione**: movimento stagionale regolare e controllato a livello endogeno tra aree riproduttive e non riproduttive; essa include quindi sempre un viaggio di andata ed uno di ritorno;
- **dispersione**: movimento da un'area nel quale un individuo è nato ad un'altra dove l'individuo nidificherà; si tratta di un movimento di sola andata non regolare e non controllato a livello endogeno;

- **evoluzione:** mantenimento e modifica del comportamento migratorio (e non la prima comparsa dello stesso, definita invece con "origine").

Gli stessi autori hanno poi presentato la loro sintesi, sviluppata partendo dalle idee di Berthold, (1999) e di Bell (2000), considerando i problemi delle teorie precedenti ed integrando le ultime evidenze acquisite sull'evoluzione dei comportamenti migratori. La loro nuova "*dispersal-migration theory*" (teoria della dispersione-migrazione) si basa su quattro assunti:

1) tutti gli Uccelli hanno le potenzialità di migrare in relazione alle proprie capacità fisiologiche, morfologiche e di orientamento;

2) le caratteristiche migratorie degli Uccelli sono universali ed ancestrali: la loro espressione si realizza secondo il modello "della soglia". Secondo questo modello tutti gli Uccelli senza attività migratoria evidente hanno in realtà livelli di attività al di sotto di un limite di espressione o di individuabilità (Pulido et al., 1996; Pulido e Berthold, 2003). L'espressione dell'attività migratoria è soggetta a pressione selettiva, quindi ogni popolazione è parzialmente migratrice, ma la proporzione di individui che manifestano comportamenti migratori varia da 0 a 1 lungo un gradiente continuo;

3) secondo il modello "della soglia" ogni popolazione di Uccelli ha le potenzialità per diventare fenotipicamente<sup>2</sup> migratrice o sedentaria. La proporzione di migratori può cambiare "rapidamente" se favorita dalla selezione, anche senza che intervengano mutazioni (Lack, 1968; Berthold et al., 1990; Pulido et al., 1996; Pulido e Berthold, 2003). Una volta espressa, la migrazione è controllata da una programmazione spazio-temporale endogena ed ereditaria, soggetta alla selezione e a rapidi adattamenti microevolutivi (Berthold, 1996).

4) l'ecologia delle specie o delle popolazioni è il principale fattore responsabile dell'espressione del comportamento migratorio, con una limitata, o addirittura inesistente, presenza di paletti di tipo filogenetico (Zink, 2002; Helbig, 2003; Winkler e Leisler, 2005). In base a questi elementi Salewski e Bruderer (2007) hanno quindi elaborato il possibile scenario che porterebbe all'origine della migrazione in una popolazione di Uccelli inizialmente stanziale (Figura 1.1).

In questa popolazione stanziale la percentuale di individui migratori sarebbe prossima allo zero e gli individui giovani potrebbero disperdersi per trovare i propri siti di nidificazione. Ai margini dell'areale di questa popolazione alcuni individui inizierebbero a colonizzare nuove aree: tra questi alcuni morirebbero a causa dell'inadeguatezza degli habitat incontrati, altri invece, incontrando habitat idonei alle loro esigenze ecologiche si stabilirebbero nelle nuove aree nidificando con successo. A questo stadio non si può ancora parlare di migrazione, perché gli individui nidificherebbero nelle nuove aree senza poi ritornare a priori agli originari areali di nidificazione. L'estensione di areale sarebbe quindi una conseguenza della dispersione. Fino a quando il *range* della popolazione si estenderà ad habitat che forniscono risorse sufficienti per tutto l'anno, non ci sarà pressione selettiva per cambiare la frequenza dell'allele<sup>3</sup> responsabile dell'espressione del comportamento migratorio. Quando però qualche individuo dovesse raggiungere aree con una variazione stagionale delle risorse, la selezione potrebbe accrescere la proporzione di individui che esprimono comportamento migratorio, poiché solo questi e la loro progenie, sarebbero in grado di sopravvivere. Qualora l'espansione di areale continuasse seguendo un gradiente di crescente stagionalità delle risorse, la frequenza degli individui con un comportamento migratorio visibile, ovvero "oltre la soglia" di espressione, crescerebbe fino a che, in corrispondenza di un certo grado di stagionalità delle risorse, quasi tutti gli individui diventerebbero migratori.

Secondo questo scenario, quindi, una graduale estensione di areale di una popolazione stanziale lungo un gradiente di stagionalità delle risorse darebbe origine, attraverso una popolazione parzialmente migratrice, ad una popolazione quasi esclusivamente migratrice.

<sup>2</sup> - Il fenotipo è la effettiva, totale manifestazione fisica di un organismo, in opposizione al suo genotipo - le istruzioni ereditate che porta, che possono essere o non essere espresse (<http://it.wikipedia.org>).

<sup>3</sup> - In genetica si definisce allele o fattore (dal greco ἀλλήλος, *allellos*, l'un l'altro) ogni variante di sequenza di un gene. Il genotipo di un individuo relativamente ad un gene è il corredo di alleli che egli si trova a possedere. In un organismo diploide, in cui sono presenti due copie di ogni cromosoma, il genotipo è dunque costituito da due alleli. Due cromosomi omologhi possiedono gli stessi geni, ma diverse forme alleliche (ad esempio, ognuno dei due possiede il gene che controlla il colore del bocciolo, ma non necessariamente gli alleli determineranno lo stesso colore). Un esempio è il gene che regola il colore del bocciolo di molte specie di fiori: in questo caso un solo gene controlla il colore, ma possono esistere diversi alleli di quel gene, risultando dunque in diverse colorazioni finali (definizione tratta da <http://it.wikipedia.org>).

I movimenti di dispersione postnatale verso nuovi areali riproduttivi costituiscono quindi il primo passo nell'evoluzione di un "comportamento migratorio": tale dispersione porta ad un incremento del successo riproduttivo negli areali di nidificazione. È tuttavia un guadagno di fitness (successo riproduttivo) dovuto alla maggiore sopravvivenza invernale che dà origine al comportamento migratorio vero e proprio, spingendo gli individui a lasciare gli areali di nidificazione durante la stagione non riproduttiva, quando le risorse diventano insufficienti per garantire la loro sopravvivenza.

Questo modello spiega anche perché gli individui non si fermano a nidificare negli areali non riproduttivi. La migrazione è un viaggio "circolare": l'intero programma può essere soppresso o realizzato, ma non può essere interrotto una volta iniziato.

La scansione temporale e la direzione della migrazione sono infine modellate dalla selezione. I migratori mostreranno inizialmente una grande varietà nelle direzioni di migrazione, poiché inizialmente non vi sono pressioni selettive in una direzione o in un'altra; la selezione favorirà poi una determinata direzione nella quale si trovano gli areali di nidificazione migliori. Questa variabilità nell'orientamento iniziale è quella che può poi permettere veloci adattamenti nelle direzioni di migrazione in seguito a cambiamenti delle condizioni esistenti (Berthold, 1995; Fiedler, 2003).

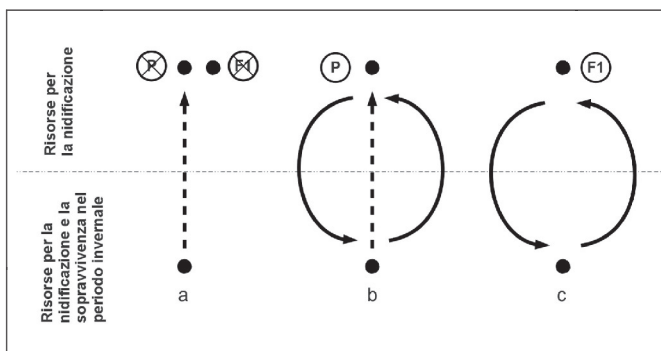


Figura 1.1. Risultati dei movimenti degli Uccelli secondo la teoria della "dispersione-migrazione" per l'evoluzione della migrazione degli Uccelli. Le frecce con linea continua indicano la migrazione; quelle tratteggiate si riferiscono alla dispersione. La lettera P indica la generazione parentale; F1 indica invece la prima generazione di figli. La croce posta sulle lettere indica la morte di quella generazione; in caso contrario la generazione sopravvive. Lo scenario inizia con un individuo nato in un'area con risorse sufficienti per i

periodi di nidificazione e di svernamento; questo per la sua prima nidificazione si muove verso un'area con risorse sufficienti per il solo periodo riproduttivo. Quando questo primo movimento consiste in un fenomeno di dispersione effettuato prima della stagione riproduttiva, l'individuo nidificherà con successo. Se però l'individuo non dovesse migrare al termine della stagione riproduttiva, lo stesso morirebbe con la sua prole (a). Se lo stesso invece dovesse migrare dopo la nidificazione (b) riuscirebbe a sopravvivere tornando per la successiva stagione riproduttiva, così come farebbero i suoi figli grazie al fatto di aver ereditato il programma di migrazione dei genitori (c). La regolazione temporale e la direzione di migrazione sarebbero poi modificati attraverso la selezione naturale.

Tratto e modificato da Salewski e Bruderer (2007).

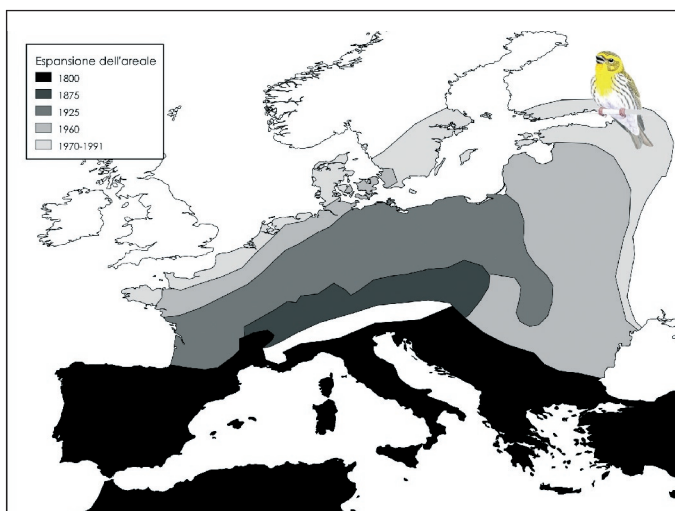


Figura 1.2. Espansione di areale del Verzellino (*Serinus serinus*) dal 1800 al 1991. Immagine modificata da Burton (1995).

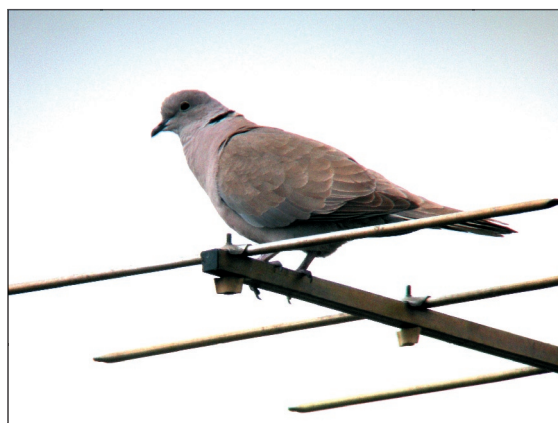
Diverse osservazioni in campo supportano lo scenario dipinto da Salewski e Bruderer (2007), in particolare due famosi casi di recente espansione di areale.

La prima di queste è l'incredibile espansione del Verzellino *Serinus serinus* in Europa negli ultimi 200 anni (Mayr, 1926). Fino al 1800 il Verzellino era confinato all'area mediterranea, con popolazioni quasi esclusivamente residenti. In seguito il Verzellino ha iniziato ad estendere il suo areale verso nord, raggiungendo nel 1990 la Scandinavia meridionale con popolazioni parzialmente o totalmente migratrici (Figura 1.2).



In questo caso è evidente un processo di graduale estensione dell'areale conseguita per mezzo di movimenti di dispersione. Mentre si verificava l'espansione di areale, nelle popolazioni in espansione si è modificata contemporaneamente la frequenza allelica nel gene responsabile dell'espressione della migrazione: le popolazioni settentrionali sono quindi completamente migratrici, mentre quelle meridionali sono praticamente sedentarie.

Diverso è il caso di una dispersione su lunga distanza, che potrebbe portare individui non migratori in regioni nelle quali non ci sono le risorse per sopravvivere alla stagione invernale: il destino di questi individui sarebbe la morte. L'instaurazione stabile di popolazioni fondatrici al di fuori degli originali areali riproduttivi per mezzo di dispersione su lunga distanza può avvenire solo nel caso in cui gli individui siano in grado di sopravvivere nei nuovi ambienti per tutto l'anno. È questo il caso dell'estensione di areale della Tortora dal collare *Streptopelia decaocto* nell'Europa centrale. Fino al 1900 la Tortora dal collare era confinata alla Turchia occidentale; nel 1930 la specie aveva già colonizzato i Balcani, arrivando in Scandinavia e Irlanda negli anni '80. Hengeveld (1993) osservò che l'espansione della Tortora dal collare nell'America settentrionale includeva diverse teste di ponte in cui le popolazioni si stabilivano oltre il fronte dell'attuale distribuzione. Ciò è possibile solo se le popolazioni hanno sufficienti risorse sia per la nidificazione sia per la sopravvivenza nel periodo non riproduttivo, potendo quindi rimanere sedentarie anche nelle nuove porzioni del loro areale.



*La Tortora dal collare ha fornito l'esempio di un'evenienza eccezionale, ovvero l'espansione di areale, per mezzo di dispersione anche su lunga distanza, di una specie che è rimasta fondamentale stanziale in tutto il suo nuovo areale (Foto di P. Bonazzi).*

## 1.4. Adattamenti morfologici, fisiologici, comportamentali

È impossibile non rimanere impressionati dai viaggi intrapresi da alcuni Uccelli migratori. Tali viaggi non richiedono solo incredibili capacità di orientamento, ma anche la disponibilità di grandi riserve energetiche per rifornire il volo e sforzi prolungati della durata, a volte, di decine di ore. Per molte specie inoltre la migrazione si svolge ad altitudini molto maggiori del campo visibile umano, dove l'atmosfera è rada e la temperatura molto bassa.

Tutto ciò risulta ancora più sorprendente se si pensa che alcune specie, come ad esempio i Rallidi o le Gallinelle d'acqua, non volano per mesi prima dell'inizio della migrazione, spostandosi prevalentemente a nuoto o camminando. Ciononostante, al momento giusto, dopo aver accumulato le riserve energetiche necessarie, essi improvvisamente si involano nella notte e volano senza sosta per centinaia di chilometri.

La migrazione presuppone la disponibilità di alcuni requisiti e adattamenti, in parte già presenti nella conformazione fisica dei migratori e degli Uccelli in generale, in parte conseguiti grazie alla "disposizione migratoria": questa rappresenta il complesso stato fisiologico-comportamentale che prepara il migratore alla partenza, ed è costituita perlopiù da un metabolismo accentuato, dalla deposizione di riserve adipose e dalla capacità di sviluppare un'attività locomotoria decisamente maggiore rispetto a quella usuale (Berthold, 2003).

Per portare a termine la migrazione con successo gli Uccelli hanno sviluppato inoltre alcune particolari abilità, come ad esempio l'orientamento e la regolazione temporale delle diverse fasi del loro ciclo vitale.

### 1.4.1. Adattamenti al volo

La morfologia degli Uccelli comprende intrinsecamente alcuni accorgimenti che facilitano il volo e lo rendono la modalità di spostamento più efficace presente nel mondo animale.

Tra le caratteristiche che favoriscono il volo, le principali sono la forma aerodinamica, e la leggerezza della struttura fisica, dovuta soprattutto alla pneumatizzazione (presenza di spazi aerei nella struttura) delle ossa. Gli Uccelli possiedono inoltre sistemi circolatorio e respiratorio particolarmente efficienti, nonché alcuni adattamenti muscolari, in particolare la conformazione dei

forti muscoli pettorali che possono essere considerati il motore principale della loro "macchina". Alle normali capacità degli Uccelli si aggiungono poi alcuni adattamenti specifici presenti in particolar modo nelle specie migratrici o che si sviluppano in determinate specie solo nel periodo migratorio.

Una delle caratteristiche più importanti nel determinare l'efficacia del volo è costituita dalla forma delle ali, che presenta una grande variabilità nella classe degli Uccelli. Nelle diverse specie la forma delle ali ha raggiunto punti di equilibrio determinati dall'azione congiunta di differenti pressioni selettive dovute ad habitat, comportamento alimentare, tipologia di migrazione e necessità di sfuggire dai predatori (Rayner, 1985).

La forma delle ali è solitamente descritta dal "rapporto d'aspetto" (aspect-ratio) ovvero dal rapporto tra il quadrato dell'apertura alare e l'area alare. La dimensione delle ali è invece solitamente descritta in termini di carico alare, ovvero del rapporto tra peso corporeo e area delle ali. Entrambe le misure dipendono dall'area alare, ovvero dall'area delle due ali cui va aggiunta l'area del corpo compresa tra di esse.

Già dall'inizio del secolo scorso è stato intuito come ali lunghe e appuntite, ovvero con aspect-ratio elevata, costituissero un carattere tipico dei migratori, secondo un principio chiamato regola di Seebohm (Seebohm, 1901), dal nome dell'ornitologo che per primo lo codificò.

Sono numerose le ricerche che hanno dimostrato il legame tra attività migratoria e forma delle ali, anche tra popolazioni all'interno della stessa specie. In ogni caso le popolazioni migratrici hanno ali più lunghe e appuntite rispetto a quelle sedentarie (Senar et al., 1994; Perez-Tris et al., 1999; Milá et al., 2008) e lo stesso vale tra popolazioni migratrici che migrano su diverse distanze: quelle che compiono movimenti più lunghi possiedono ali più lunghe e appuntite (Arizaga et al., 2006).



Le ali lunghe ed appuntite costituiscono un requisito molto favorevole alla meccanica del volo, poiché per ragioni aerodinamiche offrono una minor resistenza all'aria fornendo vortici d'aria più favorevoli rispetto a quelle corte e arrotondate (Rayner, 1990). In molte specie di Passeriformi gli individui adulti possiedono ali più lunghe e appuntite rispetto ai giovani nel loro primo anno di vita e sono di conseguenza più efficienti nel volo. È probabile che questa differenza sia dovuta ai diversi pesi che le pressioni selettive hanno in individui giovani ed adulti: nei giovani la necessità di foraggiare efficacemente e di sfuggire i predatori è probabilmente maggiore rispetto a quella di un volo migratorio efficace, come dimostrano alcune ricerche recenti sulla Capinera *Sylvia atricapilla* (Perez-Tris e Tellería, 2001).

Per quanto concerne la conformazione dei muscoli pettorali del volo, è stato osservato che essi in alcune specie migratrici possono costituire fino al 35% del peso corporeo (Butler e Woakes, 1990). A tale massa muscolare corrisponde uno sterno sviluppato e robusto, con una larga superficie sulla quale i muscoli possono attaccarsi.

I migratori su lunga distanza possiedono fibre muscolari rosse a rapida ossidazione glicolitica (che forniscono più in fretta l'energia necessaria al movimento) e fibre muscolari più sottili con elevata densità di capillari, quindi maggiore efficienza nella diffusione dell'ossigeno nel sangue. Nei migratori inoltre, rispetto ai residenti, si sviluppano un'ipertrofia muscolare ed un accrescimento delle prestazioni fisiologiche che aumentano tra le due categorie il divario nell'efficienza della "macchina corporea" (Lundgren e Kiessling, 1988).

Nei Uccelli migratori è stata rilevata la più alta concentrazione di proteine in grado di legare gli acidi grassi di tutto il phylum dei Vertebrati: tale accorgimento favorisce il trasporto dell'energia nel corpo rifornendo efficacemente il volo migratorio (Guglielmo et al., 1998).

È stato osservato infine che il cuore degli Uccelli è grande fino al doppio di quello dei Mammiferi di pari dimensione.

Oltre agli adattamenti fisiologici esistono anche diversi adattamenti comportamentali finalizzati ad aumentare le prestazioni di volo durante il volo migratorio o a ridurre i rischi ad esso associati. Tali adattamenti sono riscontrabili soprattutto nell'affrontare alcune importanti barriere ecologiche, quali ad esempio oceani, deserti e catene montuose.

Gli Uccelli affrontano ad esempio queste barriere con le riserve massime di grasso, in modo da

poter disporre delle "scorte" necessarie per superare i momenti di maggiore difficoltà nell'impossibilità di reperire risorse alimentari. Mentre molte specie che migrano sulla terraferma dispongono di diverse aree in cui sostare ed alimentarsi, altre attraversano aree perlopiù inadatte alla loro sosta: esse compiono quindi lunghi spostamenti tra aree di sosta molto distanti tra loro. Questo è il caso di diversi limicoli, che completano tipicamente il loro viaggio migratorio con poche lunghe tappe anche di 1000-4000 km che separano aree adatte alla loro sosta.

Le maggiori barriere ecologiche vengono spesso superate, per quanto possibile, con voli ininterrotti, o riducendo al minimo il numero di soste in ambienti inhospitali per la maggior parte delle specie.

Molte specie sono inoltre in grado di programmare la loro partenza dalle aree di sosta in modo da poter affrontare il viaggio con le migliori condizioni atmosferiche (Dänhardt e Lindström, 2001; Schaub et al., 2004).

Uno degli adattamenti comportamentali più vistosi e diffusi tra i migratori è costituito dal volo notturno da parte delle specie che solitamente sono invece attive nel corso del giorno. La comprensione del perché una specie migri di giorno o di notte non è immediata, se si escludono i grandi veleggiatori che sfruttano le correnti termiche ascensionali. Analizzando le specie che migrano di notte e quelle che migrano durante il giorno, non è possibile individuare connessioni tra il tempo di migrazione e alcuni parametri come lunghezza del viaggio, habitat, dieta o altri aspetti ecologici (Newton, 2008).

Solitamente all'interno di una data famiglia prevale una certa tipologia di migrazione, anche se non mancano eccezioni a questa regola. Va comunque sottolineato che nella maggior parte dei casi la distinzione tra migratori diurni e notturni non è così netta; durante una ricerca effettuata su quasi 150 specie, nessuna di queste è risultata esclusivamente notturna o diurna: in tre specie su quattro sono stati registrati casi di migrazione notturna, anche per specie notoriamente diurne come il Fringuello o la Rondine (Martin, 1990).

Ma quali benefici può portare la migrazione notturna? Nel tempo sono state elaborate, e in parte dimostrate, alcune ipotesi in merito ai vantaggi offerti dalla migrazione nelle ore notturne; questi si possono così riassumere (Newton, 2008):

- 1) maggior tempo a disposizione per alimentarsi durante il giorno;
- 2) temperature inferiori che aiutano a prevenire pericolosi fenomeni di surriscaldamento e disidratazione nelle regioni calde;
- 3) maggiore umidità che riduce ulteriormente il pericolo di disidratazione;
- 4) minore dispendio energetico per volare nell'aria fresca e densa della notte, piuttosto che nell'aria calda del giorno;
- 5) le velocità dei venti sono solitamente minori di notte, riducendo il pericolo di venti contrari o trasversali; allo stesso modo sono minori le turbolenze verticali e ciò diminuisce ulteriormente i costi energetici del viaggio;
- 6) possibilità di orientarsi utilizzando una bussola stellare;
- 7) minor rischio di predazione.

I vantaggi del volo notturno sono tanti e tanto evidenti che ci si chiede come mai alcune specie migrino invece di giorno: volare di notte riduce i tempi, le richieste energetiche ed i rischi di predazione.

I migratori diurni, escluse le grandi specie veleggiatrici, percorrono solitamente distanze medio-brevi, e limitano la loro attività di volo a brevi periodi favorevoli, come le prime ore della giornata, quando sono minori le turbolenze di aria. Va comunque considerato che volando di giorno i migratori sono facilitati nel riconoscimento di aree favorevoli alla propria sosta: questo fatto può ridurre i tempi di ricerca di habitat ottimali, riducendo anche in questo caso tempi di migrazione, dispendio energetico e rischi di predazione.

Nell'elenco degli aspetti positivi del volo notturno emerge forte il ruolo di alcuni habitat inhospitali, e in generale di tutte le barriere ecologiche, nel determinare l'evoluzione di determinati comportamenti.

Per superare con successo le aree desertiche ad esempio, dove le temperature sono elevate, con conseguente rischio di surriscaldamento e disidratazione, gli Uccelli migrano spesso e volentieri di notte o a quote elevate.

Per volare alle altitudini maggiori si sono evoluti negli Uccelli adattamenti fisiologici molto particolari, che permettono loro di combattere l'ipossia, ovvero l'insufficiente approvvigionamento

di ossigeno dall'aria rarefatta, e altri problemi legati all'abbassamento della pressione parziale dell'anidride carbonica e della concentrazione dello ione idrogeno nel sangue.

L'organismo degli Uccelli è quindi molto più efficiente in quota, rispetto a quello di altri gruppi animali, come ad esempio i Mammiferi: questi ultimi accusano disturbi già a 4-5000 m di altitudine, mentre gli Uccelli possono comportarsi normalmente fino ad altitudini di 12000 m (Berthold, 2003).

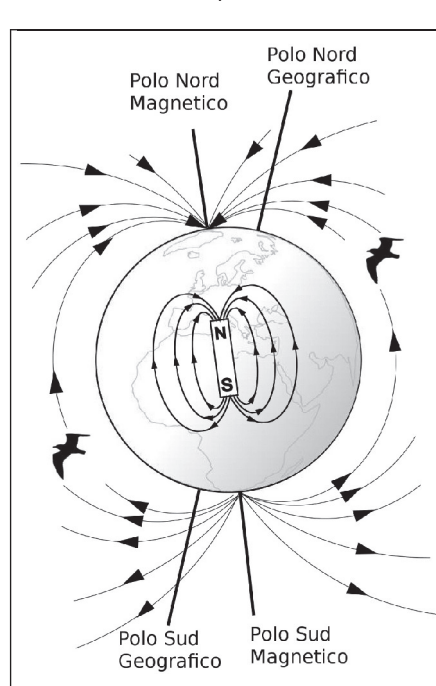
Uno degli adattamenti che permette agli Uccelli di affrontare quote elevate è quello del polmone parabronchiale che mantiene separate l'aria inspirata e quella espirata, permettendo agli Uccelli di sfruttare fino all'esaurimento l'ossigeno inspirato con l'aria. L'elevata capacità di assorbimento dell'ossigeno è inoltre incrementata dal meccanismo dell'iperventilazione polmonare e dall'elevato contenuto di idrossidi degli acidi grassi nel cervello dei migratori. In condizioni di ipossia infine i Mammiferi vanno incontro ad un processo di costrizione dei vasi del cervello: per motivi non ancora chiariti, ciò non avviene invece negli Uccelli.

Una delle maggiori difficoltà da affrontare nei viaggi ad alta quota è costituita dagli improvvisi e frequenti cambi di altitudine. Alcune specie, come ad esempio l'Oca indiana *Anser indicus* e l'Avvoltoio di Rüppell *Gyps rueppellii*, sono ottimamente attrezzate per affrontare tale problematica: esse dispongono di differenti tipi di emoglobina che si differenziano per la capacità di legare ossigeno o rilasciarlo. Le "emoglobine normali" vengono utilizzate per il volo a bassa quota, mentre quelle "altitudinali" intervengono in alta quota.

### 1.4.2. Come gli Uccelli trovano la strada: i meccanismi di orientamento

L'individuazione del modo in cui gli Uccelli sono in grado di trovare la strada tra gli areali di nidificazione e svernamento ha costituito per l'uomo un intricatissimo puzzle, fin dai tempi della scoperta del fenomeno della migrazione.

Oggi abbiamo molti più pezzi del quadro d'insieme di quanti ce ne fossero a disposizione solo venti anni fa. Si potrebbe dire che le domande da porsi in realtà sono due: (1) come fanno gli



Il campo magnetico terrestre è uno dei riferimenti maggiormente utilizzati dagli Uccelli per orientarsi durante i viaggi migratori.

Uccelli ad orientarsi lungo le migliaia di chilometri percorse tra i siti di svernamento e nidificazione?, e (2) come fanno gli Uccelli a ritrovare la strada per tornare ad un preciso punto come ad esempio un nido o un posatoio invernale (comportamento definito "homing")?

Per fare entrambe le cose gli Uccelli devono essere in grado di orientarsi ovvero determinare una direzione e di "navigare", ovvero di valutare la propria posizione nel corso del viaggio.

Per rispondere in breve a queste complesse domande si potrebbe dire che gli Uccelli trovano la strada usando diversi riferimenti in maniera gerarchica: ogni specie mostra diversi ordini di priorità. Gli Uccelli acquisiscono informazioni sulla direzione di navigazione da cinque sorgenti primarie: (1) caratteristiche topografiche (inclusa la direzione del vento che può essere influenzata da alcuni tratti geomorfologici), (2) stelle, (3) sole, (4) campo magnetico terrestre e (5) odori. Gli Uccelli nel loro tormentato viaggio utilizzano anche altri sensi, come ad esempio l'udito, che permette loro di sentire i richiami dei conspecifici durante i voli notturni, o la capacità di valutare la pressione barometrica, e dispongono probabilmente di altre capacità sensoriali a noi sconosciute, ma determinanti nel loro processo di navigazione.

Nonostante l'intensa attività di ricerca in questo campo e gli enormi progressi in termini di conoscenza, molte domande sono ancora senza risposta.

Per riassumere le abilità degli Uccelli nell'attività di orientamento riportiamo una brillante spiegazione dell'ornitologo britannico Ian Newton: "Per migrare in maniera efficace, gli Uccelli devono essere coscienti del luogo in cui si trovano o di quello in cui dovrebbero essere, devono possedere un senso della direzione, la capacità di navigare da un luogo ad un altro ed un senso del tempo, sia stagionale che diurno (essenziale per la navigazione per mezzo di alcuni riferimenti celesti). In breve essi hanno bisogno dell'equivalente di una

mappa, di un compasso, di una bussola, di un calendario e di un orologio, assieme ad una buona memoria, il tutto racchiuso in un cervello che, in alcuni Uccelli, non è più grande di un nocciolo di ciliegia”.

Molte delle capacità di orientamento degli Uccelli sono state dimostrate grazie alle intuizioni ed agli esperimenti di studiosi come Stephen Emlen, Kenneth Able, Roswitha e Wolfgang Wiltschko, Peter Berthold e Susanne Åkesson.

L'ecologo del comportamento Stephen Emlen intuì per primo la possibilità di sfruttare un fenomeno denominato “inquietudine migratoria”, ovvero l'impulso a migrare, che si manifesta con uno stato di agitazione ed un incremento di attività la cui intensità e direzione possono essere quantificate con esperimenti in gabbie di orientamento: in molti casi l'intensità e la direzione dell'inquietudine migratoria corrispondono alla distanza ed alla direzione di migrazione (cfr. Par. 3.4.).

Effettuando esperimenti su individui di *Ministro Passerina cyanea* all'interno di un planetario, Emlen trovò che gli Uccelli si orientavano nella giusta direzione utilizzando riferimenti celesti. Spostando la posizione delle stelle proiettate sulla volta del planetario, Emlen notò che cambiava anche l'orientamento degli Uccelli. Emlen dimostrò che gli Uccelli erano in grado di apprendere una mappa stellare, riconoscendo l'area di apparente minor movimento attorno al polo. Egli espose degli individui in crescita ad una falsa rotazione celeste attorno a Betelgeuse, nella costellazione di Orione e notò che gli Uccelli si comportavano come se Betelgeuse fosse la Stella Polare.

L'altro meccanismo che può agire come bussola è quello solare. L'altezza dell'arco disegnato dal sole nel cielo varia con la latitudine e con le stagioni, ma è sempre simmetrico rispetto al vero nord (o sud). L'utilizzo della bussola solare è noto da oltre mezzo secolo e fu dimostrato inizialmente sullo Storno *Sturnus vulgaris*, anche in questo caso grazie all'utilizzo di gabbie circolari e sfruttando l'“inquietudine migratoria”. In seguito l'utilizzo della bussola solare è stato dimostrato anche in molte altre specie, tra cui i pinguini.

Come fanno però gli Uccelli a trovare la strada durante notti con cielo coperto? Mancando entrambe le informazioni del sole e delle stelle, gli Uccelli si orientano spesso in base al vento, anche se le informazioni così ottenute non sono sempre corrette: ciò è quello che ha dimostrato l'ornitologo Kenneth Able usando un radar ed un nefoipsometro, ovvero uno strumento elettronico che misura l'altezza delle nubi per seguire i migratori notturni.

Uno dei principali riferimenti per gli Uccelli è tuttavia costituito dal campo magnetico terrestre. La bussola magnetica fu scoperta per la prima volta nei pettirossi da Merkel e Wiltschko (1965) ed è stata ritrovata in così numerose specie di Uccelli da essere considerata il meccanismo di base dell'orientamento negli Uccelli. Questi per orientarsi usano l'inclinazione del campo magnetico terrestre. L'angolo di inclinazione varia da 90° ai poli a 0° all'equatore dove le linee di forza sono parallele alla superficie terrestre.

Recentemente è stato dimostrato nei piccioni viaggiatori che essi sono in grado di utilizzare il campo magnetico terrestre (Mora et al., 2004) sia per orientarsi, che per navigare verso un punto. L'utilizzo della bussola magnetica, diversamente da quello delle bussole celesti, fornisce informazioni utili in tutte le condizioni meteorologiche, sia di giorno che di notte, e, diversamente dalla bussola solare, non necessita di una correzione per l'ora del giorno.

Vi sono due ipotesi sui meccanismi fisiologici alla base della capacità di percepire il campo magnetico terrestre. Nella prima viene invocato il ruolo della magnetite ( $Fe_3O_4$ ) trovata all'interno di alcune strutture in molti organismi, tra cui i piccioni (Walcott et al., 1979). Tali strutture potrebbero funzionare attraverso la forza esercitata su di esse dal campo magnetico.

L'altro meccanismo proposto implica reazioni chimiche sensibili al campo magnetico. Essa prevede il trasferimento di elettroni tra molecole e opererebbe solo in condizioni di luci con bassa lunghezza d'onda (la coda blu-verde dello spettro). Essendo luce-dipendente, questa reazione sarebbe collocata negli occhi, permettendo in qualche modo all'animale di visualizzare il campo magnetico.



Lo Storno è la prima specie per la quale si dimostrò l'esistenza di una bussola solare negli Uccelli.

Sebbene questa seconda ipotesi abbia avuto recentemente alcuni supporti sperimentali (Ritz et al., 2004) nessuna delle due è stata propriamente testata e verificata e può dirsi confermata.

Le direzioni di migrazione sono determinate sulla base dell'angolo di inclinazione del campo magnetico: ciò rende quindi difficile l'orientamento in prossimità dei poli geomagnetici, dove le linee del campo sono praticamente verticali. È stato tuttavia dimostrato che alcune specie possiedono una incredibile capacità di orientarsi anche nelle immediate vicinanze del polo nord magnetico, dove le linee del campo magnetico deviano meno di 3° dalla linea verticale (Åkesson et al., 2001).

Recentemente è stato provato per i piccioni anche il ruolo dell'olfatto, perlomeno nella navigazione su breve distanza. Per molte specie è noto che le capacità olfattive siano piuttosto ridotte ma, in passato alcuni studi hanno dimostrato ad

esempio che l'Uccello delle tempeste coda forcuta *Oceanodroma leucorhoa* (e probabilmente altre specie affini) sono in grado di utilizzare l'olfatto per individuare il proprio nido, anche se in realtà utilizzano altri riferimenti per individuare la colonia. Le berte, come i piccioni, hanno grandi abilità nella navigazione.

In un esperimento di dislocamento una Berta minore *Puffinus puffinus* fu trasportata dalla propria colonia sulle coste inglesi, attraverso l'Oceano Atlantico, e rilasciata nei pressi di Boston: dopo 12 giorni e mezzo l'individuo, riconoscibile dall'anello numerato, si ripresentò alla colonia d'origine, dopo aver percorso una media di circa 250 km al giorno.

Da tutti gli studi effettuati sull'orientamento e sulla navigazione degli Uccelli emerge comunque un'indicazione chiara: essi non si basano su una sola sorgente di informazione ma possiedono la capacità, forgiata nei tempi evolutivi, di utilizzare più riferimenti provenienti da diverse fonti. Ciò permette agli Uccelli di trovare la loro strada nelle diverse condizioni che si trovano regolarmente ad incontrare.

Le ultime frontiere della ricerca nel campo dell'orientamento stanno cercando di indagare le modalità con cui gli Uccelli integrano tutte le loro bussole (stellare, solare, magnetica). Sebbene sia stato dimostrato che molte specie possiedono un innato senso della direzione migratoria, derivato da riferimenti magnetici o celesti, questi sistemi di navigazione vengono "ricalibrati", quando esposti ad informazioni direzionali contrastanti.

Ciò avviene naturalmente quando la declinazione magnetica cambia e tali cambiamenti sono particolarmente pronunciati alle alte latitudini. Quando la disponibilità di riferimenti cambia durante il giorno o in base alle condizioni meteorologiche, per evitare errori nella navigazione è necessario ricalibrare le informazioni derivanti dalle diverse "bussole" rispetto ad un riferimento comune (Muheim et al., 2006a).

Muheim et al. (2006b), in base alle evidenze sperimentali raccolte durante le ricerche proprie ed altrui, ipotizzano che gli Uccelli siano in grado di ricalibrare tutte le proprie bussole utilizzando la luce polarizzata sull'orizzonte sia all'alba che al tramonto: tale punto tuttavia è ancora dibattuto (Muheim et al., 2008; Wiltschko et al., 2008a,b) e dovrà essere chiarito con nuove, probabilmente affascinanti, evidenze sperimentali.

### 1.4.3. La regolazione temporale della migrazione

La migrazione non costituisce un evento isolato nella vita degli Uccelli, ma è imprescindibilmente legata dal punto di vista temporale agli altri due eventi più importanti del ciclo annuale: la nidificazione e la muta. Negli Uccelli, queste tre attività variano nella loro scansione temporale, nella sequenza con cui si presentano e nel loro grado di sovrapposizione, in base alle caratteristiche intrinseche degli Uccelli ed all'ambiente in cui essi vivono.

Esistono differenti strategie riproduttive che prevedono un solo periodo annuale di nidificazione nel quale vengono effettuate una o più covate, ma esistono anche specie, soprattutto nei tropici, che nidificano più volte nel corso dell'anno. Anche per quanto riguarda le strategie di muta vi



*Il Culbianco possiede un'incredibile capacità di orientamento con il campo magnetico terrestre, tanto da riuscire ad orientarsi anche in prossimità del polo magnetico terrestre, dove l'inclinazione delle linee del campo è praticamente nulla.*

sono differenti soluzioni: dal singolo periodo di muta annuale a due o più periodi. Di conseguenza le strategie di migrazione variano prevedendo solitamente due viaggi annuali, che possono ridursi ad uno solo (spostamento da un'area di nidificazione ad un'altra) o essere più di due.

Nell'analisi dei fattori che determinano la regolazione temporale della migrazione è importante distinguere tra fattori causali "ultimi" o estrinseci e "prossimi" o intrinseci. I primi sono quelli come ad esempio le condizioni ambientali, che determinano la scansione temporale di vari eventi attraverso il conferimento di un vantaggio in termini di sopravvivenza o di successo riproduttivo agli Uccelli che organizzano il proprio ciclo annuale in una determinata maniera. I fattori "prossimi" sono invece quelli, come ad esempio la durata del giorno, che gli Uccelli possono utilizzare come valido riferimento interno per iniziare a preparare le diverse fasi del ciclo vitale (Newton, 2008).

I tre eventi di nidificazione, migrazione e muta tendono ad essere ben separati, a causa soprattutto delle richieste addizionali in termini nutritivi che essi richiedono rispetto ad una situazione di normalità.

L'evento chiave rispetto a cui viene determinato il ciclo annuale è la nidificazione, che è anche il più impegnativo dal punto di vista della richiesta di cibo. Il ciclo annuale viene quindi determinato in modo che la nidificazione coincida con la massima disponibilità di risorse trofiche (Lack, 1954). Il periodo riproduttivo costringe gli individui a rimanere fissi in una determinata località fino al momento in cui la prole sia cresciuta ed indipendente dal punto di vista dei movimenti: ciò impedisce ovviamente la sovrapposizione del periodo riproduttivo con quello di migrazione.

Allo stesso modo, poiché la muta rende gli Uccelli temporaneamente inabili o meno efficienti nel volo (Hedenström, 2004), solitamente si assiste ad una sua segregazione temporale rispetto alla migrazione.

La durata e la collocazione dei diversi eventi del ciclo annuale, compresa la migrazione, variano molto in base a diversi fattori, sia tra diverse specie che all'interno della medesima specie o addirittura della medesima popolazione.

Tra le diverse popolazioni di Rondine vi sono ad esempio variazioni su base geografica del ciclo annuale. Nelle popolazioni nidificanti più meridionali, vi sono diversi individui residenti e migratori su breve distanza e la muta viene effettuata immediatamente dopo la nidificazione tra giugno ed agosto. Nelle popolazioni settentrionali invece la muta viene effettuata a settembre-ottobre, dopo aver raggiunto i lontani quartieri invernali.

Generalmente nell'emisfero settentrionale la sovrapposizione tra nidificazione e muta segue un gradiente latitudinale. Al crescere della latitudine, quindi all'abbreviarsi della stagione favorevole, diminuisce la durata della muta e aumenta la sovrapposizione con la nidificazione. Tale schema è stato osservato in diversi Passeriformi e in altre specie.

Nelle regioni artiche gli Uccelli hanno una stagione favorevole molto breve nella quale devono crescere i giovani e prepararsi alla migrazione. Lo Zigolo delle nevi *Plectrophenax nivalis* nidifica, effettua la muta e accumula il grasso necessario ad iniziare la migrazione in un periodo di sole 10-12 settimane. Per ridurre così drasticamente i tempi di nidificazione alcune specie artiche formano le coppie nei quartieri di svernamento o in viaggio.

Negli Uccelli esiste tuttavia anche un ritmo endogeno che assicura ogni anno la corretta sequenza e l'esatta scansione temporale di nidificazione, muta e migrazione. Le evidenze sperimentali dell'esistenza di questo "orologio" interno sono derivate in larga parte dalle ricerche dell'ornitologo tedesco Eberhard Gwinner.

Nel corso di alcuni esperimenti individui di diverse specie di Uccelli furono tenuti senza riferimenti esterni che potessero indicare il periodo dell'anno: ciononostante gli Uccelli mutavano e raggiungevano condizioni per la nidificazione e la migrazione nella corretta sequenza e con i giusti intervalli di tempo. In condizioni di lunghezza giornaliera mantenuta artificialmente costante i cicli degli Uccelli non si attenevano con precisione alla durata di 12 mesi, ma potevano variare da 9 a 13 mesi: per tale motivo i cicli furono denominati "circannuali".

L'esistenza dei ritmi circannuali è stata attualmente dimostrata in oltre venti specie di Uccelli (tra loro eterogenee per tendenza migratoria, origine geografica e posizione sistematica), così come per altre specie animali e vegetali. Negli Uccelli questi ritmi sono espressi dallo sviluppo degli organi riproduttivi, dalla muta, dalla deposizione pre-migratoria di grasso e dall'inquietudine migratoria.

I ritmi endogeni spontanei sono solitamente più evidenti nei migratori su lunga distanza, i quali durante la migrazione sono sottoposti a maggiori variazioni del fotoperiodo: in essi vi è maggiore necessità di una forma endogena di controllo.

In condizioni naturali i cicli endogeni di molti Uccelli sono mantenuti nella giusta fase grazie ai

cambiamenti stagionali nella durata del giorno. L'importanza di questo parametro deriva dalla sua affidabilità quale riferimento per individuare la data nel corso dell'anno.

L'utilizzo del fotoperiodo per sincronizzare il ciclo annuale fu dimostrato grazie ad esperimenti nei quali si simulavano cicli fotoperiodici stagionali con durata totale diversa dai 12 mesi: nella maggior parte dei casi i ritmi biologici degli Uccelli venivano adattati al regime fotoperiodico simulato. Quando ad esempio alcuni beccafichi *Sylvia borin* furono sottoposti alla simulazione di un ciclo annuale dimezzato, essi intrapresero in 12 mesi quattro periodi di muta anziché due, due cicli di sviluppo delle gonadi anziché uno e quattro periodi di inquietudine migratoria anziché due (Berthold, 1996).

Nonostante la regolarità nei cambiamenti del fotoperiodo, determinate condizioni meteorologiche, la disponibilità di cibo ed altre condizioni possono cambiare da un anno a quello successivo.

È quindi importante per gli Uccelli rispondere anche a fattori secondari diversi dal fotoperiodo, regolando le proprie attività in modo da adattarsi alle condizioni presenti in un determinato momento.

Questi fattori secondari di origine ambientale sono quindi importanti nella regolazione temporale fine dei vari eventi del ciclo annuale. Gli individui che non riescono a rispondere in maniera appropriata al mutamento delle condizioni ambientali sono seriamente svantaggiati: questo fenomeno è oggi osservabile nella risposta delle specie ai cambiamenti climatici in atto. Le specie meno plastiche e meno abili nell'adattamento dei propri cicli temporali alle variate condizioni ambientali sono quelle che stanno subendo i maggiori cali demografici (Møller et al., 2008).



Grazie ad esperimenti sul Beccafico, è stata dimostrata l'esistenza dei ritmi circannuali.

#### 1.4.4. L'accumulo delle riserve energetiche e il ruolo della dieta frugivora

La migrazione, come già affermato, è un processo energeticamente molto dispendioso. Solo poche specie, come ad esempio le sterne o i rondoni, sono in grado di nutrirsi durante il viaggio: nella maggior parte delle altre specie invece il successo della migrazione dipende dalle scorte energetiche interne che, quindi, devono essere accumulate in grande quantità prima di iniziare un volo migratorio.

Ciò è vero in particolar modo per quelle specie che devono affrontare lunghi voli attraverso aree inospitali, come mari o deserti. I meccanismi che permettono agli Uccelli di accumulare queste riserve energetiche, oggetto di numerose ricerche (Bairlein, 2002), appaiono incredibilmente complessi ed efficienti: alcuni migratori sono in grado di raddoppiare di peso nel giro di un paio di settimane. Il Beccafico ad esempio, il cui peso medio si aggira intorno ai 16-18 g nelle stagioni riproduttiva e invernale, accresce la sua massa corporea fino a 37 g prima di partire per l'attraversamento del Sahara, sia durante la migrazione primaverile che in quella autunnale (Bairlein, 1991). Valori simili sono stati riscontrati anche nei limicoli, come ad esempio la Pittima minore *Limosa lapponica* (Piersma e Jukema, 1990), ma i maggiori tassi di ingrassamento sono stati osservati nei Passeriformi, con incrementi giornalieri pari al 10-15% della massa magra (Lindström, 1991).

Nei piccoli Passeriformi il 70-80% del guadagno nel peso corporeo è tipicamente dovuto all'accumulo di grassi, mentre nei limicoli un ruolo importante è ricoperto anche dalle proteine che coprono il 30% dell'incremento di massa corporea nei periodi di migrazione.

La fonte primaria di energia durante il volo è dunque costituita dai lipidi, accumulati perlopiù a livello sottocutaneo; i carboidrati sono utilizzati unicamente all'inizio del volo, durante il decollo e nelle fasi immediatamente successive.

Come affermato nel paragrafo precedente, l'ingrassamento pre-migratorio stagionale è regolato a livello endogeno grazie alla programmazione circannuale di diversi valori del peso corporeo (Bairlein e Gwinner, 1994). Anche se tenuti in cattività in condizioni ambientali costanti, i migratori mostrano meccanismi di accumulo delle riserve adipose del tutto in linea con quelli dei loro conspecifici in natura; tali pattern riflettono peraltro le strategie di migrazione delle specie o, in caso di variabilità interspecifica, delle singole popolazioni.



Nonostante il controllo principalmente endogeno, vi sono delle sollecitazioni ambientali determinanti nella regolazione fine del processo di ingrassamento.

Tra queste sollecitazioni è interessante sottolineare il ruolo della disponibilità di cibo e della lunghezza delle giornate. È stato osservato nel Beccafico e nella Cannaiola *Acrocephalus scirpaceus* che le maggiori quantità di grasso vengono accumulate nelle giornate brevi: probabilmente la diminuzione di disponibilità trofica e l'abbreviarsi delle giornate associati alla fase tardiva del periodo migratorio costituiscono un riferimento significativo nella determinazione dell'ingrassamento migratorio.

Recentemente è stato dimostrato da un gruppo di ricercatori svedesi che anche il campo magnetico costituisce un riferimento fondamentale nel determinare i livelli di ingrassamento nel corso della migrazione (Fransson et al., 2001; Kullberg et al., 2003; Kullberg et al., 2007). I ricercatori hanno dimostrato che individui di Usignolo maggiore *Luscinia luscinia* e Pettiroso *Erithacus rubecula* sono in grado di utilizzare il campo magnetico come riferimento per valutare la loro posizione lungo la rotta di migrazione influenzando di conseguenza il tasso di ingrassamento. Sembra inoltre che il riferimento magnetico possa rivestire un ruolo prioritario rispetto ad esempio a quello temporale.

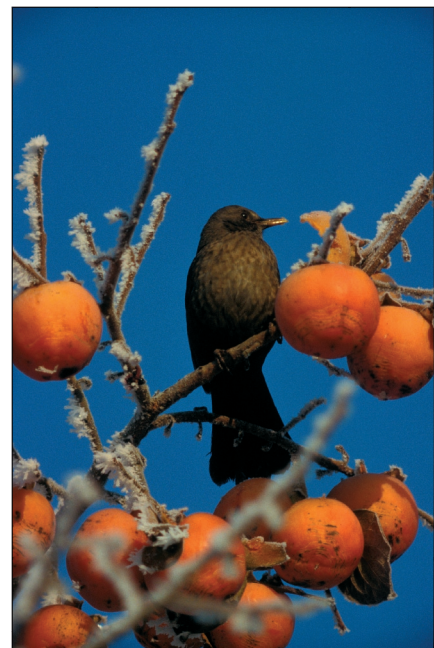
Nel corso dell'evoluzione si sono sviluppati diversi adattamenti fisiologici e comportamentali che hanno permesso di raggiungere una grande efficienza nell'accumulo di riserve energetiche.

Il meccanismo chiave per il raggiungimento di tassi elevati di ingrassamento è un aumento dell'apporto giornaliero di cibo, chiamato iperfagia. Mentre in alcune specie l'iperfagia può spiegare da sola l'incremento del peso corporeo, per altre essa è associata ad un incremento nell'efficienza di assimilazione del cibo (Bairlein, 1999): i meccanismi alla base di questo incremento nell'efficienza digestiva non sono ancora stati completamente chiariti ma sicuramente comprendono complesse interazioni di numerose variabili.

Recentemente sono state effettuate interessanti scoperte sulla flessibilità nelle dimensioni e nelle funzioni degli organi. Nel Beccafico ad esempio si è osservato un incremento del tessuto intestinale pari al 25% passando da una fase di pre-ingrassamento ad una di ingrassamento migratorio vero e proprio: questo meccanismo porta ad un aumento dell'efficienza nell'utilizzo dell'energia introdotta attraverso il cibo (Hume e Biebach, 1996).

Questo cambiamento nella modalità di assimilazione del cibo si verifica soprattutto negli insettivori e quasi per niente nei granivori. Tale differenza è dovuta probabilmente alle differenti strategie di foraggiamento: i granivori si alimentano in habitat ricchi di semi nei quali l'energia di volo richiesta è minima e l'apporto alimentare necessario si può ottenere facilmente per mezzo dell'iperfagia. Per gli insettivori invece che si alimentano nell'aria o che devono spostarsi per localizzare le risorse, la fase di foraggiamento è energeticamente dispendiosa: un temporaneo aumento dell'efficienza di alimentazione può quindi limitare i costi dell'alimentazione ed aiutare il processo di ingrassamento. Uno degli accorgimenti più stupefacenti adottati dagli Uccelli per raggiungere elevati livelli di efficienza nell'ingrassamento pre-migratorio è costituito dallo slittamento nella tipologia di dieta. I fringuelli ad esempio passano da una dieta insettivora ad una a base di semi; per molti altri Passeriformi, che si nutrono quasi esclusivamente di insetti nel periodo primaverile, la componente vegetale assume un peso crescente nel periodo autunnale. Tale fenomeno è evidente soprattutto in alcune famiglie come ad esempio i Silvidi ed i Turdidi.

Inizialmente si pensava che questo cambiamento costituisse un passaggio obbligato, dettato da cambiamenti nella disponibilità relativa di insetti e piccoli frutti. In realtà è stato dimostrato sperimentalmente che esso è dovuto soprattutto al cambiamento delle preferenze alimentari (Bairlein, 1990). Nonostante il basso apporto di proteine e lipidi di una dieta puramente frugivora,



*I Turdidi, tra cui il Merlo, sono tra le specie che, nel corso della migrazione autunnale adattano maggiormente la propria dieta all'utilizzo di alimenti vegetali come bacche e piccoli frutti. La pianta del caco è una delle specie più gradite agli Uccelli (Archivio Fotografico Parco Lombardo della Valle del Ticino).*

è stato dimostrato che alcune specie, come ad esempio il Beccafico, sono in grado di sfruttare gli alimenti vegetali per mantenere ed incrementare il loro peso, dopo un breve periodo di adattamento nel quale viene tra le altre cose aumentata la quantità di cibo ingerito. I beccafichi nutriti esclusivamente con alimenti di origine vegetale sono dunque in grado di mantenere tassi di ingrassamento pari a quelli ottenuti con una dieta esclusivamente insettivora: la maggiore efficienza si realizza tuttavia quando la dieta insettivora viene integrata con alcuni alimenti di origine vegetale (Bairlein e Simons, 1995); tale affermazione è supportata sia da evidenze sperimentali che da dati raccolti sul campo (Parrish, 1997): l'efficacia della dieta aumenta con l'aumentare della componente frugivora (Figura 1.3).

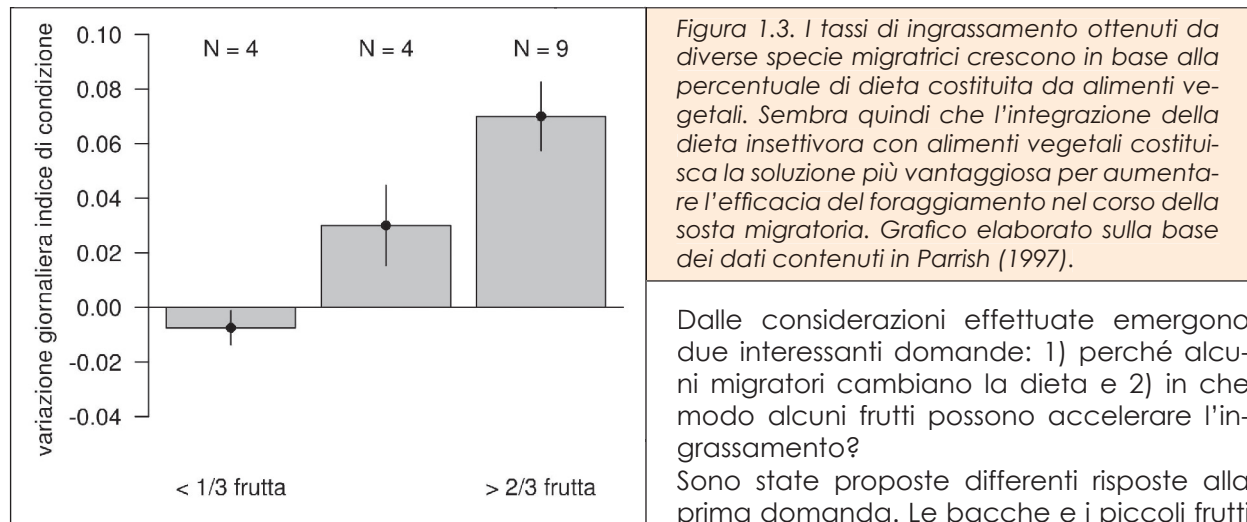


Figura 1.3. I tassi di ingrassamento ottenuti da diverse specie migratrici crescono in base alla percentuale di dieta costituita da alimenti vegetali. Sembra quindi che l'integrazione della dieta insettivora con alimenti vegetali costituisca la soluzione più vantaggiosa per aumentare l'efficacia del foraggiamento nel corso della sosta migratoria. Grafico elaborato sulla base dei dati contenuti in Parrish (1997).

Dalle considerazioni effettuate emergono due interessanti domande: 1) perché alcuni migratori cambiano la dieta e 2) in che modo alcuni frutti possono accelerare l'ingrassamento?

Sono state proposte differenti risposte alla prima domanda. Le bacche e i piccoli frutti costituiscono una risorsa facilmente localiz-

zabile, spesso abbondante localmente: ciò consente agli Uccelli di minimizzare i tempi di ricerca del cibo. La frutta inoltre richiede poco sforzo meccanico per rendere disponibili gli elementi nutritivi.

Ciononostante la dieta frugivora è solitamente considerata molto povera in termini di contenuti proteici. Ciò può essere compensato con meccanismi di selezione della dieta: in esperimenti di scelta doppia, Uccelli cui venivano offerti due tipi di bacca, sceglievano quella con la quale erano in grado di mantenere una certa massa corporea. Gli Uccelli testati non avevano nessuna familiarità con le specie vegetali offerte, ciononostante sapevano individuare, a prescindere da forma, colore e dimensione dei frutti, le loro caratteristiche in termini di apporto energetico (Simons e Bairlein, 1990).

Tra i nutrienti delle piante, i lipidi sembrano giocare un ruolo chiave: alcuni dei frutti disponibili in natura sono ricchi di lipidi (Snow e Snow, 1988) e, nelle aree di sosta mediterranea, la presenza stagionale di molti migratori coincide con la disponibilità di frutti e bacche ricchi di lipidi (Herrera, 1984). Gli Uccelli frugivori sembrano in grado di selezionare i frutti a maggior contenuto lipidico; a ciò va aggiunto che la dieta frugivora viene associata ad un incremento nell'assimilazione dei lipidi (Bairlein, 1987; Lepczyk et al., 2000).

## 1.5. Biogeografia della migrazione: l'evoluzione delle rotte

Dal punto di vista evolutivo è possibile che le rotte migratorie si siano evolute favorendo, a parità di altre condizioni, il risparmio energetico degli Uccelli: dovrebbero dunque essere favorite le rotte più brevi e dirette tra gli areali riproduttivi e quelli di svernamento. Questo tuttavia non è sempre vero e le rotte migratorie di molte specie si sviluppano lungo percorsi indiretti che appaiono ai nostri occhi difficilmente spiegabili.

In alcuni casi una possibile spiegazione potrebbe essere quella della sicurezza: quando la via più breve tra due punti prevede l'attraversamento di ambienti ostili o di barriere difficili da superare, è possibile che le rotte seguite dai migratori si siano sviluppate cercando di ridurre al minimo il rischio di insuccesso. Tale spiegazione non sembra tuttavia sufficiente per molti degli schemi osservati e oggi è comunemente accettato nel mondo scientifico che le odierne rotte di migrazione costituiscano il retaggio dei passati processi biogeografici.

Uno degli esempi più evidenti in questo senso è fornito dal Culbianco *Oenanthe oenanthe*, che

dall'Eurasia ha colonizzato ad ovest la Groenlandia ed il Canada nordorientale, ad est l'Alaska; in inverno tutti gli individui, anche quelli nidificanti in Groenlandia e nell'America settentrionale ritornano però negli areali di svernamento africani. Per spiegare questo fenomeno si è ipotizzato che solo l'Africa possedesse gli habitat adatti per lo svernamento della specie, ma la spiegazione più plausibile è che le popolazioni periferiche non siano riuscite ad evolvere nuove rotte migratorie. Ciò è probabile poiché i cambiamenti evolutivi avvengono solitamente con passi gradualmente. Il problema è che tra l'Africa ed il Sud America non vi sono spazi intermedi nei quali la specie potrebbe svernare. Si rende quindi necessario un balzo evolutivo di notevoli dimensioni e assai poco probabile.

Al pari del Culbianco altre specie del vecchio mondo che hanno colonizzato la Groenlandia e l'America settentrionale continuano a svernare nel vecchio mondo (ad esempio Luì grosso *Phylloscopus trochilus* e Cutrettola *Motacilla flava*) e la situazione inversa si riscontra in alcune specie originariamente nordamericane.

Espandendo il proprio areale le specie aggiungono pezzi alla propria rotta migratoria: è stato quindi affermato che le rotte migratorie sono la conseguenza dell'ultima colonizzazione post-glaciale (Thomson, 1926; Cox, 1968).

Il fatto che esistono invece specie che nidificano sia in Nord America che in Eurasia svernando però rispettivamente in America meridionale e Africa testimonia che in alcuni casi la difficoltà di trovare nuove vie di migrazione è stata superata. Potrebbe trattarsi di una questione di tempi: forse le specie che hanno colonizzato prima una nuova area hanno già sviluppato una nuova rotta migratoria e nuovi areali di svernamento. Osservando che la maggior parte delle specie nidificanti da un capo all'altro dell'Eurasia è stanziale, Bensch (1999) ha ipotizzato che l'espansione degli areali di nidificazione nei migratori su lunga distanza sia limitata dalla difficoltà di sviluppare evolutivamente nuove rotte migratorie.

Alcune specie che nidificano in tutta l'Eurasia, ad esempio il Cannareccione *Acrocephalus arundinaceus*, sono riuscite a separare gli areali di svernamento: le popolazioni occidentali svernano in Africa, mentre quelle orientali nel Sud-est asiatico. Queste specie potrebbero essere sopravvissute all'ultima glaciazione in due aree distinte, ricolonizzando poi a partire da esse tutto il Paleartico. È però altresì possibile che tali specie siano sopravvissute all'ultima glaciazione in uno solo degli estremi del loro areale ed abbiano poi da lì ricolonizzato tutto il Paleartico, evolvendo però una nuova rotta migratoria.

Esempi di colonizzazioni senza la separazione delle rotte migratorie sono visibili anche a scala minore nel continente europeo. Nell'Averla piccola *Lanius collurio*, ad esempio, tutti gli individui nidificanti in Europa attraversano l'area mediterranea lungo il suo margine orientale: anche quelli nidificanti in Spagna si spostano in autunno prima verso nord-est, poi verso est, deviando infine verso sud (Figura 1.4). Lo stesso tragitto viene percorso anche da altre specie, ad esempio Bigiarella *Sylvia curruca* e Cannaiola verdognola *Acrocephalus palustris*.

La situazione opposta si verifica invece per la Balia nera *Ficedula hypoleuca*: tutte le popolazioni della specie nidificanti nel Paleartico passano in autunno dalla penisola iberica per giungere nell'Africa occidentale.

Molto curiosa anche la migrazione del Pagliarolo *Acrocephalus paludicola*, uno dei Passeriformi maggiormente minacciati del Paleartico. Il Pagliarolo nidifica nell'Europa orientale. Durante la migrazione post-riproduttiva, gli individui si spostano inizialmente verso ovest, raggiungendo le coste del Mare del Nord, inclusa la Gran Bretagna, dopodiché virano verso sud. È probabile che la specie abbia colonizzato l'Europa orientale partendo da ovest, che si sia poi estinta come nidificante nell'Europa occidentale mantenendo però la rotta migratoria originaria.



Il Culbianco partendo dall'Eurasia ha colonizzato Groenlandia, Canada e Alaska. Tutti gli individui nidificanti in queste nuove aree tornano però a svernare nel continente africano. (Foto di P. Bonazzi)

Tutti questi esempi sembrano sottolineare un principio guida nell'evoluzione dei tratti genetici che hanno determinato le attuali rotte migratorie: piccole modifiche dei programmi esistenti sono più probabili che grandi e bruschi salti evolutivi.

L'idea che le attuali rotte migratorie ricalchino gli antichi percorsi di espansione delle specie ha trovato recentemente supporto grazie ad alcune analisi genetiche effettuate sul DNA mitocondriale, ovvero su quella parte del DNA che si pensa cambi a tassi abbastanza costanti nel tempo senza grosse modifiche sulla fitness degli individui. Tramite l'analisi del DNA mitocondriale è possibile in alcuni casi risalire all'ordine cronologico nel quale si sono evolute alcune popolazioni, ricavando quindi i meccanismi storici dell'espansione di areale.

Grazie al DNA è stato possibile, ad esempio, ricostruire il differente percorso di colonizzazione postglaciale della Penisola scandinava da parte di due sottospecie di Lù grosso, *Phylloscopus trochilus trochilus* e *P. t. acredula*: la prima ha probabilmente colonizzato la penisola scandinava da sudovest, la seconda da est (Chamberlain et al., 2000). Agli stessi risultati si è anche pervenuti con l'analisi dei dati di ricattura e degli isotopi presenti nel piumaggio degli individui: lo sviluppo di nuove tecniche è destinato ad accelerare il processo di apprendimento anche nel campo della biogeografia del fenomeno migratorio.

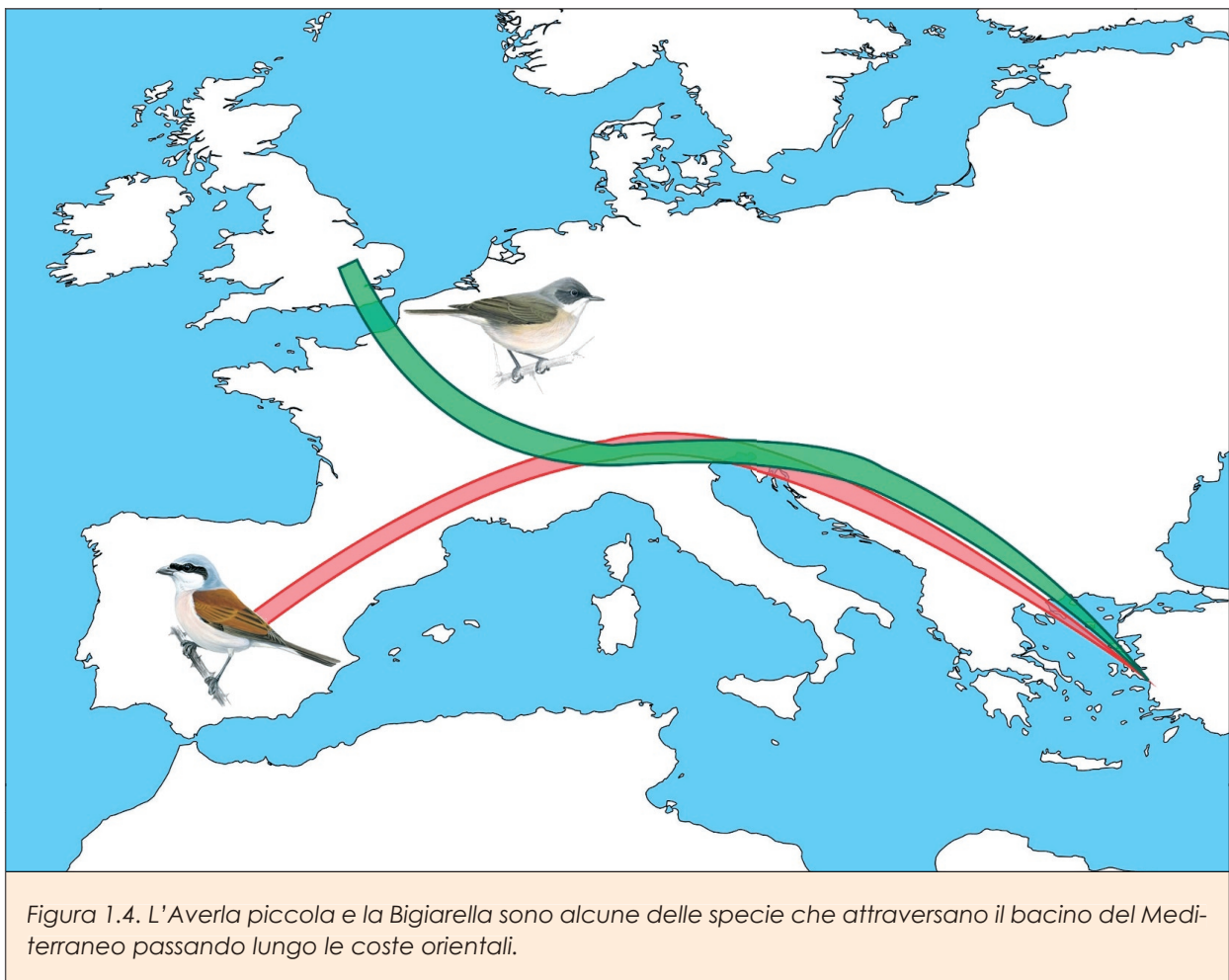


Figura 1.4. L'Averla piccola e la Bigiarella sono alcune delle specie che attraversano il bacino del Mediterraneo passando lungo le coste orientali.

## 2. PROBLEMI DI CONSERVAZIONE DELLE SPECIE MIGRATICI

### 2.1. Fattori di pressione

Generalmente si pensa che le popolazioni di Uccelli migratori siano limitate soltanto dalle condizioni presenti nelle aree di riproduzione o di svernamento (Newton, 2004), ma per alcune specie accade che tali limiti siano determinati anche – o soprattutto – dalle situazioni incontrate durante la migrazione; questo può avvenire presso le aree di sosta (dove, ad esempio, la competizione per le risorse limitate può ridurre la successiva sopravvivenza o il successo riproduttivo) oppure durante il volo stesso, quando condizioni di tempo avverso possono uccidere un gran numero di individui (Newton, 2006).

Sarebbe sorprendente il fatto che i numeri di Uccelli che effettivamente si riproducono non siano influenzati dalle condizioni che si presentano durante il periodo della migrazione. Tale processo, infatti, occupa una finestra temporale molto ampia del ciclo biologico delle specie (alcune settimane o mesi, incluse le soste; in casi estremi può durare fino a sei mesi); è altamente probabile, dunque, che in un periodo così lungo si verifichino eventi sostanziali di mortalità, che si riflettono nelle variazioni delle popolazioni da un anno con l'altro e nel conseguente successo riproduttivo. Gli effetti reali sulle dimensioni delle popolazioni, però, si possono spiegare solo in congiunzione con altri fattori che operano in altri periodi dell'anno (Newton, 2006).

Durante il delicato periodo della migrazione normalmente si verificano limitazioni derivanti da fattori biotici e abiotici ma comunque naturali; possono però entrare in gioco anche elementi di origine antropica (come il disturbo diretto o la riduzione degli habitat idonei), influenzando negativamente sulle popolazioni avifaunistiche sia singolarmente sia nel complesso, con effetti di accumulo. Una panoramica delle principali cause di pressione che intervengono nel periodo dei movimenti migratori è presentata nei paragrafi seguenti; un paragrafo a parte merita la trattazione delle conseguenze dei cambiamenti climatici sui migratori, argomento di notevole attualità e particolarmente sentito nell'ambito della ricerca scientifica.

#### 2.1.1. Fattori naturali

##### Limitazioni nell'alimentazione presso le aree di sosta

Le stesse aree di sosta vengono spesso utilizzate come rifornimento non solo da molti individui, ma anche da molte specie diverse nello stesso momento; anche Uccelli che solitamente migrano solitari, tendono a concentrarsi nelle – generalmente poche – aree di sosta utili. Tenendo conto del fatto che, per accumulare riserve energetiche per il volo, gli Uccelli devono riuscire a ottenere maggiori quantità di cibo rispetto ad altri periodi, è naturale che si verifichino fenomeni di competizione per le risorse, che spesso sono in quantità limitata (Newton, 2006). Tali fenomeni sono di portata maggiore nei siti dove gli individui devono accumulare riserve in più per poter attraversare



*Il Parco del Ticino rappresenta un'importante direttrice migratoria situata nella pianura a ridosso dell'imponente barriera ecologica della catena alpina (Foto di P. Bonazzi)*

barriere ecologiche, come ad esempio oceani, deserti o catene montuose. La competizione per le risorse presso le aree di sosta è particolarmente intensa negli Uccelli acquatici, che in genere hanno a disposizione un numero limitato di aree di sosta possibili, spesso poste a notevoli intervalli di distanza lungo le rotte migratorie. Tale situazione si verifica invece in misura minore nelle specie terrestri, che si spostano attraverso molti habitat favorevoli e incontrano numerose opportunità di rifornimento durante gli spostamenti (Newton, 2006).

Gli individui che non sono in grado di accumulare risorse energetiche sufficienti non riescono a migrare nel periodo appropriato e rimangono presso le aree di sosta (Spendelow, 1985) o nelle aree di svernamento (van Dijk et al., 1990) oppure ancora nelle zone riproduttive, dove possono

non sopravvivere al sopraggiungere della stagione fredda (Kolunen e Peiponen, 1991). Queste evidenze sottolineano l'importanza di un corretto approvvigionamento per il successo della migrazione.

### Condizioni fisiche e sopravvivenza

Esiste una relazione tra le condizioni fisiche degli individui presso le aree di sosta e la loro conseguente sopravvivenza sia in autunno che in primavera (Newton, 2006). Alcuni studi sulle anatre, ad esempio, hanno dimostrato che le condizioni degli individui nelle aree di sosta autunnali influenzano non solo la sopravvivenza successiva ma anche il loro uso dell'habitat, le risposte comportamentali ai richiami e la vulnerabilità alla pressione venatoria (Greenwood et al., 1986; Heitmeyer et al., 1993).

Un vantaggio per la migrazione può derivare dall'accumulo di riserve corporee residue, che possono aiutare un individuo in caso di condizioni meteorologiche avverse o in altre circostanze inaspettate durante il volo; queste possono inoltre essere utili anche dopo il volo, all'arrivo nelle aree di sosta o in quelle di riproduzione o svernamento, costituendo un margine di sicurezza che consente all'individuo di installarsi in una nuova area e di avvantaggiarsi rispetto ad altri (Newton, 2006)

### Predazione, disturbo e parassitismo

Talvolta un gran numero di predatori si riunisce presso le aree di sosta quando aumenta la disponibilità di prede. I problemi legati al fattore predazione non sono costituiti esclusivamente dalla mortalità diretta. Gli individui durante la sosta devono, infatti, svolgere altre attività oltre ad alimentarsi (ad esempio prestare attenzione ai predatori), che in ogni caso diminuiscono il tasso di ingrassamento e aumentano la durata della sosta e che, in definitiva, rallentano il generale progresso della migrazione (Newton, 2006). La risposta migliore delle potenziali prede è quella di esercitare una maggiore vigilanza e di selezionare gli habitat più sicuri, ma anche questo riduce il tasso di alimentazione; viceversa l'eccessivo incremento di peso associato alla deposizione di grasso riduce la velocità di decollo e l'agilità, rendendo più facile la cattura da parte dei predatori (Witter et al., 1994; Metcalfe e Ure, 1995; Lee et al., 1996; Lind et al., 1999). Si avvantaggia dunque l'individuo che riesce a trovare il giusto equilibrio tra i due fattori.

Il disturbo diretto sugli individui in sosta, causato dai predatori o dall'uomo (ad esempio nei casi di caccia indiscriminata), può anch'esso diminuire il tasso di ingrassamento e la quantità di grasso accumulato e, dunque, influire negativamente su sopravvivenza e successo riproduttivo degli individui (Madsen, 1995; Drent et al., 2003)

Anche i parassiti possono influenzare negativamente la prestazione migratoria, non solo in quanto hanno un generico effetto debilitante sull'individuo, ma anche perché, quando sono abbondanti (soprattutto i parassiti intestinali), possono assorbire una parte sostanziale del cibo ingerito dall'ospite, portando ad una diminuzione dell'accumulo di grasso. Gli Uccelli possono inoltre prendere i parassiti presso le aree di sosta, ma talvolta questi iniziano ad influire sugli organismi ospiti in altre fasi del ciclo biologico, come ad esempio la riproduzione, portando comunque ad effetti negativi sulle popolazioni (Newton, 2006).

### Condizioni meteorologiche avverse

Ci sono altre forme di mortalità, legate alle condizioni meteorologiche, che possono intervenire sui migratori e possono occasionalmente portare a pesanti perdite. Queste possono essere suddivise in tre categorie (Newton, 2006):

- *Mortalità durante il volo*<sup>4</sup>: causata da eventi meteorologici intensi (tempeste, vento forte, nebbia, tornado ecc.), coinvolge per la maggior parte piccoli Passeriformi ma sono noti



*Il Parco del Ticino rappresenta un'importante direttrice migratoria situata nella pianura a ridosso dell'imponente barriera ecologica della catena alpina (Foto di P. Bonazzi)*

casi anche per Uccelli più grandi, come aquile e cigni (Newton, 2007). La pioggia intensa può impregnare il piumaggio, aumentare il carico delle ali (che spesso è già alto nei migratori) e causare perdite importanti di calore corporeo; tali stress, probabilmente accoppiati con il disorientamento, forzano talvolta i migratori a scendere dove è meno sicuro e dove possono essere uccisi da collisioni, annegamenti o congelamenti (Newton, 2007);

- *Mortalità successiva all'arrivo nelle aree riproduttive*: è associata ad eventi di gelo e neve nelle zone riproduttive e coinvolge piccoli insettivori (soprattutto Irundinidi; (Newton, 2007), ma anche altri gruppi (ad esempio limicoli e Uccelli acquatici).

Le condizioni meteorologiche che si presentano al momento dell'arrivo hanno una notevole influenza sulla sopravvivenza da un anno con l'altro e – di conseguenza – sulle differenze interannuali di densità riproduttiva;

- *Mortalità prima della partenza dalle aree riproduttive*: sono note segnalazioni di questi eventi soprattutto per Irundinidi; altri casi estremi si sono verificati per Uccelli acquatici nidificanti in zone artiche, che non sono in grado di lasciare le aree riproduttive per qualche ragione prima che le temperature crollino per l'inverno. Gli eventi di mortalità che si verificano presso le aree riproduttive si possono isolare e classificare come collegate alla migrazione nel momento in cui non si verificano fenomeni analoghi contemporanei anche nelle popolazioni residenti (Newton, 2007).



Condizioni meteorologiche avverse incontrate dai migratori all'arrivo nei territori riproduttivi possono provocare eventi massivi di mortalità.

### 2.1.2. Cambiamenti climatici

I cambiamenti climatici sono uno dei fattori che colpiscono e più probabilmente colpiranno gli ecosistemi della Terra nei prossimi anni e secoli. L'incremento nella temperatura globale avvenuto nel ventesimo secolo è stato, come è noto, il maggiore degli ultimi 1000 anni (Figura 2.1) e questo fenomeno è stato associato ai cambiamenti nei normali schemi meteorologici, come le precipitazioni, la copertura nevosa, la temperatura degli oceani e il livello del mare. Il tasso previsto di riscaldamento è molto maggiore di quanto osservato nel XX secolo e risulta senza precedenti negli ultimi 10.000 anni (Robinson et al., 2005).

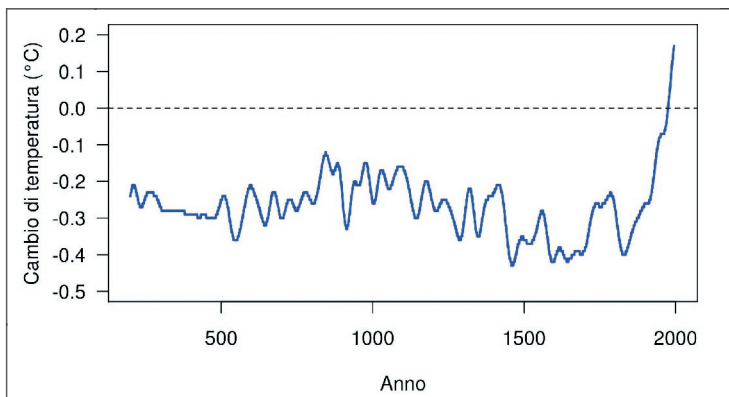


Figura 2.1. Andamento della temperatura nell'emisfero settentrionale a partire dall'anno duecento secondo la ricostruzione ottenuta con diverse tecniche di stima. Dati tratti dal sito web del National Climatic Data Center – U.S. Department of Commerce (<http://www.ncdc.noaa.gov>).

Sono ormai note le forti evidenze degli effetti negativi dei cambiamenti climatici su animali e piante (Walther et al., 2002; Parmesan e Yohe, 2003; Rehfisch e Crick, 2003; Root et al., 2003; Crick, 2004). Tali conseguenze, ampiamente documentate da studi di settore, possono includere: cambiamenti nella fenologia migratoria (Sparks e Braslavská, 2001); anticipo del periodo riproduttivo (Crick et al., 1997; Crick e Sparks, 1999); variazioni nel successo riproduttivo (Thompson e Ollason)

4 - La probabilità di un singolo individuo di soccombere ad un evento meteorologico estremo può dipendere in parte anche dalle condizioni fisiche che presenta al momento e, a sua volta, dalle situazioni (inclusa la competizione) che ha incontrato nella precedente sosta, come descritto nei precedenti paragrafi.

2001); cambiamenti nelle dimensioni delle popolazioni (Crick e Sparks, 1999); mutamenti nell'areale distributivo di una popolazione (Berry et al., 2001).

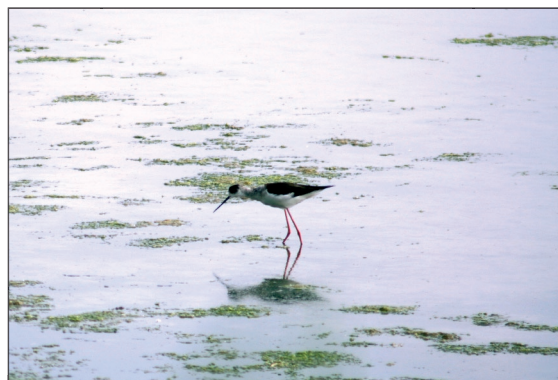
Gli Uccelli sono ottimi indicatori dei cambiamenti climatici (Furness et al., 1993), poiché possiedono un buon numero di caratteristiche idonee: sono facili da identificare; sono in posizione relativamente alta nella catena alimentare e dunque sono in grado di indicare eventi e processi che avvengono più in basso lungo la catena; sono relativamente ben studiati e compresi e spesso sono noti dati di base preesistenti che li riguardano; hanno un'aspettativa di vita relativamente lunga e sono, dunque, in grado di fare emergere gli effetti di stress ambientali nel tempo, consentendo la misurazione di effetti a lungo termine (ma probabilmente oscurando le perturbazioni che si verificano in tempi più ristretti). Tra gli svantaggi, invece, vi sono i fenomeni oscillatori naturali che si verificano nelle popolazioni, che possono talvolta nascondere i reali effetti dei fattori in gioco (Robinson et al., 2005). In ogni caso, le variazioni nelle popolazioni avifaunistiche sono state proposte – e in qualche caso accettate – quale indice di cambiamenti ambientali. Nel contesto europeo, ad esempio, il tasso di sopravvivenza delle specie di Uccelli è stato proposto quale indicatore di cambiamenti climatici (EEA, 2004), in quanto in molte specie risulta essere in relazione significativa con la temperatura (Baillie e Peach, 1992; Frederiksen, 2002; Robinson et al., 2007).

Di seguito sono elencati e brevemente descritti gli effetti dei cambiamenti climatici su vari aspetti del ciclo vitale degli Uccelli migratori (Robinson et al., 2005).

### Distribuzione

È stato ampiamente dimostrato che le distribuzioni di alcune specie di Uccelli migratori subiscono alterazioni dovute ai cambiamenti climatici, indipendentemente da altre cause. Tali variazioni influenzano sia le zone di riproduzione che gli areali di svernamento, nonché le distanze di migrazione tra le une e gli altri. In generale l'entità reale dell'impatto di questi cambiamenti sulle popolazioni è sconosciuta, ma in molti casi appare favorevole (con la diminuzione delle distanze di spostamento migratorio). Le popolazioni di migratori che utilizzano biotopi fortemente limitati dalle condizioni climatiche, soffrono probabilmente in maniera maggiore dei cambiamenti climatici (Robinson et al., 2005).

In generale, le variazioni di areale probabilmente hanno i maggiori effetti su, o comunque riguardano maggiormente, specie che occupano ambienti la cui distribuzione geografica non può cambiare in risposta all'aumento di temperatura, come ad esempio la tundra o gli habitat artici o montani oppure le aree costiere. Gli incrementi del livello del mare, infatti, potrebbero portare ad un'inondazione permanente delle zone fangose e delle paludi salmastre, con gravi implicazioni per le specie acquatiche ad esse legate – molte delle quali sono di forte interesse per la conservazione – sia in periodo riproduttivo che durante lo svernamento (Robinson et al., 2005).



*Il riscaldamento globale potrebbe portare in breve tempo ad un'inondazione permanente delle zone fangose e delle paludi salmastre, con conseguenze molto gravi per le specie che frequentano questi ambienti, come Cavaliere d'Italia (Foto di E. Barone).*

### Fenologia della migrazione

Alle latitudini temperate gli Uccelli raggiungono i loro territori riproduttivi progressivamente in anticipo nella stagione man mano che il clima diventa più caldo. Questo fenomeno non è però universale. L'aggiustamento del momento dell'arrivo diventa necessario solo se la specie deve compensare, ad esempio, l'anticipo temporale nel picco di disponibilità delle prede causato dai cambiamenti climatici. Inoltre i climi regionali cambiano con tassi differenti e, in alcuni casi, con direzioni diverse.

Un buon numero di studi ha mostrato che le date di arrivo in media in primavera, per specie nidificanti in Europa, sono anticipate quando l'indice NAO<sub>5</sub> è in una fase positiva durante le stagioni precedenti (inverno e primavera) e le condizioni sono più calde (Forchhammer et al., 2002; Hüppop e Hüppop, 2003; Vahatalo et al., 2004). In qualche caso, laddove apparentemente la fenologia degli eventi in primavera appare tardiva, il fenomeno è dovuto invece ad altri fattori in gioco, come ad esempio il decremento numerico delle popolazioni (Collinson e Sparks, 2005).



## Fenologia della nidificazione

In aggiunta ai cambiamenti nei tempi del movimento migratorio, le variazioni nelle condizioni climatiche hanno influenzato anche la fenologia riproduttiva sia dei migratori che dei residenti, portando ad un'anticipazione dei tempi di nidificazione (Robinson et al., 2005). Tale fenomeno è legato ai mutamenti nelle disponibilità delle risorse alimentari (picco di disponibilità delle prede). Ad esempio, l'anticipo nelle emergenze fogliari risulta in una parallela anticipazione della nascita dei bruchi erbivori (prede di molte specie di Uccelli), che devono mantenere la sincronia con le loro risorse alimentari (Robinson et al., 2005).

Le conseguenze si estendono non solo agli schemi temporali della nidificazione ma anche alla muta, la fenologia della quale dipende strettamente dai tempi di riproduzione (Coppack et al., 2001), e che a loro volta possono influenzare i processi

che avvengono nei quartieri di svernamento. Al momento, tuttavia, non è ancora chiaro – ed è oggetto di studio – quante specie subiscano questo tipo di impatto (sebbene esso sia più probabile per specie a covata singola che si alimentano di prede stagionali) e quanto grave esso sia. Vi sono però buone evidenze del fatto che le primavere più calde hanno reso gli Uccelli in grado di iniziare prima la riproduzione (fenomeno misurato come data di deposizione del primo uovo) e che si tratta di un fenomeno destinato a continuare (Robinson et al., 2005).



Recenti studi sulla Balia nera (Both et al., 2006) hanno evidenziato gli effetti negativi dei cambiamenti climatici sulla persistenza delle popolazioni migratrici  
(Foto di P. Bonazzi).

## Sopravvivenza

Le condizioni meteorologiche avverse possono influenzare il tasso di sopravvivenza degli individui direttamente o indirettamente. Il tasso di perdita di calore corporeo cresce al diminuire della temperatura esterna; l'aumento del grado di umidità del piumaggio dovuto alla pioggia riduce l'efficacia del ruolo di isolamento delle penne. In condizioni di freddo e umido gli Uccelli devono investire molta più energia per mantenere costante la loro temperatura corporea e costi energetici molto elevati possono condurre alla morte. Al contrario, climi più caldi alleviano i costi di mantenimento del calore corporeo, con conseguenze positive per la sopravvivenza degli individui (Robinson et al., 2005). Forse più pervasivi sulla sopravvivenza sono gli effetti indiretti del clima e delle condizioni ambientali, come la variazione di abbondanza e di disponibilità delle risorse alimentari, come riportato al punto precedente.

I cambiamenti climatici aumentano inoltre i rischi legati ad altri aspetti della migrazione, – influenzando, ad esempio, la durata della sosta – che deve essere della durata esatta per la riuscita della migrazione o aumentando la mortalità nella migrazione primaverile, meno compensabile di quella autunnale (Kokko, 1999; Robinson et al., 2005). I mutamenti climatici possono aggravare infine l'incidenza delle malattie, variando il tasso di riproduzione degli agenti patogeni o la distribuzione delle specie vettrici (Faustino et al., 2004).

## Produttività

Il clima influenza la produttività riproduttiva in diversi modi: prima di tutto, i pulli possono essere particolarmente sensibili al freddo (ipotermia) a causa delle loro dimensioni ridotte e del piumaggio non sviluppato (per tale ragione sono incubati dagli adulti in condizioni particolarmente severe di temperatura). Nel climi più caldi, come ad esempio nel bacino del Mediterraneo, essi possono viceversa soffrire l'ipertermia e lo stress termico. In seconda istanza, le condizioni climatiche possono condizionare la quantità di cibo che i genitori sono in grado di raccogliere per la loro prole (Robinson et al., 2005).

I cambiamenti climatici possono anche influire sulle condizioni degli adulti all'inizio della stagione riproduttiva.

Sebbene gli individui siano in grado di sopravvivere alle condizioni sfavorevoli che incontrano in

5 - North Atlantic Oscillation – Oscillazione Nord Atlantica, fenomeno atmosferico che determina forza e direzione del flusso zonale occidentale e direzione delle perturbazioni lungo l'Atlantico settentrionale.

inverno, essi, al ritorno nei territori riproduttivi, possono ritrovarsi con le riserve energetiche corporee talmente impoverite da non consentire il successo riproduttivo nella stagione seguente. Una diminuzione nel numero di individui che tentano di riprodursi può avere un'influenza negativa sulle dimensioni dell'intera popolazione (Robinson et al., 2005).

### Dimensioni di popolazione

La dimensione di una popolazione è essenzialmente regolata, ad un livello base, dall'equilibrio dei tassi demografici: il tasso a cui nuovi individui nascono nella popolazione (natalità) e il tasso a cui i vecchi individui vengono eliminati dalla popolazione (mortalità).

Gli effetti delle variabili climatiche locali sui cambiamenti numerici delle popolazioni avifaunistiche sono stati molto studiati. In particolare sono state indagate, in Europa e in Nord America, le conseguenze della temperatura media o delle precipitazioni (o misure ad esse correlate) sia sul lungo periodo sia sugli intervalli interannuali. Appare una chiara differenza tra i migratori e i residenti nelle variabili climatiche che sono maggiormente in relazione con le variazioni numeriche di popolazione.

Le specie residenti appaiono legate soprattutto al clima invernale, in particolare alle temperature in inverno, mentre i cambiamenti nelle popolazioni riproduttive di migratori sembrano influenzate dalle precipitazioni primaverili, in particolare dalla variazione annuale nelle precipitazioni nelle regioni del Sahara e del Sahel in Africa, attraversate da molti Passeriformi in viaggio verso nord (Robinson et al., 2005).



*Per molte specie migratrici su lunga distanza, tra cui l'Usignolo (Boano et al., 2004), è stata dimostrata l'influenza delle precipitazioni primaverili nella zona del Sahel, in Africa, sui tassi di sopravvivenza delle popolazioni nidificanti in Europa (Foto di P. Bonazzi).*

### 2.1.3. Impatto dell'uomo e delle sue attività

Le possibili cause dovute all'intervento antropico possono essere classificate come segue (Andaloro et al., 2009):

- espansione edilizia abitativa e delle infrastrutture industriali, con conseguente riduzione o alterazione degli habitat idonei alla sosta;
- sviluppo di infrastrutture (vedi oltre);
- espansione e intensificazione dell'agricoltura intensiva: interventi di questo tipo possono comportare cambiamenti importanti, quali perdita di suolo o trasformazioni della vegetazione e dell'ambiente (ad esempio diminuzione del sistema delle siepi ai margini dei campi);
- immissione di sostanze tossiche o nocive (ad esempio piombo, che causa fenomeni di saturnismo);
- bracconaggio (cfr. Par. Box 1);
- incendi: il fuoco non controllato ed utilizzato in maniera non legale, spesso associato all'eccessivo utilizzo dei pascoli, può portare alla perdita degli ambienti ecotonali. Il fuoco ripetuto può infatti portare ad una perdita di fosforo, azoto e materia organica nei primi centimetri di suolo, con conseguenti cambiamenti nella composizione della vegetazione (spesso a favore di specie infestanti i pionieri di scarsa qualità o utilità).

Alcuni cambiamenti sono stati (o sono tutt'ora) drastici e fortemente negativi, tanto da influenzare in modo consistente i processi di decremento/incremento o espansione/contrazione di alcune specie animali. Tali mutamenti hanno riguardato e riguardano soprattutto specie viventi in habitat in costante riduzione, come gli ambienti umidi, le zone steppiche e, seppure in misura minore, i sistemi forestali (Andaloro et al., 2009).

## Riduzione dell'estensione o alterazione degli habitat idonei alla sosta

La perdita di habitat può essere definita come "la distruzione fisica, ma anche come la perdita totale d'idoneità per una determinata specie. In sostanza, se la qualità ambientale si abbassa oltre ad una certa soglia, vi è un'effettiva perdita d'habitat" (Andaloro et al., 2009). Tale distruzione può avvenire non solo nelle zone di svernamento o nelle aree di riproduzione, ma anche negli stopover sites (aree di sosta) utilizzati durante la migrazione.

Il fatto che i migratori usino due o più aree essenziali ogni anno significa che sono inevitabilmente più suscettibili agli effetti della distruzione dell'habitat rispetto ai residenti; i residenti soffrono, infatti, solo se la loro particolare area viene intaccata, mentre i migratori possono risentire del fatto che anche uno solo dei diversi siti importanti per loro vada perso. In questo senso essi hanno, in media, più probabilità dei residenti di essere influenzati dalle attività antropiche. La perdita di habitat ha effetti presumibilmente più gravi sui migratori quando tali ambienti sono adiacenti ad un oceano o ad un'altra barriera e costituiscono l'ultimo sito di alimentazione possibile prima di questa o il primo incontrato dopo averla attraversata (Newton, 2006).



*L'erosione di habitat naturale nelle aree di sosta, dovuta alla realizzazione di nuove aree urbane o infrastrutture, è uno dei principali fattori di minaccia per la persistenza delle popolazioni migratrici. Il Parco del Ticino ha subito in modo particolare tale fenomeno, soprattutto nell'ultimo decennio, con la realizzazione o l'espansione di numerose infrastrutture quali treno ad alta velocità, superstrade ed aeroporto (Foto di P. Bonazzi).*

## Infrastrutture impattanti

Tra le infrastrutture ritenute maggiormente impattanti (Andaloro et al., 2009) sono catalogati gli elettrodotti, gli impianti di illuminazione e gli impianti eolici.

L'impatto delle linee elettriche sull'avifauna è un fenomeno ormai noto ed ampiamente trattato nella letteratura specifica (Penteriani, 1998; Ferrer e Janss, 1999; Pirovano e Cocchi, 2008); gli elettrodotti che risultano maggiormente problematici sono quelli di media tensione (MT) e di alta tensione (AT). Questi, in alcune situazioni, possono essere causa di mortalità diretta per:

- collisione contro i cavi (conduttori o, ancor più frequentemente, di sostegno), fenomeno in genere collegato a linee elettriche ad alta tensione (AT=40÷380 kV);
- folgorazione/elettrocuzione, per contatto con 1 o 2 conduttori e un armamento a terra; fenomeno legato prevalentemente alle linee a media tensione (MT=1÷40 kV).



*L'impatto delle linee elettriche sull'avifauna è un fenomeno ormai noto e riguarda soprattutto le specie di grandi dimensioni come ad esempio i rapaci diurni e notturni (Foto di P. Bonazzi).*

Sulla base dei dati finora raccolti e analizzati, la mortalità causata dalle linee elettriche appare particolarmente elevata in aree ricche di avifauna (in particolare zone umide e foreste) e per specie con abitudini ed aperture alare specifici (es. Gufo reale *Bubo bubo*, rapaci diurni, veleggiatori) oppure in situazioni favorevoli al transito dei migratori (colli di bottiglia di grandi migratori; (Andaloro et al., 2009).

Esistono diverse tipologie di inquinamento luminoso ma l'effetto più inquinante, in rapporto alla densità e potenza degli impianti di illuminazione, è dovuto agli stabilimenti industriali, ai porti, agli aeroporti ed agli impianti sportivi, dove sono presenti una miriade di torri faro di notevole potenza. L'illuminazione notturna ha un esito negativo sull'intero ecosistema circostante, ma ben

nota è l'influenza dell'inquinamento luminoso sulle migrazioni degli Uccelli (Fornasari, 2003). È un fatto assodato in letteratura che le stelle rappresentino un importante riferimento per i migratori notturni in particolare attraverso il meccanismo del "compasso stellare"<sup>6</sup>, così come il fatto che le luci artificiali possono essere causa di collisioni fatali (Berthold, 2001). L'illuminazione notturna degli edifici infatti attira gli Uccelli in migrazione e ne perturba il sistema di orientamento al punto che questi possono sbattere contro le luci o le finestre illuminate o svolazzare intorno alle fonti luminose fino ad estenuarsi.

L'impatto degli impianti eolici sull'avifauna è noto e documentato nella letteratura tecnica e scientifica (Møller e Merilä, 2004). Gli effetti negativi segnalati nei confronti dell'avifauna appartengono essenzialmente a due tipologie (Campedelli e Tellini Florenzano, 2002; Ruggieri, 2004; Andaloro et al., 2009):

- collisione degli animali con il rotore (effetto diretto);
- disturbo a causa del rumore prodotto dall'impianto con conseguente perdita di habitat riproduttivo e/o trofico e/o di sosta durante le migrazioni unitamente a quello provocato dalle operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria
- perdita o danneggiamento di habitat (ivi inclusi aree trofiche temporanee o permanenti, zone di rifugio temporaneo e di riproduzione) e disturbo che porta allo spostamento o all'esclusione da un'area, ivi incluse le barriere al movimento.

I migratori notturni risultano sottoposti al rischio maggiore, soprattutto quando, alla ridotta visibilità, si aggiungono condizioni atmosferiche avverse. In alcuni casi di incidenti in volo, dovuti al cattivo tempo, gli artefatti umani possono incrementare le perdite, principalmente nelle ore di buio e in condizioni meteorologiche sfavorevoli. I migratori notturni, infatti, nelle notti con scarsa visibilità a causa di pioggia o nebbia, sono attratti dalle strutture illuminate, fenomeno che spesso porta a collisioni (Newton, 2007).

### Attività venatoria

L'esercizio venatorio è uno dei possibili utilizzi di una risorsa naturale rinnovabile quale quella rappresentata dagli Uccelli migratori. Tale concetto viene riconosciuto anche dalla Direttiva Uccelli, sebbene la stessa Direttiva assuma che la caccia sia consentita a condizione che il prelievo così effettuato sia sostenibile per le popolazioni sulle quali lo stesso viene esercitato (Andaloro et al., 2009).

Alcune problematiche di conservazione dei migratori legate a questa attività riguardano:

- l'impossibilità – nella maggior parte dei casi di effettuare una valutazione oggettiva sulla possibile influenza dell'attività sulle popolazioni migratrici, a causa della mancanza di statistiche ufficiali di carniera, ad esempio su base annuale;



*Il recente forte sviluppo di impianti eolici ha aperto un intenso dibattito sulla loro compatibilità ambientale, in particolare per quanto concerne il loro potenziale impatto su Uccelli e Chiropteri (Foto di P. Bonazzi).*



*Per le specie cacciabili, la carenza di dati reali relativi al numero di individui abbattuti impedisce una stima del reale impatto del prelievo venatorio sulla persistenza delle popolazioni. Il Tordo bottaccio è una delle specie maggiormente cacciate nel nostro Paese (Foto di P. Bonazzi).*

<sup>6</sup> - Oltre all'orientamento tramite "compasso magnetico" (ovvero l'angolo rispetto al campo magnetico) gli Uccelli hanno due meccanismi di compasso riferiti al cielo, che forniscono essenzialmente lo stesso tipo di informazione direzionale: il compasso solare durante il giorno e il compasso stellare durante la notte (Wiltschko e Wiltschko, 1996).

•il fenomeno del saturnismo: Il piombo è un metallo altamente tossico, in grado di provocare nei Vertebrati danni irreversibili a tessuti e ad organi vitali con conseguenti disfunzioni fisiologiche e comportamentali, anche a concentrazioni relativamente basse. Sebbene l'uso di questo elemento sia stato eliminato dalla maggior parte degli oggetti di utilizzo umano, esso è largamente utilizzato nelle munizioni per la caccia e causa problemi di avvelenamento e intossicazione in molti Uccelli acquatici<sup>7</sup>.

### Il bracconaggio

Per bracconaggio si intende l'uccisione deliberata di animali con modalità illegali, appartenente ad almeno tre tipologie (Andaloro et al., 2009):

- *Abbattimento di specie non consentite*: in Italia esiste una consistente statistica sul numero di animali feriti da arma da fuoco e ricoverati nei centri di recupero della fauna sparsi per il territorio. La maggioranza di queste specie non è inclusa tra quelle cacciabili, a riprova del fatto che nei loro confronti avviene ancora un'attività venatoria illegale;
- *Abbattimento di specie consentite ma in giorni e stagioni di silenzio venatorio o in aree di divieto*: si tratta di un'attività praticata soprattutto nelle regioni meridionali d'Italia e nelle piccole isole. Ad esempio, nonostante la caccia primaverile sia proibita dagli anni '70, nelle isole di Linosa e Lampedusa, quando si presenta l'occasione (problemi di personale preposto al controllo), essa viene praticata, soprattutto alle tortore e qualche altra specie in transito primaverile tra aprile e maggio.
- *Uccisione di specie con mezzi non consentiti*: esistono tradizioni difficili da estirpare, effettuata con mezzi non consentiti (ad esempio bocconi avvelenati, archetti) e con finalità di lucro.

Vi sono altre forme di bracconaggio, rappresentate ad esempio dalla falsa dichiarazione del numero di capi abbattuti durante l'attività venatoria o da attività non strettamente venatorie (tassidermia illegale, saccheggio di uova e nidiacei di specie protette, commercio illegale di specie protette).



La Poiana è una delle specie che sono spesso oggetto di abbattimenti illegali. Nella foto un individuo ricoverato presso il Centro di Recupero di Fauna Selvatica de La Fagiana, gestito dalla LIPU (Foto di P. Bonazzi).

### 2.1.4. Le misure di mitigazione

Per tutti i fattori di pressione descritti nei precedenti paragrafi sono stati eseguiti (o sono ancora in corso) studi volti a identificare possibili misure di mitigazione degli impatti e a verificarne l'efficacia. I fattori naturali non sono ovviamente regolabili da alcun tipo di intervento, mentre è possibile agire sulle cause dei disturbi antropici.

Per quanto riguarda la perdita e il degrado degli habitat idonei (soprattutto le aree di sosta), le misure internazionalmente riconosciute riguardano soprattutto l'individuazione e la protezione delle zone chiave nei processi migratori, insieme a strategie di conservazione su scala di flyway (o rotta migratoria), che siano naturalmente da attuare su scala sovranazionale. Una flyway collega le zone di riproduzione con quelle di svernamento e include siti individuali o habitat/paesaggi di importanza cruciale per i migratori (per la muta, il riposo, l'alimentazione), che consentono ai migratori di completare il loro viaggio e di riprodursi con successo (Andaloro et al., 2009) L'inquinamento luminoso è un problema sentito e recepito non solo dalla comunità internazionale ma anche a livello amministrativo locale; particolarmente virtuosa è la Lombardia,

<sup>7</sup> - Gli animali si intossicano con due meccanismi: ingestione diretta (più frequente) o biomagnificazione (la cessione di sali di piombo nel sedimento e nelle acque può determinare un accumulo del metallo negli Invertebrati e nelle piante di cui gli Uccelli acquatici si nutrono, causando in tal modo una contaminazione delle catene alimentari). Come dimostrano alcuni studi recenti (Fisher et al., 2006), questo fenomeno non riguarda soltanto le specie acquatiche, ma queste ultime risultano maggiormente esposte alle tossicosi da piombo a causa delle concentrazioni molto elevate di pallini che si accumulano sul fondo delle diverse tipologie di zone umide.

una delle prime regioni italiane ad approvare una legge in materia (L.R. 17 del 27 marzo 2000. "Misure urgenti in tema di risparmio energetico ad uso di illuminazione esterna e di lotta all'inquinamento luminoso" e s.m.i.), che fornisce indicazioni precise sugli accorgimenti tecnici da adottare all'esterno per evitare l'impatto luminoso sull'ambiente (ad esempio, l'obbligatorietà dell'uso di sistemi non disperdenti luce verso l'alto). Informazioni tecniche dettagliate e aggiornate sui sistemi di illuminazione corretti sono fornite dal Coordinamento per la Protezione del Cielo Notturno ([www.cielobuio.org](http://www.cielobuio.org)).

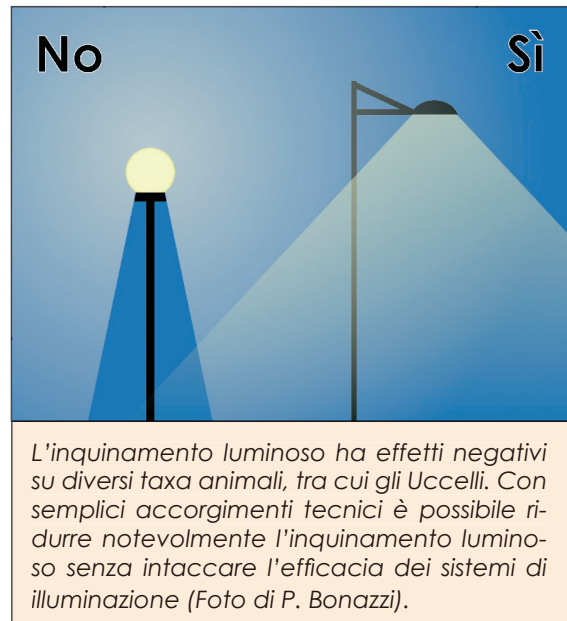
Sia negli Stati Uniti che in Nord Europa, dove lo sviluppo dell'eolico è maggiore ed è iniziato molto prima, l'argomento è oggetto di studio da diversi anni, tanto che si è arrivati a elaborare – e in qualche caso applicare – specifiche tecniche di mitigazione dell'impatto. Tra le numerose misure prese in esame si citano ad esempio (Campedelli e Tellini Florenzano, 2002): il controllo delle specie preda (che costituiscono un'attrazione per le popolazioni di rapaci aumentandone conseguentemente il rischio di collisioni); l'utilizzo di modelli tubolari di turbine (che non forniscono posatoi adatti alla sosta dei rapaci contribuendo alla diminuzione del rischio di collisioni) oppure modelli di pale più visibili; interventi di miglioramento ambientale che interessino le aree limitrofe all'impianto, in modo da fornire agli Uccelli una valida alternativa all'utilizzo del Parco eolico.

Anche le misure relative agli elettrodotti riguardano sostanzialmente soluzioni tecniche, volte ad evitare, o quantomeno diminuire, il rischio di elettrocuzione. Tra questi vi sono principalmente i dispositivi di segnalazione dei conduttori (bird flight diverter; spirali o sfere colorate), che hanno lo scopo di rendere i conduttori più visibili per gli Uccelli e di allontanarli; capsule isolanti di plastica per evitare l'elettrocuzione quando gli individui si posano; conduttori isolati (Elicord) per evitare la fulminazione nel contatto con i cavi (Pirovano e Cocchi, 2008).

## 2.2. Il livello normativo

Tenendo conto di tutti problemi e dei fattori di pressione analizzati nei precedenti paragrafi, diventa di primaria importanza per la salvaguardia dei migratori (e della fauna in genere) che la spinta alla conservazione si rispecchi anche nel livello normativo, per fare in modo che le necessità della fauna e dei loro habitat si traducano in politiche e misure concrete sul territorio. Queste sono da vedere non solo e non tanto come obbligo ma come opportunità, sia perché le specie (e i loro habitat) costituiscono un patrimonio – e una responsabilità – comune, sia perché azioni concrete possono prevedere correlate e adeguate misure economiche (si possono citare ad esempio i finanziamenti relativi alle misure dei Piani di Sviluppo Rurale).

Un primo livello è costituito dalle convenzioni internazionali, adottate e firmate volontariamente dagli Stati che la ratificano; di per sé tali atti non sono vincolanti e per poter produrre effetti all'interno degli ordinamenti statali è necessario che i medesimi ne recepiscano le norme con un atto (comunemente una legge, come in Italia). Le convenzioni in tema di conservazione della natura sono comunque importanti per la definizione delle priorità di conservazione, sulle quali concentrare le politiche e gli sforzi di salvaguardia transnazionali. Relativamente alla fauna migratrice (Uccelli e altri taxa) esistono due convenzioni internazionali specifiche: Convenzione di Bonn (v. Box relativo) e AEWA (African-Eurasian Waterbirds Agreement<sup>8</sup>).



<sup>8</sup> - Accordo sulla Conservazione delle Specie Migratrici di Animali Selvatici; esso riguarda in particolare un numero notevole di specie di Uccelli acquatici migratori per la cui conservazione è necessaria l'attivazione di azioni concertate fra gli Stati che ospitano popolazioni nidificanti, quelli che ospitano le specie durante le migrazioni e quelli che ospitano le popolazioni svernanti in Africa. L'Italia ha formalmente aderito con la Legge di ratifica n. 66 del 6/2/2006.



## La Convenzione di Bonn

**Convenzione relativa alla conservazione delle specie migratrici appartenenti alla fauna selvatica.**

La convenzione è stata adottata a Bonn il 23 giugno 1979 e concerne specificamente tutta la fauna selvatica considerata migratrice. Con questa definizione viene indicato *"l'insieme della popolazione oppure ogni parte, anche se geograficamente separata, della popolazione di ogni specie o sottospecie di animali selvatici, di cui una parte importante abbandoni periodicamente o in modo prevedibile uno o più confini di giurisdizione nazionale"*. Sottolineando il valore assunto dalla fauna selvatica da molti punti di vista (ambientale, ecologico, genetico, scientifico, ricreativo, culturale, educativo, sociale ed economico), la Convenzione ribadisce la necessità di preservarla in tutti i momenti del ciclo biologico, in particolare nel momento delicato della migrazione, quando le politiche di conservazione devono necessariamente superare i confini di giurisdizione nazionale. Il testo sottolinea che gli Stati coinvolti devono prestare *"particolare attenzione alle specie migratrici che si trovano in stato di conservazione sfavorevole e prendere, singolarmente o in cooperazione, le misure necessarie per la conservazione delle specie e dei loro habitat"*.

In Allegato I sono elencate le specie minacciate, ovvero in pericolo di estinzione, in tutta o in una parte notevole della propria area di distribuzione. Le specie presenti in Allegato II mostrano uno stato di conservazione sfavorevole, ovvero andamenti di popolazione calanti, riduzione dell'estensione dell'areale di distribuzione, perdita di habitat ottimale o una combinazione di questi fenomeni; tali specie richiedono speciali misure di conservazione coordinate da parte degli Stati dell'area di distribuzione.

Tra le specie citate negli Allegati, la maggior parte appartiene alla classe degli Uccelli, ma sono presenti anche Mammiferi, Rettili, Pesci e un Invertebrato (Allegato II).

La Convenzione è stata successivamente approvata dalla Comunità Europea con Decisione del Consiglio n. 82/461/CEE del 24 giugno 1982 (Gazzetta ufficiale n. L210 del 19 Luglio 1982). In Italia è stata recepita con Legge del 25 gennaio 1983, n. 42 (Suppl. ordinario alla Gazz. Uff. n. 48, del 18 Febbraio) *"Ratifica ed esecuzione della Convenzione sulla conservazione delle specie migratorie appartenenti alla fauna selvatica, con allegati, adottata a Bonn il 23 giugno 1979"*.

A scala continentale esistono le Direttive europee, atti del Parlamento europeo più vincolanti rispetto alle convenzioni internazionali (sebbene anch'esse debbano essere recepite dall'ordinamento giuridico nazionale); attualmente sono due le Direttive principali relative alla conservazione della natura, che hanno determinato la creazione della Rete Natura 2000 in Europa: la Direttiva Uccelli e la Direttiva Habitat.

La Direttiva 79/409/CE, comunemente nominata Direttiva Uccelli, del 2 aprile 1979, concerne prettamente la conservazione degli Uccelli selvatici; una nuova Direttiva Uccelli (2009/147/EC, del 30 novembre 2009 (non ancora recepita dall'Italia), sostituisce e abroga la precedente. Nel documento è sottolineato che la maggior parte delle specie avifaunistiche europee sono migratrici ed è dunque importante per la loro conservazione – in quanto patrimonio comune – adottare politiche transnazionali. In particolare, nell'Art. 4, Comma 2, la Direttiva indica che devono essere previste misure speciali di conservazione – per quanto riguarda l'habitat e la garanzia della sopravvivenza delle popolazioni – anche per le specie migratrici regolari non elencate nell'Allegato I<sup>9</sup>; in particolare, viene sottolineata l'esigenza di preservare zone in cui si trovano le stazioni lungo le rotte di migrazione (particolarmente importanti sono le aree umide, specialmente le aree d'importanza internazionale). Il testo, inoltre, nell'Art. 7, Comma 4, afferma che gli Stati devono fare in modo che le specie migratrici non vengano cacciate nel periodo riproduttivo o durante gli spostamenti verso le sedi di nidificazione.

Anche la Direttiva Habitat (92/43/CE del 21 maggio 1992<sup>10</sup>), relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche, cita spesso la migrazione come fenomeno importante del ciclo biologico delle specie animali in generale e, dunque, da preservare con particolare attenzione; essa infatti sottolinea l'importanza di preservare gli habitat idonei che per la loro struttura lineare e continua (ad esempio corsi d'acqua o filari) o il loro ruolo di collegamento (ad esempio corsi d'acqua o filari stagni o boschetti) sono essenziali per la

<sup>9</sup> - Nell'Allegato I alla Direttiva Uccelli (2009/147/CE) sono elencate le specie per cui sono previste misure speciali di conservazione per quanto riguarda l'habitat, per garantire la sopravvivenza e la riproduzione di dette specie nella loro area di distribuzione.

migrazione, la distribuzione geografica e lo scambio genetico tra le specie selvatiche. In quest'ottica la localizzazione dei siti della Rete Natura 2000 deve tener conto, tra gli altri fattori, anche della collocazione geografica rispetto alle vie migratorie.

A scala nazionale, in Italia la L. 42 del 1982, come già descritto, recepisce la Convenzione di Bonn, mentre la L. 157 del 11 febbraio 1992 ("Norme per la protezione della fauna selvatica omeoterma e per il prelievo venatorio") recepisce la Direttiva Uccelli. Quest'ultima, oltre a regolamentare il prelievo venatorio, con particolare riferimento all'avifauna migratrice, ribadisce la necessità dell'esistenza di zone di protezione lungo le rotte di migrazione dell'avifauna.

In Lombardia il riferimento normativo sul prelievo (soprattutto di fauna migratoria) era la L.R. 26 del 16 agosto 1993 "Norme per la protezione della fauna selvatica e per la tutela dell'equilibrio ambientale e disciplina dell'attività venatoria", che ne regolamentava tutti gli aspetti; recentemente è stata approvata la L.R. 17 del 5 ottobre 2010, che apporta alcune modifiche al testo precedente (come ad esempio l'estensione della validità dell'autorizzazione per la caccia da appostamento fisso o l'autorizzazione per centri di recupero per la fauna selvatica gestiti anche da enti locali e associazioni agricole e venatorie riconosciute). Nell'articolo 10 della L.R. 26 (Stazioni ornitologiche) si afferma esplicitamente che la Regione Lombardia deve impegnarsi ad istituire una rete di stazioni ornitologiche finalizzate allo studio "della biologia degli uccelli e delle popolazioni ornitiche nei loro rapporti con l'ambiente cui sono strettamente collegate". Questa rete dovrebbe costituirsi di almeno un osservatorio per provincia (comma 3) per lo studio dei flussi migratori.

## 2.3. Biodiversità 2010

---

*"La biodiversità rappresenta la varietà degli ecosistemi, che comprendono sia le comunità degli organismi viventi all'interno dei loro particolari habitat, sia le condizioni fisiche sotto cui essi vivono"* (Wilson, 1992).

Al momento attuale nel mondo si assiste ad una costante e generalizzata perdita di biodiversità, che presenta marcate conseguenze non solo per la funzionalità degli ecosistemi ma anche per il benessere umano. Le cause primarie di questa diminuzione sono da ricercare nei cambiamenti degli habitat naturali, dovuti ad un generale sovrasfruttamento delle risorse naturali, ad invasioni di specie esotiche, all'inquinamento e al cambiamento climatico. La comunità internazionale e l'Europa si sono poste l'obiettivo di arrestare la perdita di biodiversità entro l'anno 2010: il 2010 è infatti l'Anno internazionale della biodiversità.

### 2.3.1. Politiche globali ed europee sulla biodiversità

La Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD, Convention on Biological Diversity) delle Nazioni Unite – adottata a Nairobi il 22 maggio 1992 e attualmente ratificata da 192 Paesi – è l'espressione dell'impegno della comunità internazionale ad affrontare la perdita di biodiversità. Nel corso del secondo Summit della Terra, tenutosi nel 2002 a Johannesburg, i governi del mondo hanno affidato alla Convenzione sulla Diversità Biologica il mandato di ridurre significativamente l'attuale perdita di biodiversità entro il 2010, ossia il cosiddetto "Obiettivo 2010" o "2010 Target".

La CBD sancisce l'obbligo di pianificazione della salvaguardia della biodiversità a livello nazionale. I singoli Stati devono sviluppare strategie nazionali per la realizzazione degli obiettivi della Convenzione e i relativi piani d'azione devono specificare i passaggi da compiere verso la realizzazione di tali obiettivi.

In generale, la Convenzione non allega alcuna lista di specie da proteggere o siti da gestire; essa si pone tre obiettivi primari: *"la conservazione della diversità biologica, l'uso sostenibile delle sue componenti, e la giusta ed equa divisione dei benefici dell'utilizzo di queste risorse genetiche, compreso attraverso un giusto accesso alle risorse genetiche ed attraverso un appropriato trasferimento delle tecnologie necessarie [...]"*.

Nel 1995 il Consiglio d'Europa, insieme all'UNEP<sup>11</sup> e al Centro Europeo per la Conservazione della Natura, ha individuato la prima Strategia Paneuropea della Diversità Biologica e paesaggistica. Nel 1998 è stata adottata una Strategia Comunitaria per la biodiversità seguita, nel 2001, dai relativi Piani d'Azione; la Strategia, che tenta di attivare in concreto la CBD, si orienta verso un uso

<sup>10</sup> - L'Italia ha recepito la Direttiva nel 1997 con il D.P.R. 8 settembre 1997 n. 357, modificato ed integrato dal D.P.R. 120 del 12 marzo 2003.

<sup>11</sup> - Programma ambientale delle Nazioni Unite



sostenibile della biodiversità attraverso specifici programmi di ricerca, di informazione, di educazione e di economia. Nel 2004 si è tenuta la “Conferenza degli Stakeholder<sup>12</sup>” a Malahide (Irlanda), dove rappresentanti dei diversi portatori d'interesse istituzionali, sociali ed economici hanno condiviso e fissato un Piano di Azione con obiettivi strategici ed operativi. In occasione della suddetta Conferenza è stato anche lanciato il “Countdown 2010”, un'iniziativa europea dell'IUCN rivolta ai governi e a tutte le realtà operanti sul territorio, al fine di sensibilizzare l'opinione pubblica sull'obiettivo di riduzione della perdita di biodiversità entro il 2010 e di ricordare agli Stati Membri gli impegni presi con la CBD. Nel 2006 l'Unione Europea ha definito una nuova Strategia per ridurre la perdita di biodiversità, esposta nella Comunicazione della Commissione “Arrestare la perdita di biodiversità entro il 2010 e oltre. Sostenere i servizi ecosistemici per il benessere umano” (COM2006) 216, documento che sancisce la volontà di seguire concretamente le raccomandazioni nate dalla Conferenza di Malahide. Nel 2008 è stata prodotta la Valutazione intermedia dell'attuazione del Piano d'Azione comunitario sulla biodiversità, che evidenzia i progressi conseguiti dal 2006 e delinea le attività più importanti intraprese dalla CE e dagli Stati membri.

Alla base delle strategie comunitarie di conservazione del patrimonio naturale vi è comunque la primaria necessità di integrazione delle esigenze della biodiversità con lo sviluppo e con l'attuazione di politiche settoriali.

### **2.3.2. Lo stato attuale in Italia e Lombardia**

L'Italia ha ratificato la Convenzione sulla Biodiversità con la Legge 124/1994 e ha adottato il documento “Linee strategiche per l'attuazione della Convenzione di Rio de Janeiro e per la redazione del Piano nazionale sulla Biodiversità”.

L'Articolo 26 della CBD stabilisce che ogni Stato fornisca informazioni sulle misure attuate per concretizzare la Convenzione e ne relazioni l'adeguatezza attraverso la pubblicazione di un Rapporto nazionale. Il IV Rapporto nazionale, presentato dall'Italia a marzo del 2009, fornisce un quadro di insieme sui progressi raggiunti per il conseguimento dell'Obiettivo 2010 e, congiuntamente agli altri rapporti nazionali, contribuisce alla III edizione della *Global Biodiversity Outlook*.

L'Italia deve rispettare gli impegni presi in ambito mondiale e continentale attraverso l'applicazione delle azioni previste nel Piano d'Azione europeo nonché mediante l'elaborazione di una Strategia Nazionale per la Biodiversità. Proprio a tal fine è stato promosso e avviato con WWF Italia Onlus il progetto “Verso la Strategia Nazionale per la Biodiversità: i contributi della Conservazione Ecoregionale”; questo progetto ha portato all'elaborazione di documentazione proveniente da Tavoli Tecnici, cui hanno partecipato esperti del mondo accademico e scientifico, ognuno dei quali ha affrontato tematiche differenti e specifiche sulla conservazione della Biodiversità. Qui sono riportate delle semplici proposte tecnico-scientifiche che si prefiggono lo scopo di costituire uno strumento utile e una base di lavoro, a cui dovrà seguire necessariamente una vera e propria fase istituzionale e normativa, con la costruzione della Strategia Nazionale per la Biodiversità. La Strategia Nazionale, che sarà presentata ufficialmente nel corso della Prima Conferenza Nazionale per la Biodiversità, dovrebbe essere approvata in versione definitiva nel 2010, anno mondiale della Biodiversità.

### **2.3.3. La tutela della biodiversità per le specie migratrici**

Uno dei Tavoli Tecnici del progetto che costituirà la Strategia Nazionale per la Biodiversità riguarda in particolare le specie migratrici (Tavolo 8 “Tutela delle specie migratrici e dei processi migratori”; (Andaloro et al., 2009): lo scopo del documento è fornire un contributo alla tutela delle specie migratrici che si riproducono, svernano o transitano in Italia: Chiroteri, Cetacei, Uccelli, Tartarughe marine, Pesci d'acqua dolce, Pesci pelagici e, tra gli Invertebrati, Lepidotteri (farfalle e falene). La tematica delle migrazioni appare cruciale nella conservazione, poiché la tutela delle specie con particolari caratteristiche comportamentali e fenologiche legate al fenomeno migratorio necessita di una strategia di salvaguardia specifica, che sia in grado di coordinare e integrare l'azione svolta sui singoli territori dalle aree protette e dalla Rete Natura 2000.

Il fenomeno delle migrazioni animali, e quello degli Uccelli in particolare, avviene ad una scala geografica particolarmente estesa e coinvolge tutti i territori situati lungo le rotte migratorie.

È quindi conseguente – e il documento relativo al Tavolo Tecnico lo sottolinea fin dalla premessa – che le strategie di conservazione mirate alla salvaguardia del “processo migratorio” nel suo

<sup>12</sup> - Portatori di interesse.

complesso debbano essere attuate nel superamento dei confini amministrativi dei singoli Paesi e, a maggior ragione delle singole Regioni, e che vi sia una forte necessità di una stretta cooperazione e di una condivisione delle responsabilità di conservazione da parte di tutti i soggetti interessati dal fenomeno; come già evidenziato, infatti, tutti i riferimenti normativi nazionali relativi alla conservazione o alla gestione di specie migratrici sono costituiti (o discendono) da atti di recepimento di Direttive Comunitarie e/o di Convenzioni Internazionali.

Il Tavolo 8 ha sviluppato un'analisi approfondita dei fattori di minaccia più gravi che pesano sulla conservazione dei migratori e ha formulato proposte di intervento dettagliate, sintetizzate in 8 obiettivi strategici, a loro volta suddivisi in 26 obiettivi operativi. Gli obiettivi strategici formulati dal Tavolo sono i seguenti:

1. Contrastare la perdita degli habitat;
2. Mantenere e ripristinare la funzionalità ecologica degli habitat;
3. Contrastare l'impatto del prelievo illegale delle specie migratrici;
4. Applicare le norme sul prelievo venatorio in completa adesione delle normative internazionali;



*Tra le varie tecniche di monitoraggio dell'avifauna migratrice l'attività di inanellamento è quella che ad oggi ha dato i risultati più importanti.*

5. Mitigare l'impatto delle infrastrutture sulle specie migratrici;
6. Attuare misure di adattamento rispetto ai cambiamenti climatici;
7. Contrastare l'impatto diretto delle sostanze tossiche e nocive sulle specie migratrici;
8. Adottare un monitoraggio permanente sulle specie migratrici e promuovere l'approfondimento della conoscenza del fenomeno migratorio.

In pieno accordo con le impostazioni globali e comunitarie per la conservazione della natura, che – come già sottolineato – prevedono una corrispondenza tra le strategie e l'uso concreto del territorio da parte dei portatori di interesse, il documento individua gli strumenti di finanziamento possibili per ciascuno dei 26 obiettivi operativi descritti.



*Il monitoraggio costituisce uno degli obiettivi strategici per la conservazione delle specie migratrici secondo il tavolo tecnico del Ministero dell'Ambiente. Tra le altre, l'attività di inanellamento costituisce un'importante tecnica di monitoraggio.*

### 2.3.4. Il ruolo del Parco del Ticino

Tra gli obiettivi che dovrebbero coinvolgere le Aree protette – e in particolare il Parco Lombardo della Valle del Ticino – vi sono:

- una corretta pianificazione integrata del territorio e delle principali attività antropiche che prenda in considerazione anche la tutela delle specie migratrici e degli habitat strategici per l'intero ciclo biologico delle specie;
- l'identificazione di un sistema di aree caratterizzate dalla presenza delle condizioni ecologiche strategiche per i migratori, definendovi forme adeguate di tutela. Il sistema dovrà includere anche elementi di limitata estensione quali, ad esempio, le zone umide residuali – anche non naturali –, se di comprovata importanza per i migratori acquatici, nonché siti forestali e altri habitat idonei;
- il miglioramento ambientale delle aree forestali, ovvero della funzionalità ecologica degli ecosistemi forestali nelle aree chiave per i migratori, da attuare mediante la gestione forestale

nell'applicazione dei criteri HCVF (High Conservation Value Forest) e della certificazione FSC (Forest Stewardship Council);

- l'aumento del controllo del prelievo illegale nelle aree critiche (ad esempio bottleneck<sup>13</sup> per gli Uccelli), dove dovrebbero essere attuate misure di controllo nei periodi critici per il transito;
- la progressiva rimozione delle cause non-climatiche (perdita di habitat, frammentazione, ecc.), che minacciano i migratori e che sono in relazione con i cambiamenti climatici amplificandone gli effetti;
- il monitoraggio di specie migratrici (tra cui gli Uccelli) mediante inanellamento: attraverso analisi di dati di inanellamento e inanellamento/ricattura, infatti, sono possibili l'identificazione e il monitoraggio delle popolazioni di migratori.

Il Parco Lombardo della Valle del Ticino, che ha un ruolo fondamentale nel quadro delle rotte migratorie che attraversano il nord Italia (Fornasari, 2003) e costituisce una delle aree prioritarie per la diversità nella Pianura Padana lombarda (Bogliani et al., 2007), ha già lavorato o sta lavorando su alcuni degli obiettivi operativi citati. In termini di pianificazione e aree di tutela dei migratori, ad esempio, il territorio del Parco include una ZPS<sup>14</sup> di più di 20.000 ha, tra le cui caratteristiche fondamentali vi è l'importanza come area di sosta per i migratori (si veda il relativo formulario standard); il Parco, inoltre, come "ente competente in materia forestale<sup>15</sup>" sta sviluppando progetti di conservazione delle foreste, riforestazione e riqualificazione ambientale; un apposito ufficio, inoltre, fornisce e valuta proposte e soluzioni progettuali per il mantenimento e/o la ricostruzione di corridoi ecologici e varchi di permeabilità e per il loro monitoraggio, in caso di realizzazione di nuove infrastrutture lineari sul territorio o di espansioni urbanistiche che potrebbero aumentare la frammentazione.

Inoltre il Parco, in qualità di "Riserva di Biosfera" (Progetto MAB<sup>16</sup>), adempie al suo ruolo di supporto logistico, tramite azioni di dimostrazione, attività di educazione ambientale e di formazione, di ricerca e monitoraggio, e, attraverso la collaborazione con diverse realtà territoriali, sta portando avanti progetti di ricerca, in particolare – e questo sarà oggetto della Parte IV di questo libro – di monitoraggio a medio termine dell'avifauna migratrice.

---

<sup>13</sup> - I bottleneck o "colli di bottiglia" sono, nello studio della migrazione stretti corridoi attraverso i quali i migratori sono costretti a passare (ad esempio, passi di montagna) (Newton, 2008).

<sup>14</sup> - Le zone di protezione speciale o ZPS, in Italia, ai sensi dell'art. 1 comma 5 della Legge n° 157/1992 sono zone di protezione finalizzate al mantenimento di habitat idonei per la conservazione e gestione delle popolazioni di uccelli selvatici migratori. Tali aree sono state individuate dagli stati membri dell'Unione Europea (Direttiva 79/409/CEE nota come Direttiva Uccelli) e assieme alle Zone Speciali di Conservazione costituiscono la Rete Natura 2000.

<sup>15</sup> - Ai sensi della Legge Forestale Regionale (L.R. 31/2008 "Testo unico delle leggi regionali in materia di agricoltura, foreste, pesca e sviluppo rurale).

<sup>16</sup> - Dal progetto MAB (Man and Biosphere) nasce una rete mondiale delle Riserve di Biosfera, che pone particolare attenzione al contesto culturale e agli stili di vita tradizionali (pratiche locali di utilizzo del suolo, conoscenze e saperi locali, ecc.), interpretati come vitali per la conservazione della biodiversità. Essa rappresenta uno degli esempi migliori e concreti del cosiddetto "approccio per ecosistemi", adottato dalla Convenzione sulla Diversità Biologica. Il Parco è Riserva della Biosfera dal 2002 (Pirovano et al., 2005).

### 3. METODI DI STUDIO DELLA MIGRAZIONE

La migrazione degli Uccelli è un argomento che ha da sempre affascinato l'umanità, stimolato la ricerca di risposte e spinto gli studiosi a intraprendere nuove strade di ricerca. Arrivi e partenze stagionali di grandi stormi di Uccelli e la comparsa improvvisa di specie inaspettate sono tuttora fonte di inesausta meraviglia per chiunque viva in contatto con il mondo naturale (Wernham et al., 2002). Il primo contributo allo studio delle migrazioni si deve ad Aristotele (384-322 a. C.), che nella sua "Storia degli animali" riporta, accanto a cognizioni precise sui viaggi periodici degli Uccelli, teorie come quella dell'ibernazione di talune specie (Rondine, Merlo), che avrebbero trascorso l'inverno in profonde cavità delle rocce interamente spogliati delle penne ed in uno stato di completo torpore.

Secondo Farner (1955), la storia dello studio delle migrazioni si può dividere in due parti: la prima durata fino al 1925, particolarmente intensa a partire dal 1825, e la seconda dal 1925, anno in cui iniziarono i primi pionieristici esperimenti di Rowan (1925).

Lo studio sistematico e l'ininterrotta sequenza di esperimenti e ricerche hanno confutato le precedenti teorie, molte delle quali risalivano all'idea aristotelica o proponevano che gli Uccelli addirittura si trasformassero in altre specie durante l'inverno. Attraverso osservazioni, si scoprì che gli Uccelli compivano voli molto lunghi verso luoghi distanti in cui, secondo le più coerenti ipotesi, vi erano adeguate risorse alimentari e climi più miti. Fu William Rowan che, combinando le tradizioni della storia naturale alle tecniche della nascente biologia sperimentale, individuò la causa endogena, probabilmente scatenata da ormoni, del comportamento migratorio degli Uccelli.

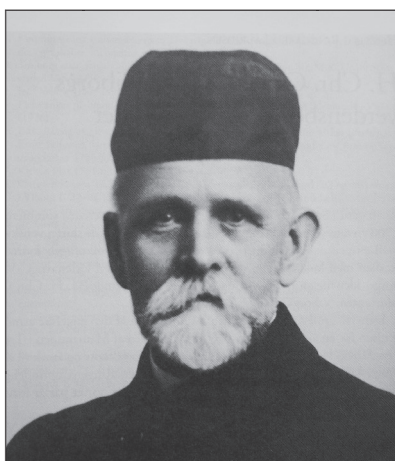
I metodi di studio della migrazione furono, nella fase iniziale, applicati alle specie o ai gruppi di specie, attraverso osservazioni non sistematiche presso luoghi in cui il fenomeno della migrazione era più evidente (coste, specchi d'acqua interna). La svolta avvenne con l'adozione di un approccio di tipo sistematico, che permise di fare luce su numerosi aspetti, come i modelli giornalieri e stagionali di migrazione, i metodi di orientamento, le strategie di volo in differenti specie in relazione alle condizioni climatiche e ambientali. Dal punto di vista delle metodologie adottate, i metodi per lo studio della migrazione si possono suddividere in sistematici e non-sistematici. Appartengono a quest'ultimo gruppo (Wernham et al., 2002) :

- **Creazione di collezioni museali:** le indicazioni di raccolta degli esemplari, se precise, sono un'utile fonte di dati;
- **Note di presenza/assenza, o conteggi, per siti o periodi definiti:** i report ottenuti da queste note aiutano a stabilire i cambiamenti stagionali per determinate specie, o i siti utilizzati in stagioni differenti;
- **Date di arrivo/partenza dei più comuni Uccelli migratori:** i dati raccolti possono integrare le ricerche nello studio della fenologia della migrazione e, dato che sono osservazioni su lungo periodo, permettono la raccolta di informazioni importanti.
- **Osservazione diretta della migrazione:** si possono ottenere informazioni circa la direzione e la consistenza dei movimenti migratori in determinati luoghi e periodi.
- **Osservazione diretta dei movimenti giornalieri:** si possono ottenere, ad una scala temporale più fine, osservazioni circa i comportamenti alimentari e di spostamento degli individui in siti particolari.
- **Ricerca e segnalazione di specie migratrici rare:** queste segnalazioni possono fornire nuovi dati faunistici per le rispettive aree geografiche, e aiutare nella documentazione di cambiamenti nel tempo della fenologia della migrazione.

I metodi di tipo sistematico sono messi in opera all'interno di progetti di ricerca e possiedono caratteristiche specifiche. Lo scopo dei metodi di tipo sistematico è quello di fornire informazioni circa il vero volume delle migrazioni e le variazioni annuali nei flussi migratori. Questi progetti sono caratterizzati dalla durata (in genere, più lunghi sono i periodi di ricerca più attendibili sono i risultati), dalla standardizzazione dei metodi di rilevamento e delle tempistiche. Tra i metodi di studio della migrazione utilizzati in modo sistematico, quelli che hanno dato i risultati migliori, o che in prospettiva offrono le migliori potenzialità sono l'inanellamento, il moonwatch, l'utilizzo di tecnologie radar o a infrarossi, i test di orientamento, le analisi degli isotopi contenuti nelle penne e l'utilizzo di *radio-tracking* e *satellite-tracking*.

### 3.1. Inanellamento

L'inanellamento è una tecnica che prevede la marcatura individuale degli Uccelli, mediante l'apposizione sul tarso di un anello irremovibile e contrassegnato in modo univoco. I primi esempi documentati di marcatura di Uccelli risalgono all'epoca romana (III secolo A.C.), e i primi tentativi post-Aristotele di fare luce sul fenomeno della migrazione annoverano vari esempi di marcatura individuale di Uccelli, principalmente rondini (Wernham et al., 2002). Fu proprio grazie alla cattura e marcatura di individui di rondini, nel XVIII secolo, che J.L. Frisch confutò la teoria dell'ibernazione invernale di questa specie al di sotto delle acque degli stagni dove esse venivano osservate. Egli catturò e marcò con colori idrosolubili alcuni individui di rondine, e l'anno successivo le ricatturò. Gli individui precedentemente marcati mostravano ancora intatti i segni della marcatura, facendo concludere a Frisch che essi non avessero passato l'inverno ibernati sotto la superficie dello stagno.



*L'insegnante danese Hans Christian Cornelius Mortensen fu il primo ornitologo ad apporre un anello metallico sulla zampa di uno Storno.*

Il primo a intuire le enormi possibilità che offriva la marcatura di Uccelli con contrassegni univoci, recanti anche l'indirizzo della località di marcatura, fu Hans Christian Cornelius Mortensen, un insegnante danese. Egli utilizzò per primo anelli numerati in alluminio nel 1899, quando inanellò e liberò 165 storni da lui catturati. Mortensen costruì da sé gli anelli, tagliandoli in misura, limando i margini taglienti e stampando su essi un numero di serie e l'indirizzo (Wernham et al., 2002). I risultati ottenuti attraverso questa nuova tecnica spinsero altri ornitologi in Europa a fondare propri schemi di inanellamento, e a partire dai primi anni del '900 in molte nazioni si iniziò ad inanellare in modo sistematico.

In oltre un secolo di attività le tecniche di inanellamento si sono evolute e hanno condotto a numerose scoperte nel campo dello studio della migrazione e dell'ecologia degli Uccelli. Attraverso le marcature individuali, infatti, è possibile conoscere,

all'atto della ricattura, l'origine esatta dell'animale ritrovato e il tempo trascorso dal momento dell'inanellamento. Questi due semplici dati permettono di determinare le rotte seguite dai migratori, di individuare i quartieri di riproduzione e svernamento delle diverse popolazioni, di stabilire la durata dei viaggi di migrazione e l'influenza che su di essi hanno le condizioni meteorologiche (Bardi et al., 1983).

In Italia la prima campagna di inanellamento coordinata ebbe inizio il 15 agosto del 1929 presso il Passo di Spino sotto la responsabilità scientifica dell'Istituto Zoologico della Regia Università di Bologna ed il coordinamento tecnico del Dott. Antonio Duse (Spina e Volponi, 2008a). L'osservatorio ornitologico del Passo di Spino operò fino al 1940, quando l'approssimarsi della guerra pose fine all'attività di ricerca. Dal 2000 la Regione Lombardia ha riattivato quella stazione di inanellamento dal forte valore storico, facendone uno degli osservatori più importanti nel contesto alpino.

La cattura di Uccelli selvatici in modo incruento e senza rischi per la loro incolumità permette di effettuare un esame ravvicinato, e quindi di ricavare informazioni precise su età, sesso, dimensioni, muta e peso di ciascun individuo, oltre alla possibilità di misurare qualsiasi altra caratteristica si ritenga necessaria (Fornasari, 1987). L'inanellamento, proprio grazie alla possibilità del contatto diretto con i singoli individui, è impiegato per studiare l'utilizzo dell'habitat da parte delle differenti specie, per indagare l'effetto delle modificazioni ambientali e per eseguire indagini su parametri demografici fondamentali come i tassi di sopravvivenza, mortalità, dispersione e re-



*La stazione ornitologica del Passo di Spino ha ospitato la prima campagna di inanellamento effettuata in Italia nel 1929. La Regione Lombardia ha riattivato la stazione nel 2000 dopo decenni di chiusura (Foto di P. Bonazzi).*

clutamento. In generale, per tutte le tecniche di marcatura degli Uccelli, dall'apposizione degli anelli all'installazione di radio satellitari o geolocator, vengono utilizzate le tecniche di cattura e manipolazione proprie dell'inanellamento a scopo scientifico.

Oggi l'attività di inanellamento, regolata dalla legge 157/92, è coordinata a livello nazionale dal Centro Nazionale di Inanellamento dell'I.S.P.R.A. (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), con sede a Ozzano nell'Emilia (BO). L'I.S.P.R.A. si occupa della formazione degli inanellatori rilasciando inoltre le abilitazioni e coordina la gestione dei dati. A livello continentale i dati dei vari schemi nazionali confluiscono nel database dell'EURING, l'Unione Europea per l'Inanellamento degli Uccelli ([www.euring.org](http://www.euring.org)).

### 3.1.1. Come si inanella

L'inanellamento a scopo scientifico si fonda su tecniche di cattura degli individui incruente, in quanto il primo obiettivo da raggiungere è che l'individuo inanellato possa riprendere il proprio ciclo biologico senza alterazioni. Per questo motivo gli strumenti di cattura sono composti essenzialmente da reti verticali di nylon, anelastiche, che hanno il solo scopo di immobilizzare gli individui che vi vengono a contatto. Queste reti sono definite mist-net (reti-foschia) e conosciute anche col nome di reti Giapponesi, e si differenziano notevolmente dalle reti tradizionalmente usate negli impianti di uccellagione. Le reti mist-net vengono posate verticalmente, tra due o più pali, e tese a ridosso della vegetazione o in punti di passaggio dell'avifauna. Sono composte da lunghe sacche orizzontali, in numero variabile a seconda dell'uso e dell'ambiente in cui sono utilizzate. Gli Uccelli,

in virtù della bassissima visibilità dei sottili fili di nylon, entrano in collisione con la superficie della rete e, procedendo nel volo, cadono all'interno di una delle sacche che compongono la rete. I tentativi di liberarsi portano gli individui catturati a impigliarsi nelle maglie della rete, e quindi a immobilizzarsi. A questo punto gli Uccelli catturati sono liberati dagli inanellatori, con l'uso di

accorgimenti e manipolazioni che richiedono esperienza e perizia, e posti in appositi sacchetti di stoffa, che garantiscono la traspirazione e, limitando la visuale verso l'esterno, riducono le fonti di stress. I primi atti compiuti subito dopo la cattura sono l'identificazione della specie e quindi l'apposizione dell'anello metallico.

Parallelamente vengono raccolte informazioni circa l'ora (solare) di cattura e la rete in cui è stato ritrovato l'uccello. Seguono le operazioni di misura e, quando possibile, la determinazione dell'età e del sesso dell'individuo. Dopo pochi minuti gli Uccelli vengono liberati. Sia l'utilizzo delle reti mist-net che le successive fasi di misurazione e inanellamento degli Uccelli sono operazioni molto delicate, che devono essere eseguite solamente da personale autorizzate che abbia compiuto il necessario iter di formazione. Questo prevede un tirocinio sotto la responsabilità di due inanellatori esperti ed un esame finale presso l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.



*Individuo di Staccino intrappolato in una rete presso la stazione ornitologica Dogana (Foto di P. Bonazzi).*



*Le reti mist-net vengono posate verticalmente, tra due o più pali, e tese a ridosso della vegetazione o in punti di passaggio dell'avifauna. Nella foto una rete a 2 sacche situata presso l'impianto di cattura della Dogana (Foto di P. Bonazzi).*

### 3.1.2. Cosa si misura

Qui di seguito sono riportate le misure standard raccolte durante la routine di inanellamento. Tali misure sono state standardizzate a livello continentale (Bairlein, 1995) in modo da rendere confrontabili i dati raccolti su un ampio orizzonte geografico.

#### Misura della terza remigante<sup>17</sup>.

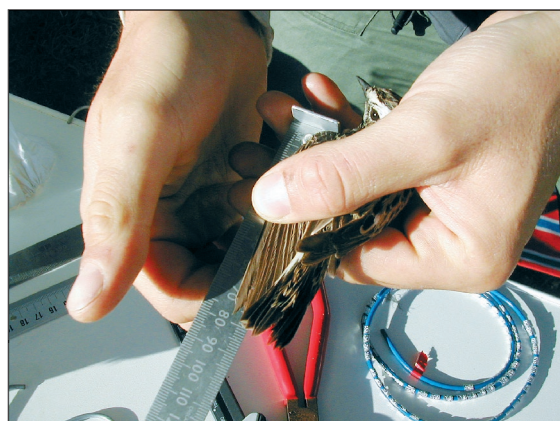
Si misura la terza penna remigante partendo dalla più esterna sull'ala. Ha un significato simile alla lunghezza alare, ed è stata introdotta poiché è meno soggetta a errori di misurazione, risultando più confrontabile tra diversi inanellatori. Si misura con un apposito regolo, definito terzometro. Per scopi particolari con la stessa tecnica possono essere misurate tutte le penne remiganti.



(Foto di E. Vallinotto)

#### Misura della corda massima.

È la misura della lunghezza dell'ala, uno dei principali indici della dimensione dell'animale. Tale parametro è collegato anche alla distanza di migrazione: in una stessa specie, individui più settentrionali hanno ala più lunga ed affrontano percorsi migratori più lunghi. Si misura con un apposito regolo munito di stop, chiamato alometro.



(Foto di E. Vallinotto)

#### Misura del tarso.

E' un parametro legato alla dimensione corporea indipendente dalla strategia di migrazione e più legato al tipo di ambiente frequentato dalla specie o dalla popolazione. Si misura con un calibro a orologio.



(Foto di E. Vallinotto)

<sup>17</sup> - Penna del volo

### **Grasso.**

È il principale carburante per la migrazione. Il livello di grasso nel corpo di ciascun individuo ci permette di stimare il suo stato di salute e quale distanza potrà ancora percorrere. Nei Passeriformi si valuta attraverso una scala empirica di nove gradi (da 0 a 8) valutando visivamente l'estensione dei depositi adiposi sottocutanei nelle due maggiori zone di accumulo, ovvero la furcula e l'addome (Kaiser, 1993).

### **Muscolo.**

Lo spessore dei muscoli pettorali è collegato allo stato fisiologico: durante la migrazione i muscoli pettorali sono più grandi perché sono attivi durante il volo e perché possono costituire una preziosa riserva di proteine per il metabolismo.

Nei Passeriformi la massa muscolare è valutata per mezzo di una scala empirica su 4 gradi, da 0 a 3 (Bairlein, 1995). Sia grasso sia muscolo si valutano soffiando sul ventre dell'uccello, in modo da spostare le penne e permettere la stima dei due parametri.



(Foto di E. Vallinotto)

### **Peso**

Il peso riassume in un unico parametro tutte le influenze della dimensione corporea e dello stato nutrizionale di un uccello in migrazione.

È la misura più semplice da eseguire e più ricca di informazione.



(Foto di E. Vallinotto)

### **Muta.**

Gli Uccelli sostituiscono periodicamente il piumaggio, con modalità in genere differenti tra giovani e adulti. Il rilievo della muta contribuisce quindi a riconoscere l'età. Lo stato di muta è anche collegato all'efficienza della migrazione.

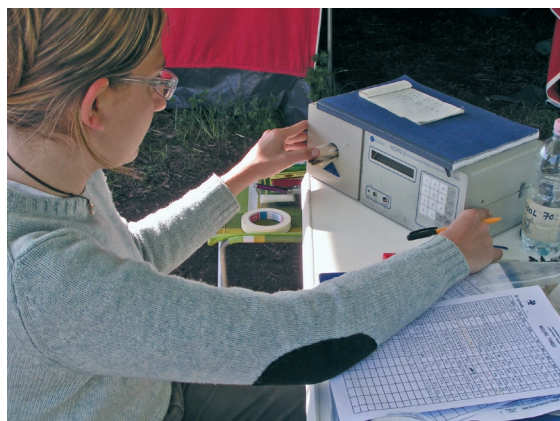


(Foto di E. Vallinotto)



Nel corso dell'attività svolta presso le stazioni di inanellamento del Parco del Ticino è stata utilizzata anche una tecnica strumentale per misurare la cosiddetta massa magra degli individui. Lo strumento utilizzato è il TOBEC (da TOtal Body Electrical Conductivity) che misura la conduttività elettrica corporea totale (indicatore della composizione corporea) ed è basato sul comportamento di un campo magnetico in presenza di ioni all'interno di un tessuto idratato.

Questa tecnica richiede che l'animale da sottoporre a misurazione venga introdotto in una camera circondata da un solenoide; la risposta è fornita da un indice numerico connesso ai cambiamenti di voltaggio causati dalla presenza del soggetto. Questo metodo è sostanzialmente impiegato per determinare la conduttanza della "massa magra", caratterizzata da una conduttività più alta rispetto ai tessuti adiposi (Walsberg, 1988). Le misure su organismi viventi richiedono diverse ripetizioni, poiché il valore ottenuto è influenzato dall'effettiva composizione dei tessuti, dalla sua temperatura e dal suo livello di idratazione, oltre che dalla posizione dell'animale all'interno della camera (Brown, 1996).



*Nel corso delle operazioni di cattura e inanellamento è stato utilizzato uno strumento di tipo TOBEC per ottenere un indice della massa magra dei migratori catturati (Foto di P. Bonazzi).*

### 3.2. Moonwatch

Il moonwatch è una tecnica che prevede, durante il periodo migratorio, l'osservazione della luna attraverso un telescopio o un cannocchiale. In questo modo è possibile osservare e contare gli Uccelli che attraversano in volo il disco lunare. È una tecnica apparentemente semplice, ma in realtà utilizza complicati calcoli che comprendono diversi parametri tra cui l'altezza e il movimento lunare e l'angolo di osservazione. Il numero di Uccelli contati con questa tecnica è proporzionale all'intensità di migrazione (Nisbet, 1959). È stato stimato che utilizzando un cannocchiale a 40 ingrandimenti, si riescono a contare il 50% degli Uccelli a 1,5 km di distanza dall'osservatore, e tutti quelli in volo a 3,5 km. Tali dati sono stati verificati attraverso rilevamenti radar (Liechti et al., 1995). Il metodo del moonwatch richiede teoricamente un buon numero di osservatori, dislocati in diverse aree, e un numero elevato di rilevatori per stazione, dato che l'osservazione del disco lunare è faticosa e stancante per gli occhi. Inoltre, il moonwatch si può utilizzare solo nelle notti senza nuvole, con luna piena o semi-piena. Il più grande esperimento di moonwatch è stato effettuato in Asia centrale negli anni '80 da alcuni osservatori russi che si distribuirono in diversi punti lungo un fronte di 2200 km dal Mar Caspio ai Monti del Tien Shan (Dolnik e Bolshakov, 1985).



*Il Moonwatch consiste nell'osservazione della migrazione notturna degli Uccelli attraverso il disco lunare (Foto di P. Bonazzi).*

### 3.3. Radar e infrarossi

Le tecniche di rilevamento radar iniziarono nei primi anni '50, con lo sviluppo di questo strumento in campo militare e civile. Il radar funziona emettendo brevi impulsi di onde radio e registrando l'eco di ritorno che queste onde provocano quando colpiscono un bersaglio. Siccome le onde radio viaggiano alla velocità costante della luce, la distanza tra l'emittente e il bersaglio può essere calcolata dal lasso di tempo che intercorre tra l'emissione e la ricezione dell'eco.

L'utilizzo del radar ha rivoluzionato lo studio delle migrazioni, perché ha reso le osservazioni indipendenti dall'altitudine dei voli dei migratori e dalle condizioni atmosferiche, totalmente indipen-

denti dalle condizioni di luce e quindi perfettamente comparabili tra giorno e notte. Il radar ha permesso la comprensione dell'influenza delle condizioni meteo sulla migrazione e ha fatto luce sulla fenologia della migrazione, sia a scala diurna sia stagionale, e sui parametri di volo come altitudine, velocità e direzione (Eastwood, 1967; Bruderer, 1997a,b; Gauthreaux et al., 2003).

Il radar portò rapidamente ad abbandonare l'idea che la migrazione fosse un fenomeno presente solo in primavera e autunno, in quanto fu evidente che diverse specie di Uccelli in diverse parti del mondo possono migrare in ogni periodo dell'anno. Informazioni importanti riguardano anche i singoli individui: il radar può seguire singolarmente Uccelli in migrazione quanto basta per rivelare come essi si orientano durante il volo e come reagiscono al variare delle condizioni meteo. Data la natura delle onde radio, la densità degli stormi di Uccelli su uno schermo radar non può essere rappresentativa del numero reale, perché molti Uccelli che volano vicini possono apparire come un singolo punto sullo schermo.

Tuttavia, questo numero fornisce una misura relativa dell'abbondanza che può essere utilizzata e confrontata tra giorno e notte.

Gli inconvenienti riguardo l'uso del radar sono ascrivibili al costo dell'apparecchiatura e al personale, che deve essere formato affinché le rilevazioni diano risultati certi. Principalmente, i radar sono fissi (sono disponibili ma più rari anche modelli mobili), e inoltre risulta impossibile l'identificazione a livello di specie. Gli Uccelli possono essere suddivisi in base alle dimensioni corporee, alla velocità di volo e frequenza del battito alare, ma questa procedura permette di individuare al massimo quattro o cinque gruppi diversi. Un altro inconveniente riguarda i difetti di rilevamento, nel senso che i radar a uso civile hanno un orizzonte che esclude le quote più basse, quindi non

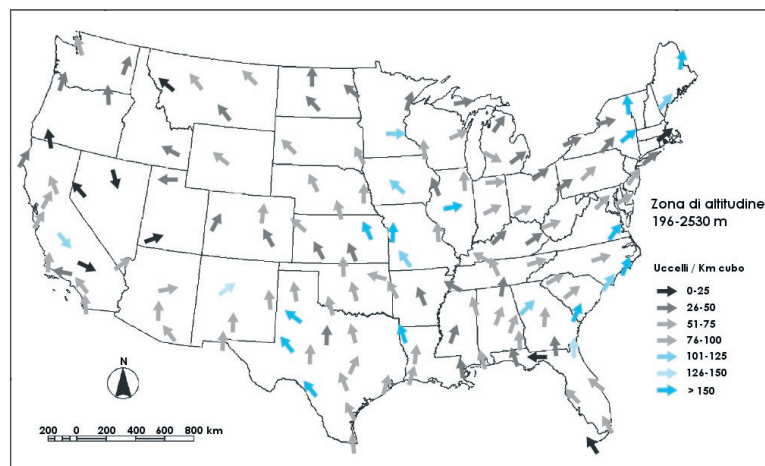
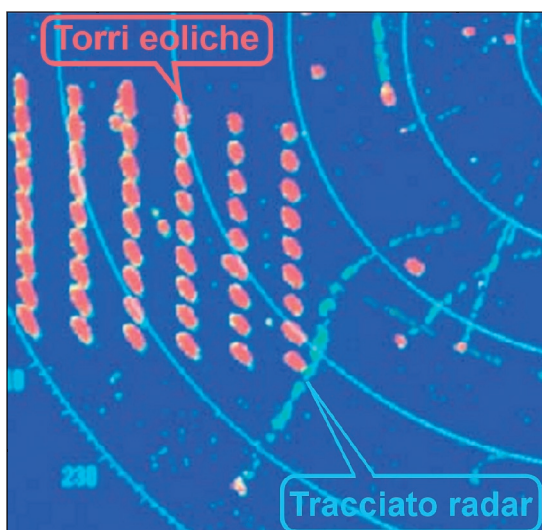


Figura 3.1. La carta mostra la migrazione degli Uccelli sopra gli USA, tra i 196 e i 2530 m. di altitudine, nelle notti tra il 10 e l'11 maggio 2002. Le frecce indicano la posizione dei radar di sorveglianza, e mostrano la direzione e intensità della migrazione (Gauthreaux et al. 2003).

vengono rilevati gli stormi o i gruppi di Uccelli in volo molto basso. Unire i rilevamenti di diversi radar di sorveglianza, ad esempio su un tratto di costa interessato dalla migrazione, può fornire "fotografie"

della migrazione in dati momenti o per la durata di una notte (Figura 3.1), e procurare fondamentali informazioni circa il numero di soggetti coinvolti, le aree di stop-over e le principali flyways seguite degli Uccelli (Gauthreaux et al., 2003).



Gli strumenti radar trovano sempre maggiore applicazione nel campo dell'ornitologia. Nella figura un esempio del tracciato radar di alcuni uccelli marini in prossimità di un campo eolico (immagine modificata da Desholm et al., 2006).

Un altro metodo di rilevamento a distanza degli Uccelli è costituito dall'utilizzo di sensori ad infrarossi, che individuano il calore irradiato dagli Uccelli in volo. Puntando un rilevatore a infrarossi con un angolo di rilevamento adeguato, è possibile rilevare gli Uccelli in migrazione tra 300 e 3.000 m. di altitudine (Zehnder et al., 2001). Le tracce rilevate vengono quindi riversate su video e analizzate, gli individui sono divisi in classi dimensionali per stimare l'altitudine di volo. I sensori a infrarossi funzionano molto bene di notte in

condizioni di cielo pulito, non possono quindi essere utilizzati per determinare l'incidenza delle condizioni meteo sulla migrazione. Questi apparecchi trovano applicazione anche nello studio dell'impatto delle centrali eoliche sugli Uccelli.

### 3.4. Test di orientamento

I test di orientamento iniziarono con John Thompson Emlen negli anni 60 (Emlen e Emlen, 1966). Egli indagò i metodi di orientamento degli Uccelli durante il periodo migratorio, sull'impulso dato dalla scoperta che anche gli Uccelli in cattività, in un determinato periodo dell'anno, mostrano forti preferenze direzionali, come se seguissero un asse di migrazione. Per questo genere di test sono utilizzate

speciali strutture corrispondenti inizialmente a coni rivolti con l'apertura più ampia verso l'alto. Il fondo dei coni veniva imbevuto di inchiostro in modo che gli Uccelli, nel tentativo di spostarsi in una direzione, lasciassero delle tracce evidenti con le zampe sulla carta con cui erano rivestiti i coni. Attualmente l'utilizzo di inchiostro e carta è stato in parte sostituito da quello di carta pressosensibile,

sulla quale gli Uccelli migratori lasciano segni grazie al loro peso.

sono utilizzate speciali strutture corrispondenti inizialmente a coni rivolti con l'apertura più ampia verso l'alto. Il fondo dei coni veniva imbevuto di inchiostro in modo che gli Uccelli, nel tentativo di spostarsi in una direzione, lasciassero delle tracce evidenti con le zampe sulla carta con cui erano rivestiti i coni. Attualmente l'utilizzo di inchiostro e carta è stato in parte sostituito da quello di carta pressosensibile, sulla quale gli Uccelli migratori lasciano segni grazie al loro peso.

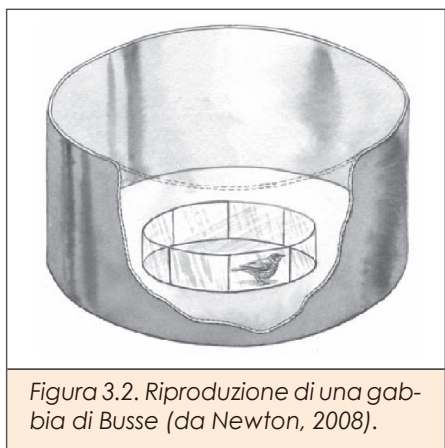


Figura 3.2. Riproduzione di una gabbia di Busse (da Newton, 2008).

Przemyslaw Busse (Busse, 1995) sviluppò in seguito una struttura semplificata molto adatta per gli esperimenti sul campo (Figura 3.2). Egli studiò l'orientamento degli Uccelli sul campo grazie a queste gabbie particolari, scoprendo ad esempio che Uccelli provenienti da aree geografiche diverse e posti nel medesimo luogo mostrano diversi assi di migrazione. Il metodo dei test di orientamento ha il vantaggio di essere molto rapido e fornire indicazioni in tempi brevi sulle direzioni di migrazione rispetto ad altri metodi come, ad esempio, l'analisi dei dati di ricattura. Inoltre con questo metodo è stato possibile studiare i meccanismi alla base delle capacità di orientamento degli Uccelli ma anche dei ritmi circadiani e circannuali, manipolando artificialmente il campo magnetico, l'orientamento della volta celeste, il fotoperiodo e altri parametri fondamentali.

I dati raccolti con un singolo esperimento permettono di calcolare per ogni individuo l'angolo risultante e l'intensità del vettore corrispondente alla sua tendenza migratoria. Per valutare se un individuo esercita effettivamente una preferenza verso una direzione cardinale i dati raccolti vengono sottoposti al test statistico di Rayleigh (Batschelet, 1981).

### 3.5. Analisi degli isotopi e marcature individuali

L'utilizzo di marcatori presenti nei tessuti degli Uccelli migratori, per l'analisi di movimenti migratori a larga scala, è un metodo che offre alternative per le specie che hanno basse o inesistenti frequenze di ricattura o ritrovamento, e sono troppo piccole per portare rice-trasmettitori. In particolare, l'analisi degli isotopi stabili (forme differenti dello stesso elemento chimico) presenti nei tessuti degli Uccelli migratori può fornire indicazioni circa la provenienza degli Uccelli catturati. Gli isotopi stabili di molti elementi comuni (idrogeno, carbonio, stronzio ecc.) hanno distribuzioni non uniformi sulla terra, e variano in modo consistente tra aree geografiche a scala continentale (Hobson, 1999). Ad esempio, in Nord America il rapporto tra idrogeno e il suo isotopo deuterio nelle precipitazioni atmosferiche varia attraverso il continente, da quelle molto ricche in deuterio nel sud-est a quelle molto povere di questo elemento nel nord-ovest. Queste differenze sono trasferite attraverso le catene alimentari dalle piante agli animali, come gli Uccelli, che assorbono gli isotopi con la dieta e li depositano nei tessuti, mantenendo così una memoria "isotopica" della regione dove quel cibo è stato consumato. Questa particolare memoria dura nel tempo quanto è il periodo di turn-over del tessuto dell'uccello: le penne, ad esempio, sono metaboli-

camente inerti una volta formate, e riflettono la composizione isotopica derivante dal cibo ingerito durante la loro formazione. Altri tessuti sono metabolicamente attivi e mantengono la composizione isotopica per periodi che variano da pochi giorni (fegato e plasma del sangue) a diverse settimane (muscoli e sangue), fino a tutta la vita dell'animale nel caso del collagene osseo. Utilizzando una penna di un uccello, analizzando attraverso la spettrometria di massa la percentuale di isotopi e comparando questi risultati con la distribuzione geografica del rapporto tra isotopi, è possibile individuare su larga scala dove sono cresciute le penne di quel determinato individuo. In termini pratici, è possibile stabilire se differenti popolazioni che nidificano in una precisa area geografica possiedono gli



Il Lui grosso è una delle prime specie la cui migrazione è stata studiata mediante l'analisi degli isotopi radioattivi contenuti nel piumaggio (Foto di P. Bonazzi).

stessi quartieri di svernamento, o se Uccelli svernanti in una zona provengono dalla stessa area di nidificazione. Tutto ciò senza il bisogno di ricattare gli stessi individui, e con il vantaggio che questa tecnica è applicabile anche ad esemplari museali.

Molte specie di Uccelli mutano le penne durante la fase di svernamento e prima della riproduzione, una volta fatto ritorno nei quartieri di nidificazione, offrendo così una condizione nel rapporto isotopico del piumaggio che può essere facilmente analizzato.

Ad esempio, analisi sulla percentuale di deuterio nelle penne di Ciuffolotto (*Pyrrhula p. pyrrhula*) effettuate in Scozia nel 2004, permisero di individuare l'areale di provenienza di questa specie degli Urali (Newton et al., 2006). Irruttiva nell'Europa boreale, fino alla catena degli Urali (Newton et al., 2006). Analisi compiute sul piumaggio del Lui grosso (*Phylloscopus trochilus*, specie che muta le penne nelle aree di svernamento e poi anche durante la riproduzione nelle zone di nidificazione) nei quartieri di nidificazione in Svezia, confermarono che le due diverse sottospecie *Phylloscopus t. trochilus* e *Phylloscopus t. acredula* svernano in due differenti regioni africane (Chamberlain et al., 2000). Analogamente, indagini effettuate sulla concentrazione degli isotopi del carbonio nel piumaggio delle rondini (*Hirundo rustica*), indicarono che le rondini nidificanti in Inghilterra e quelle nidificanti in Svizzera svernano in aree dell'Africa differenti: la minor concentrazione di  $^{13}\text{C}$  nelle rondini svizzere indica che lo svernamento è avvenuto in aree più ricche di foreste rispetto alle rondini inglesi (Evans et al., 2003).

Nonostante sia molto utile nel definire le regioni di provenienza dei migratori, e nel colmare lacune circa molte specie, il metodo degli isotopi offre una risoluzione geografica molto grossolana, e si limita alle macroregioni con differenze apprezzabili nella presenza di diversi rapporti tra isotopi. Fenomeni legati all'attività umana, come l'inquinamento atmosferico e la fertilizzazione minerale su vasta scala possono influenzare la composizione isotopica della regione, in particolare per elementi come azoto e carbonio. Questo metodo è comunque molto utile per le specie di cui si hanno poche informazioni a causa del bassissimo tasso di ritrovamento, soprattutto quando l'analisi di diversi elementi al posto di uno può fornire un maggior potere discriminante.

Il metodo delle marcature individuali, come la decolorazione delle penne, l'applicazione di anelli colorati o di "poncho", è utilizzato in particolari casi, in cui siano soddisfatte le condizioni necessarie relative alla successiva identificazione dell'individuo. In pratica, questo tipo di marcature può essere applicato a specie di dimensioni medio-grandi (Ardeidi, Rapaci, Anatidi, Galliformi, ecc.) che offrono la possibilità di visualizzare la marcatura nei soggetti in natura, senza l'obbligo della ricattura.

Le marcature funzionano come segni riconoscibili a distanza, attraverso osservazioni con binocolo o cannocchiale, che permettono di identificare i singoli individui, e quindi di ricostruire la cronistoria degli spostamenti effettuati. Ad esempio, i progetti di reintroduzione del Gipeto *Gypaetus barbatulus* sulle Alpi prevedono la marcatura dei soggetti liberati attraverso la decolorazione delle penne remiganti o timoniere, secondo uno schema che permette il riconoscimento individuale.

Questa marcatura dura fino a tre anni, quando cioè l'animale compie una muta del piumaggio, e durante questo periodo è possibile, attraverso osservazioni del soggetto in volo, seguirne gli spostamenti e ricostruire i tragitti compiuti dall'individuo marcato.

Lo studio della migrazione di alcune specie, come i fenicotteri (*Phoenicopterus roseus*), avviene anche attraverso l'applicazione a gruppi di individui di grossi, se confrontati a quelli usati per i Passeriformi, anelli di plastica colorata con codice identificativo. Questi anelli sono pensati per poter essere letti a distanza da osservatori muniti di cannocchiale, e attraverso una rete di rilevatori è possibile ricostruire i movimenti migratori dei gruppi o di singoli individui. Questa tecnica è molto efficace su specie di grandi dimensioni, su cui sia possibile applicare marcature "vistose", e che frequentino determinati tipi di habitat, come le zone umide aperte o gli specchi d'acqua interni. Sarebbe ben poco fruttuoso infatti applicare anelli colorati a specie elusive, o presenti solo in ambienti forestali molto densi o in alto mare.

Un ulteriore vantaggio di questa tecnica di studio della migrazione è che le osservazioni degli individui marcati possono essere anche casuali, ossia non provenire da una rete di rilevatori professionisti ma da appassionati, birdwatcher, personale di enti pubblici o semplici escursionisti. Attraverso opportune campagne di sensibilizzazione è possibile quindi ottenere interesse del pubblico verso progetti di conservazione e un buon numero di osservazioni, senza dover disporre di budget ingenti.

### 3.6. Radio-tracking e satellite-tracking

---

Nelle ultime decadi un ulteriore metodo di studio è stato affinato tanto da diventare estremamente efficace: l'utilizzo di radio-marcature di vario tipo, che consentono di seguire il viaggio degli Uccelli anche giorno per giorno. Nei primi anni di sviluppo di queste tecniche gli Uccelli dovevano essere seguiti fisicamente durante il viaggio, con aerei, per non perdere i segnali radio, in quanto le radiotrasmittenti posizionate sugli individui trasmettevano a breve distanza utilizzando frequenze VHF e necessitavano di un'antenna di ricezione che captasse le onde emesse. A partire dalla metà degli anni '80 il perfezionamento di ricetrasmittitori satellitari ha di fatto reso più semplice la ricerca e la ricezione dei segnali (Hunt et al., 1992; Kuyt, 1992). Le ricetrasmittenti satellitari (PTTs) fanno riferimento al sistema satellitare Argos, basato su elementi che orbitano sulla terra con rotte polari, e sono in grado di captare segnali provenienti ovunque dalla terra, con accuratezza di 150- 300 m a seconda dell'angolo di ricezione e della qualità del segnale. Il satellite che riceve il segnale lo ritrasmette alla stazione di terra, permettendo così la triangolazione e la localizzazione esatta del segnale di emissione. Il metodo è costoso, sia per quanto riguarda l'acquisto dell'attrezzatura sia per la gestione, ma fornisce i migliori dati sui movimenti degli Uccelli in migrazione, e la quantità di dati forniti permette analisi approfondite e potenti. Le ricetrasmittenti satellitari, dotate di batterie e quindi di notevole peso, possono essere applicate solo a Uccelli di grandi dimensioni (rapaci, Ardeidi, ecc), di contro permettono di seguire l'individuo dal luogo di nidificazione ai quartieri di svernamento e ritorno, senza limiti di ampiezza di superficie rilevabile. Grazie a queste tecniche, gli studi sulla migrazione hanno compiuto numerosi passi in avanti, facendo luce sugli aspetti legati alle rotte di migrazione, alle aree di stop-over, alla durata delle soste, alla velocità e altezza di volo, all'influenza dei venti e delle condizioni atmosferiche e alle capacità di orientamento.

In uno degli studi effettuati con il radio-tracking (Jouventin e Weimerskirch, 1990), sono stati marcati con radio trasmittenti satellitari sei maschi di Albatro urlatore *Diomedea exulans* presso l'isola di Crozet, che si trova tra il Sud Africa e l'Antartide. Quattro di essi sono stati seguiti nel mese successivo durante gli spostamenti compiuti per la ricerca del cibo, e uno di essi ha coperto una distanza pari a 10.427 km in 127 giorni, periodo durante il quale fu localizzato dal satellite per 314 volte. Un altro Albatro urlatore coprì la distanza di 15.200 km in 33 giorni, con spostamento massimo di 936 km al giorno e velocità massima registrata di 81 km/h. Il sistema del radio-tracking satellitare è l'unico metodo per studiare gli spostamenti di Uccelli che, come gli albatro, vivono in mare aperto e coprono distanze enormi. La ricerca che è durata più a lungo riguarda una Cicogna bianca *Ciconia ciconia*, seguita per ben 10 anni con radio satellitare durante sei viaggi di andata e sei di ritorno tra la località di nidificazione in Germania e le varie località di svernamento in Africa. In alcuni anni, questa femmina adulta ha svernato in località prossime all'equatore (a circa 7.000 km dal nido), mentre in altri ha passato l'inverno nell'Africa del sud, a oltre 11.000 km dalla località di nidificazione (Berthold et al., 2004).

Esistono altri dispositivi elettronici che possono essere utilizzati per seguire gli Uccelli migratori e

studiare ecologia e fenologia della migrazione. I sistemi di geolocalizzazione (GLS) sono basati sulla misurazione, da parte di sensori ottici, dell'intensità della luce ambientale per definire la posizione geografica (la latitudine viene misurata attraverso la lunghezza del giorno mentre la

longitudine dall'ora di tramonto e alba), mentre il sistema GPS (global positioning system) riceve i dati dai telliti per calcolare la posizione dell'uccello marcato. Al momento dell'introduzione, entrambi i sistemi di rilevamento necessitavano di ricattare l'uccello marcato per potere recuperare le informazioni contenute nel sensore, limitando così l'utilizzo a specie filopatriche (come gli Uccelli marini o gli aironi coloniali). Recenti sviluppi in quest'area di ricerca hanno permesso di collegare i rilevatori GLS e GPS a trasmettitori satellitari, in grado di comunicare i dati raccolti a stazioni di terra senza l'obbligo di accedere ai dispositivi, e l'utilizzo di alimentazione tramite micro-pannelli solari garantisce il funzionamento oltre i dieci anni. Dato che il sistema GPS fornisce un margine di errore di 20 m, è possibile utilizzare questo sistema non solo per lo studio dei movimenti migratori, ma anche per ricerche inerenti l'home-range e l'utilizzo dell'habitat. Altri sensori possono essere inseriti sulle trasmettenti, ad esempio altimetri o termometri, ma ciò comporta un aggravio del peso e quindi una limitazione di utilizzo.

Per essere efficienti e sicuri, le ricetrasmittenti e i sensori non devono avere effetti sul volo o sul comportamento dell'uccello che li porta. In pratica, la cattura e l'applicazione dei sensori genera una limitata quantità di stress, a cui potrebbe aggiungersi un costo metabolico superiore per il trasporto dell'attrezzatura; in realtà gli studi effettuati (Beekman et al., 2002; Igual et al., 2005) hanno dimostrato che non sono rilevabili differenze nei parametri di volo tra i soggetti marcati e quelli non marcati, e quindi gli Uccelli sono in grado di compensare il peso in eccesso se esso rappresenta al massimo il 3-4% della massa dell'uccello (Newton, 2008).

Per la prima volta nella storia degli studi della migrazione, nel 2009 i ricercatori del British trust for Ornithology (BTO) hanno marcato con geo-localizzatori alcuni usignoli (*Luscinia megarhynchos*) catturati in Inghilterra. I dispositivi utilizzati sono del tipo data-logger passivi, che richiedono cioè di essere recuperati per poter estrarre i dati raccolti. Gli usignoli marcati, dopo aver compiuto la migrazione post-riproduttiva, lo svernamento e il ritorno ai quartieri di nidificazione, hanno fatto ritorno al medesimo sito di riproduzione, dove sono stati ricatturati a 50 m dal luogo della prima cattura. I data-logger hanno fornito ai ricercatori dati precisi circa la rotta seguita, la durata del viaggio, le varie tappe effettuate e la principale area di svernamento (Figura 3.3). L'Usgnolo in Inghilterra ha mostrato un decremento preoccupante delle popolazioni nidificanti negli ultimi anni, quindi è necessario conoscere approfonditamente le rotte di migrazione e le aree di svernamento della specie per poter intraprendere misure di conservazione a larga scala che tutelino i luoghi e gli habitat utilizzati dalla specie. Nel raggiungimento di tale obiettivo saranno indubbiamente di grande aiuto le nuove tecnologie che permettono all'uomo di aumentare continuamente la comprensione del fenomeno migratorio.

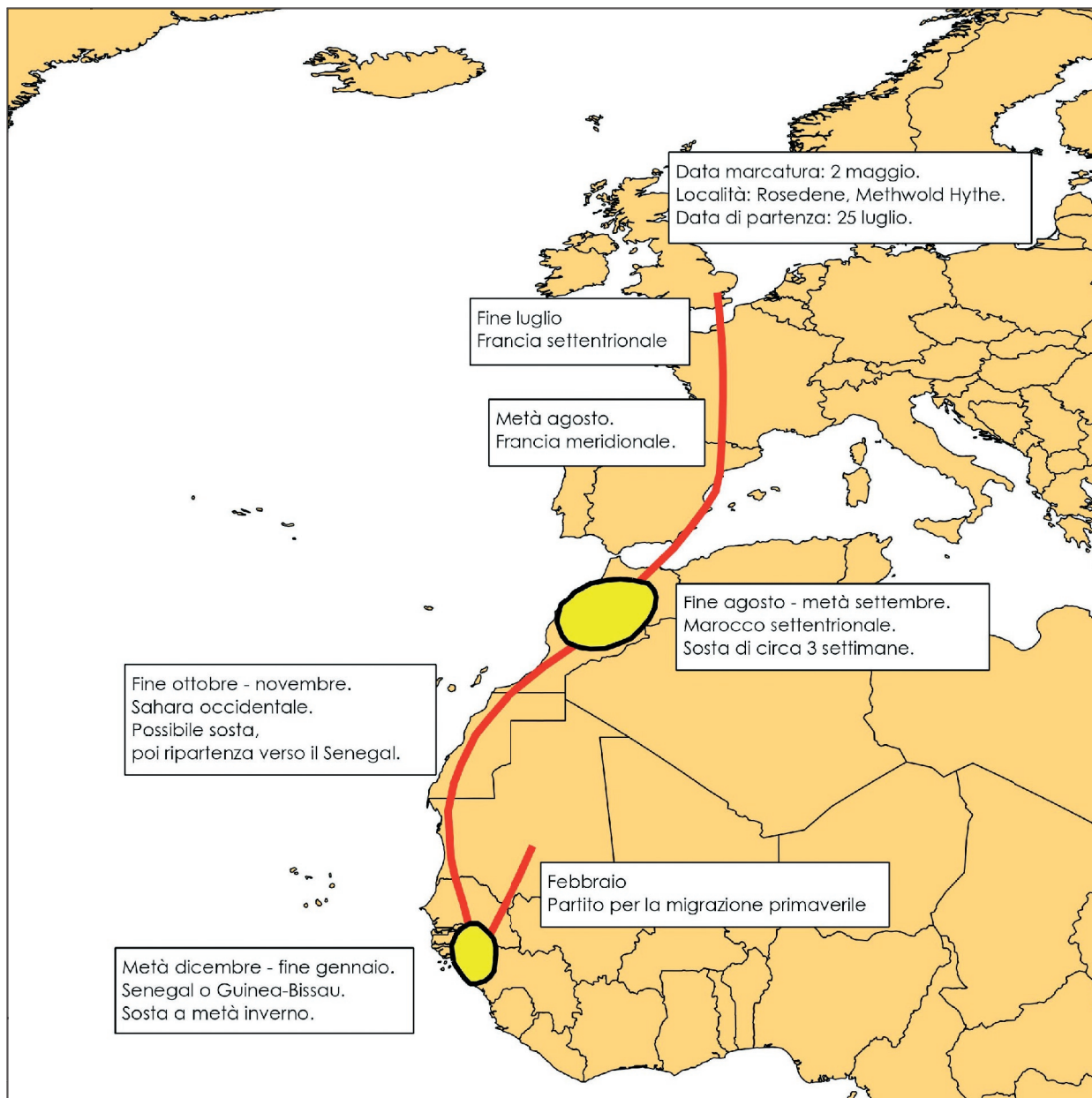


Figura 3.3. Rotta migratoria intrapresa dal primo Usignolo marcato con geolocalizzatore in Inghilterra e ricatturato l'anno successivo. Il geolocalizzatore ha smesso di funzionare dopo che, in febbraio, l'Usignolo si è diretto verso nord per ritornare nel suo sito di nidificazione. Ciononostante l'Usignolo è riuscito a ritornare ed è stato catturato a 50 m dal luogo in cui fu inanellato l'anno prima, consentendo ai ricercatori di recuperare il geolocalizzatore e tutti gli importanti dati in esso contenuti. Modificato dal sito del British Trust for Ornithology [www.bto.org](http://www.bto.org).

## 4. STUDIO DELLA MIGRAZIONE NEL PARCO LOMBARDO DELLA VALLE DEL TICINO

Lo studio sistematico della migrazione degli Uccelli nel Parco Lombardo della Valle del Ticino mediante cattura e inanellamento ha avuto inizio nel 2000. Da allora fino al momento della stesura di questo testo sono state attivate in quattro località nel territorio del Parco stazioni di cattura che hanno operato in maniera più o meno continuativa nel tempo.

Nel 2000 l'attività di cattura si è inserita nell'ambito di un progetto di ricerca più ampio promosso dal Parco stesso e volto ad individuare l'eventuale impatto dell'aeroporto di Malpensa sul sistema delle migrazioni che interessano tutto il suo territorio.

Tale attività è andata ad affiancarsi a quella condotta sulla sponda piemontese del Ticino dove, dal 1985, era attiva una stazione di inanellamento, in località Bosco Vedro, nel Comune di Cameri (NO): i risultati dell'attività di questa stazione dall'apertura al 1993 sono stati pubblicati con una monografia ad opera dell'Ente Gestore (Bovio, 1994). Alla stazione di Bosco Vedro si è aggiunto, sempre nel Parco piemontese, l'osservatorio del Casone, nel Comune di Pombia. Per completare il quadro degli osservatori ornitologici lungo l'asse del Ticino, va menzionato il Centro Studi sulle Migrazioni di Fondotoce (VB), all'interno dell'Ente Parchi e Riserve Naturali del Lago Maggiore, operativo a partire dal 2001 e tutt'ora in attività (A.A.V.V., 2007a).

L'attività di cattura e inanellamento nel Parco Lombardo della Valle del Ticino, ebbe inizio, dunque, nel 2000: nel corso della migrazione pre-riproduttiva fu attivata una stazione di inanellamento in località Brughiera Dosso, nel Comune di Somma Lombardo (VA). Essa è stata attiva solo per due periodi migratori, nella primavera e nell'autunno di quello stesso anno. Nell'autunno del 2000 è stato inaugurato un secondo centro di inanellamento, all'interno della Riserva Naturale Orientata "La Fagiana", nel Comune di Magenta (MI).

Questa stazione ha operato consecutivamente fino al 2006; nel 2003 l'impianto di cattura ha cambiato collocazione, rimanendo comunque all'interno della Riserva Naturale: quest'ultima posizione, ovvero la località "Sabbie bianche" è stata mantenuta fino al 2006.

Nella primavera del 2001, a fianco della stazione de La Fagiana, è stato inaugurato un altro centro di inanellamento nel Parco, in località Oriano, nel Comune di Sesto Calende (VA). Si trattava di una vecchia struttura (bresciana) di proprietà del Dott. Lazzaroni, utilizzata un tempo per l'uccellazione e riconvertita ad hoc a centro per lo studio della migrazione degli Uccelli. Questa stazione, per il contesto ambientale, ovvero bosco misto a prevalenza di Castagno, e per la limitata estensione non si prestava ad effettuare un gran numero di catture, ma era perlopiù adatta ad una finalità didattico-divulgativa. Il centro di inanellamento di Oriano ha operato fino al 2006, inizialmente in entrambe le stagioni (2001-2003), poi solo durante la migrazione post-riproduttiva.

L'ultimo centro di inanellamento attivato in ordine di tempo è quello situato in Località "Boscaccio" nel Comune di Vizzola Ticino (VA): questo è stato denominato "Dogana" per la prossimità all'omonimo Centro Parco sito circa 4 km a sud, in Località Tornavento. La stazione "Dogana" situata in un terreno a ridosso del fiume Ticino, è stata allestita per la prima volta nella primavera del 2005, nell'ambito di un progetto del programma di cooperazione Interreg IIIA tra Italia e Svizzera dal titolo "Azioni coordinate e congiunte lungo il Fiume Ticino per il controllo a lungo termine della Biodiversità".

Dal momento della sua apertura la stazione Dogana è diventata la stazione di riferimento del Parco, operando con continuità nel corso delle stagioni migratorie pre- e post-riproduttiva; al momento della presente pubblicazione la stazione è ancora attiva.

Ad esclusione della bresciana di Oriano, tutte le stazioni di inanellamento che hanno operato nel Parco, sono collocate all'interno di siti della Rete Natura 2000, la rete europea di aree creata per la protezione e la conservazione degli habitat e delle specie, animali e vegetali, identificati come prioritari dagli Stati dell'Unione Europea in adempimento alle Direttive Uccelli e Habitat (cfr. Par. 2.2).

I siti Natura 2000 all'interno dei quali le stazioni operano o hanno operato sono (Figura 4.1) la Zona a Protezione Speciale (ZPS) IT2080301 "Boschi del Ticino" e i Siti di Importanza Comunitaria (SIC) IT2010012 "Brughiera del Dosso" e IT2050005 "Boschi della Fagiana". I dati raccolti negli osservatori ornitologici costituiscono un utile strumento di incremento delle conoscenze biologiche all'interno di tali siti, con importanti ricadute sulle strategie di conservazione di habitat e specie in essi presenti.



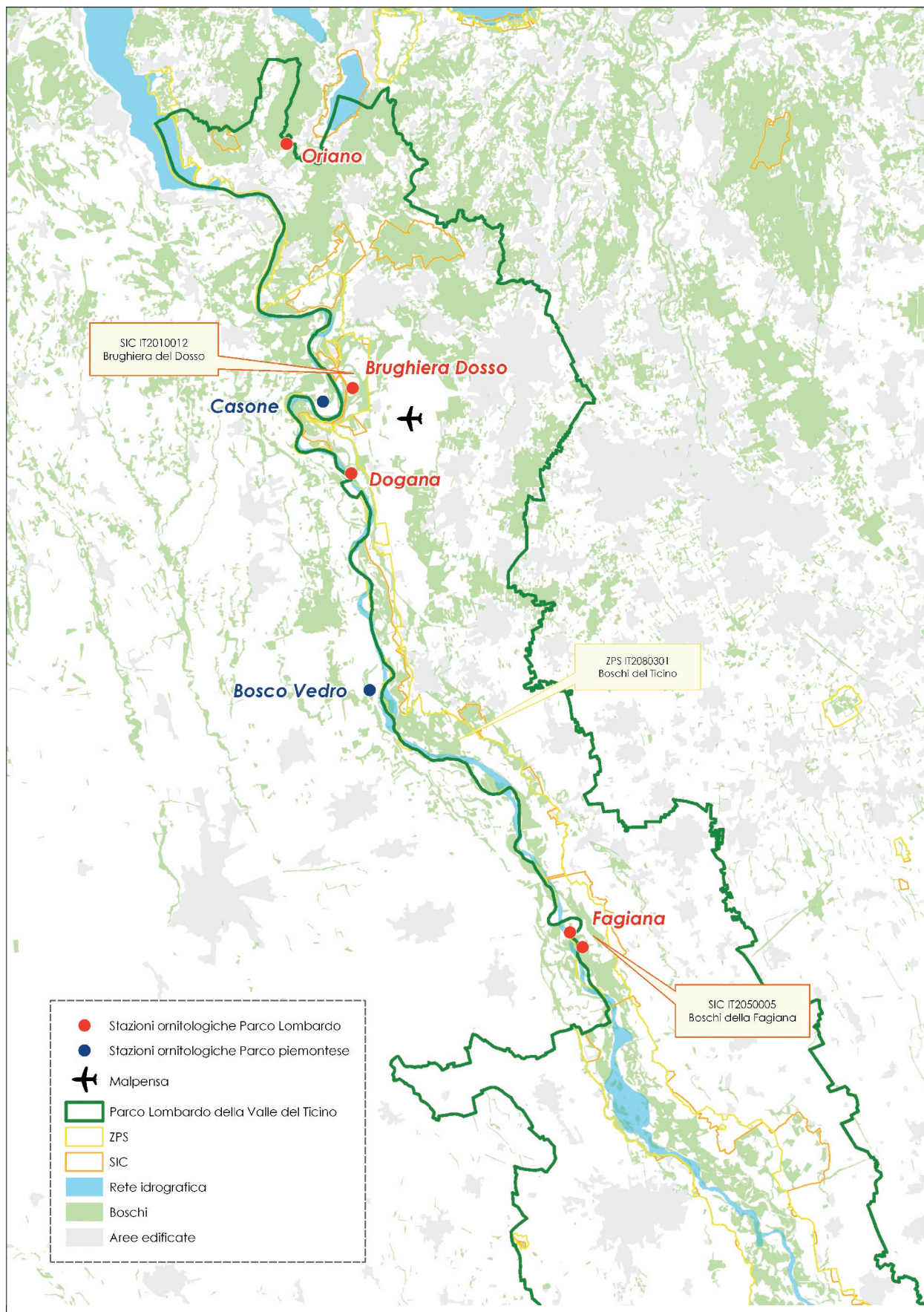


Figura 4.1. Disposizione dei centri ornitologici che hanno operato nel Parco del Ticino dal 2000 al 2009.

## 4.1. Le stazioni ornitologiche all'interno del Parco

### 4.1.1. Brughiera Dosso

Brughiera Dosso è una località del Comune di Somma Lombardo (VA), situata circa 1 km ad ovest dell'Aeroporto di Malpensa e compresa all'interno del Sito di Importanza Comunitaria IT2010012 "Brughiera del Dosso"<sup>18</sup>. La località è stata scelta proprio per la sua vicinanza all'aeroporto di Malpensa, e le attività di ricerca in essa condotte sono state mirate principalmente allo studio del possibile impatto dell'aeroporto sul sistema migratorio che interessa il territorio del Parco.

In quest'area è stato predisposto nel 2000 un transetto costituito da 15-17 reti (Figura 4.2), per una lunghezza complessiva di circa 170 m, disposte lungo una strada forestale comprendente le forme boschive più tipiche dell'area settentrionale del Parco.

Le reti sono state distribuite in maniera uniforme all'interno di tre ambienti vegetazionali diversi e contigui:

1. un primo ambiente, rilevabile intorno alle prime sei reti, caratterizzato da specie alloctone invasive;
2. un secondo ambiente, collegabile alla parte centrale del transetto, con una copertura di Brugo *Calluna vulgaris* sovente interrotta da alberi isolati, di cespugli di Rovo *Rubus caesius*, di Ginestra *Cytisus scoparium* e specie baccifere, come ad esempio Fitolacca *Phytolacca americana*;
3. un terzo ambiente completamente boschivo, identificabile in corrispondenza dell'ultima parte del transetto, considerato come querceto misto, con specie come Quercia rossa *Quercus rubra*, Farnia *Quercus robur* e Betulla *Betula pendula*.

Nella località di Brughiera Dosso l'impianto di cattura ha operato con continuità dal 2 marzo al 10 maggio, in primavera, e dal 7 settembre al 27 novembre, in autunno. L'attività di ricerca non si è limitata alla cattura ed inanellamento degli Uccelli migratori, ma ha interessato anche ricerche su temi specifici. In primo luogo sono state rilevate alcune misure biometriche aggiuntive oltre a quelle registrate di routine: per alcune specie migratrici sono state infatti misurate le lunghezze di tutte le penne remiganti primarie funzionali per il volo. Lo scopo di queste misure era di poter separare su base biometrica le diverse popolazioni migratrici in transito attraverso l'area di studio (cfr. Par. 4.2.4.).

Per quanto riguarda i dati biometrici, nell'autunno dello stesso anno è stato possibile iniziare un'ulteriore raccolta di dati utilizzando l'apparecchiatura TOBEC (TOtal Body Electrical Conductivity), ovvero uno strumento di misura non invasivo, che permette di stimare il contenuto in massa magra degli Uccelli esaminati (cfr. Par. 3.1.2.). La definizione precisa di tali valori era finalizzata ad una migliore valutazione dei fenomeni di accumulo di tessuto adiposo nel corso della sosta da parte dei migratori catturati.

Un'altra ricerca condotta presso l'osservatorio ornitologico di Brughiera Dosso è consistita nella valutazione delle direzioni preferenziali di migrazione attraverso l'esecuzione di esperimenti di orientamento dei migratori (cfr. Par. 3.4.). Gli esperimenti sono stati condotti inizialmente nelle ore diurne, e, a partire dall'autunno, anche durante le ore notturne, al fine di valutare l'eventuale effetto delle luci dell'aeroporto di Malpensa sul sistema di orientamento dei migratori.

Tali analisi richiedevano tuttavia un campione statisticamente valido per poter effettuare le successive elaborazioni. Al fine di incrementare il numero di catture, oltre al transetto principa-



L'ambiente di attivazione delle reti nella stazione ornitologica di Brughiera Dosso era prevalentemente boschivo (Foto di A. Ioele).

<sup>18</sup> - MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE - DECRETO 30 marzo 2009 Secondo elenco aggiornato dei siti di importanza comunitaria per la regione biogeografica continentale in Italia ai sensi della direttiva 92/43/CEE (GU n. 95 del 24-4-2009 - Suppl. Ordinario n. 61)

le, sono state montate altre reti in posizioni ed ambienti variabili. In questo modo si è potuto disporre di un maggior numero di individui da sottoporre alla misurazione della morfologia alare ed agli esperimenti di orientamento.

Si riportano in Tabella 4.1 i risultati delle operazioni di inanellamento condotte nella stazione di Brughiera Dosso nell'anno 2000.

Complessivamente sono stati catturati 1342 individui di 52 specie, perlopiù appartenenti all'ordine dei Passeriformi. Le specie migratrici maggiormente catturate appartengono alla categoria dei migratori notturni a corto raggio (o intrapaleartici); si tratta cioè di specie che nidificano nell'Europa continentale e svernano invece nei paesi del Mediterraneo occidentale (Spagna, Francia, Marocco, Tunisia, Algeria). Tra queste, la specie maggiormente catturata è stata il Pettiroso (280 individui totali, di cui 107 in primavera e 173 in autunno), seguita da Capinera (208 individui, di cui 137 catturati in primavera e 70 in autunno), Luì piccolo (90 individui, 55 in primavera e 35 in autunno), Tordo bottaccio (80 catture, 20 in primavera e 60 in autunno) e Merlo (69 catture, 40 in primavera e 29 in autunno). Poche invece le catture di migratori su lunga distanza, ovvero delle specie che svernano nell'Africa sub-sahariana: il più catturato è stato il Codiroso comune, presente nell'area prevalentemente durante la migrazione pre-riproduttiva.

Numericamente importanti le catture di specie principalmente residenti nell'area di studio quali ad esempio Codibugnolo (53 catture in primavera e 28 in autunno), Cincia bigia (22 catture in primavera e 12 in autunno) e Cinciallegra (37 catture in primavera e 44 in autunno).

Le catture di non Passeriformi infine, seppur scarse numericamente hanno coinvolto ben 13 specie dalle caratteristiche ecologiche anche molto differenti: si spazia infatti da specie acquatiche o comunque legate ad ambienti umidi, come Germano reale e Martin pescatore, a Picidi tipici dell'ambiente boschivo, a rapaci diurni (Sparviere) e notturni (Allocco e Gufo comune) a Columbiformi di bosco (Colombaccio e Tortora selvatica). Si segnala che, tra i non Passeriformi, la specie più abbondante è stata il Colino della Virginia, Fasianide di origine nordamericana insediatosi con una popolazione ormai stabile lungo il Fiume Ticino (Brichetti e Fracasso, 2004).



Figura 4.2. Operazioni di estrazione dei migratori dalle reti nell'impianto di cattura nel SIC "IT2010012 "Brughiera del Dosso".

Tabella 4.1. Risultati delle operazioni di cattura condotte a Brughiera Dosso nel 2000.

Codice Euring	Specie	Nome scientifico	Primavera		Autunno	
			Catture	Ricatture	Catture	Ricatture
01860	Germano reale	Anas platyrhynchos	1			
02690	Sparviere	Accipiter nisus	2		1	
03450	Colino della Virginia	Colinus virginianus	4		9	5
05290	Beccaccia	Scolopax rusticola	2		1	
06700	Colombaccio	Columba palumbus	1	1		
06870	Tortora selvatica	Streptopelia turtur	1			
07610	Allocco	Strix aluco	2			
07670	Gufo comune	Asio otus			1	
08310	Martin pescatore	Alcedo atthis			6	2
08460	Upupa	Upupa epops	1			
08480	Torcicollo	Jynx torquilla	1			
08560	Picchio verde	Picus viridis	4	2		1
08760	Picchio rosso maggiore	Dendrocopos major	4	1	1	
09920	Rondine	Hirundo rustica	3			
10010	Balestruccio	Delichon urbicum	1			
10090	Prisolone	Anthus trivialis	2		1	
10190	Ballerina gialla	Motacilla cinerea	1			
10660	Scricciolo	Troglodytes troglodytes	6	1	24	3
10840	Passera scopaiola	Prunella modularis	20	10	33	8

segue

Codice Euring	Specie	Nome scientifico	Primavera		Autunno	
			Catture	Ricatture	Catture	Ricatture
10990	Pettiroso	<i>Erithacus rubecula</i>	107	24	173	43
11030	Usignolo maggiore	<i>Luscinia luscinia</i>			1	
11040	Usignolo	<i>Luscinia megarhynchos</i>	8		1	
11220	Codiroso comune	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	24		4	
11370	Stiaccino	<i>Saxicola rubetra</i>	1			
11870	Merlo	<i>Turdus merula</i>	40	12	29	9
12000	Tordo bottaccio	<i>Turdus philomelos</i>	20		60	1
12010	Tordo sassello	<i>Turdus iliacus</i>			3	
12360	Forapaglie macchiettato	<i>Locustella naevia</i>			1	
12740	Bigiarella	<i>Sylvia curruca</i>	4		3	1
12750	Sterpazzola	<i>Sylvia communis</i>	1			
12760	Beccafico	<i>Sylvia borin</i>			6	
12770	Capinera	<i>Sylvia atricapilla</i>	137	13	70	1
13110	Lui piccolo	<i>Phylloscopus collybita</i>	55	14	35	2
13120	Lui grosso	<i>Phylloscopus trochilus</i>	9		2	1
13140	Regolo	<i>Regulus regulus</i>			30	3
13150	Fiorrancino	<i>Regulus ignicapilla</i>	1		28	15
13490	Balia nera	<i>Ficedula hypoleuca</i>	3		12	
14370	Codibugnolo	<i>Aegithalos caudatus</i>	53	46	28	42
14400	Cincia bigia	<i>Poecile palustris</i>	22	16	12	22
14540	Cincia dal ciuffo	<i>Lophophanes cristatus</i>			2	
14610	Cincia mora	<i>Periparus ater</i>	2	3	16	1
14620	Cinciarella	<i>Cyanistes caeruleus</i>	7	9	31	11
14640	Cinciallegra	<i>Parus major</i>	37	20	44	18
14790	Picchio muratore	<i>Sitta europaea</i>	4	5		
14870	Rampichino comune	<i>Certhia brachydactyla</i>	6	1	2	1
15390	Ghiandaia	<i>Garrulus glandarius</i>	7		3	
15673	Cornacchia grigia	<i>Corvus cornix</i>	3			
15980	Passera mattugia	<i>Passer montanus</i>			21	
16360	Fringuello	<i>Fringilla coelebs</i>	24	1	6	
16380	Peppola	<i>Fringilla montifringilla</i>			1	
16540	Lucherino	<i>Carduelis spinus</i>	3		1	
18600	Zigolo muciatto	<i>Emberiza cia</i>	2		4	
		<b>Totale</b>	<b>636</b>	<b>179</b>	<b>706</b>	<b>190</b>

#### 4.1.2. Riserva Naturale Orientata “La Fagiana”

La Riserva Naturale Orientata de La Fagiana, è anche Sito di Importanza Comunitaria (SIC IT2050005 “Boschi della Fagiana”) ed è inserita nei confini della fascia a Parco Naturale del Ticino (L.R. 31 del 2002) e della ZPS IT2080301 “Boschi del Ticino”. La Fagiana nacque come Riserva di Caccia, nei primi anni del 1800, grazie a Vittorio Emanuele II che, rinunciando alla Riserva Reale di Caccia del Ticino, lasciò libera la caccia in alcune zone, cedendone il diritto a terzi in altre. L'istituzione del Parco nel 1974 decretò la fine della caccia; da allora il Parco ha iniziato a riacquistare porzioni della Riserva col fine di ricostruirla sotto un'unica gestione, finalizzata alla tutela naturalistica e all'educazione ambientale.

I boschi della Fagiana sono compresi nella depressione valliva del fiume Ticino; la mancanza di argini consente al corso d'acqua di divagare liberamente, inondando durante le piene gran parte delle terre comprese nella Riserva e mantenendo così un ecosistema fluviale dinamico.

Anche se nel SIC l'elemento vegetazionale dominante è rappresentato dai boschi, non mancano tratti di vegetazione acquatica di greto, di praterie umide e secche e di brughiere.

In questa stazione ornitologica l'attività di inanellamento ha avuto inizio nell'autunno del 2000 in una località situata ad un chilometro di distanza dal centro Parco Fagiana in direzione sud-ovest. L'ubicazione delle reti è stata scelta in base alla vegetazione presente ed alla vicinanza del fiume. Le reti sono state posizionate in modo da intercettare due diversi ambienti:

- boscaglia e cespuglieto di querce, rilevabile lungo il transetto principale, caratterizzato dalla presenza di Farnia *Quercus robur* e Roverella *Quercus pubescens*. A queste si aggiungono cespugli di rovo *Rubus* sp., Biancospino *Crataegus* sp., Sanguinello *Cornus sanguinea*, Fitolacca *Phytolacca americana*, Ligustro *Ligustrum vulgaris*, Spino cervino *Rhamnus catharticus*, qual-

che Prugnolo spinoso *Prunus spinosa* e, verso il fiume un Corniolo *Cornus mas*. A livello del terreno si trovavano in alcuni tratti coperture continue di Brugo *Calluna vulgaris* e Timo *Thymus sp.*

- greto, con terreno sassoso-ciottoloso e presenza di Pioppo tremulo *Populus tremula*, salici *Salix sp.* e rovi *Rubus sp.*

In questa prima località (Figura 4.3) l'attività proseguì fino all'autunno 2002 e i dati raccolti furono utilizzati per studiare il problema dell'interazione tra l'aeroporto di Malpensa ed il sistema migratorio all'interno del Parco. La stazione ha operato nei seguenti periodi: nell'autunno 2000 dal 10 agosto al 28 novembre, nella primavera del 2001 dal 10 marzo al 30 aprile, nell'autunno 2001 dal 19 agosto al 16 novembre, nella primavera 2002 dal 17 marzo al 2 maggio, nell'autunno 2002 infine dal 14 agosto al primo giorno di novembre.

In questa stazione, così come a Brughiera Dosso, le operazioni di inanellamento sono state affiancate da attività di ricerca e di approfondimento su alcuni temi specifici.

In primo luogo, a partire dalla primavera del 2001, sono state raccolte misurazioni della massa magra dei migratori, utilizzando lo strumento TOBEC (analogamente a quanto fatto a Brughiera Dosso l'anno precedente).

Sono proseguiti anche gli studi sulla morfologia alare con la misurazione di tutte le penne remiganti primarie, allo scopo di valutare eventuali differenze significative tra le popolazioni in transito attraverso l'area.

Poiché dai primi dati raccolti a Brughiera Dosso è emerso un problema nel recupero delle riserve adipose per alcune specie migratrici, si è deciso di approfondire lo studio dell'alimentazione dei migratori, con lo scopo di raccogliere le informazioni necessarie per poter predisporre azioni di miglioramento degli habitat finalizzate alla loro conservazione. Nell'autunno del 2001 ha avuto quindi inizio uno studio sull'alimentazione dei migratori notturni. Il primo passo di quella ricerca consistette nella predisposizione e realizzazione di esperimenti di scelta di cibo (food choice) nei quali ai migratori fu offerta la possibilità di alimentarsi con cibo animale o con bacche. Si cercò in questo modo di individuare il ruolo delle specie arbustive baccifere nella dieta dei migratori in sosta nel territorio del Parco. Con l'analisi comparata dei dati relativi a dieta e condizioni fisiologiche, si è cercato inoltre di correlare il tipo di dieta allo stato fisiologico degli animali. Lo scopo ultimo e l'auspicabile aspetto applicativo della ricerca consisteva nell'utilizzo delle specie vegetali per incrementare le risorse trofiche a disposizione dei migratori. Per migliorare la comprensione della dieta dei migratori si è proceduto anche alla raccolta di campioni fecali e al loro esame microscopico, per valutare lo sfruttamento di altre bacche non incluse negli esperimenti. La raccolta dei campioni proseguì in primavera, al fine di valutare il ruolo di polline e nettare nella dieta dei migratori, individuando al contempo le specie vegetali maggiormente frequentate nella fase di foraggiamento.

Anche a La Fagiana, tra i migratori, il maggior peso sul totale delle catture è dato dalle specie migratrici notturne a corto raggio. All'interno di questa categoria, in autunno le specie maggiormente catturate sono state Pettiroso (426 individui, 299 in autunno e 127 in primavera), Capinera (841 individui, di cui 307 catturati in autunno e ben 534 in primavera), Lui piccolo (411 individui, 331 in autunno e 80 in primavera) e Regolo (259 individui, catturati quasi esclusivamente in autunno).

Rispetto a Brughiera Dosso è stato effettuato un numero sensibilmente maggiore di catture di migratori trans-sahariani, in particolare di Balia nera (163 individui catturati prevalentemente in autunno); tra gli altri migratori su lunga distanza sono stati catturati con maggior frequenza Lui



Figura 4.3. Localizzazione delle reti nella prima località dell'impianto di cattura all'interno della Riserva Naturale de La Fagiana.

grosso, Beccafico e Usignolo. Per quest'ultima specie le catture effettuate nel Parco del Ticino sono però in gran parte riferibili ad individui nidificanti, come testimonia l'elevato numero di ricatture effettuate anche tra una stagione migratoria e quella successiva.

Anche in questa stazione di inanellamento molte catture hanno interessato specie principalmente residenti nell'area di studio, in particolare nella stagione autunnale, quando sono stati catturati molti individui nati nella primavera precedente e in fase di esplorazione e/o dispersione. Sono stati complessivamente catturati 283 individui di Cinciallegra, 239 codibugnoli, 171 cinciarelle e 37 cince bigie.

Le catture di non Passeriformi, numericamente scarse, hanno riguardato 10 specie. Tra queste le più catturate sono state Martin pescatore e Picchio rosso maggiore. Di particolare rilievo è la cattura di ben 20 individui di Martin pescatore, specie di interesse per la conservazione a livello continentale e inclusa nell'Allegato I alla Direttiva 2009/147/CE.



Nei primi anni di studio della migrazione nella Riserva de La Fagiana, parte delle reti erano situate in un ambiente di greto, con terreno sassoso-ciottoloso e presenza di Pioppo tremulo, salici e rovi (Foto di L. Atzori).

Tabella 4.2. Risultati delle operazioni di cattura condotte nella Riserva Naturale de La Fagiana dal 2000 al 2002.

Codice Euring	Specie	Nome scientifico	Primavera		Autunno	
			Catture	Ricatture	Catture	Ricatture
2670	Astore	Accipiter gentilis	1	0	0	0
2690	Sparviere	Accipiter nisus	1	0	1	0
3040	Gheppio	Falco tinnunculus	1	0	1	0
3450	Colino della Virginia	Colinus virginianus	2	0	0	0
7780	Succiacapre	Caprimulgus europaeus	2	0	0	0
8310	Martin pescatore	Alcedo atthis	20	15	5	0
8480	Torcicollo	Jynx torquilla	1	0	2	1
8560	Picchio verde	Picus viridis	5	1	4	2
8760	Picchio rosso maggiore	Dendrocopos major	19	15	6	0
8870	Picchio rosso minore	Dendrocopos minor	7	1	2	0
10090	Prispolone	Anthus trivialis	1	0	1	0
10660	Scricciolo	Troglodytes troglodytes	87	14	24	4
10840	Passera scopaiola	Prunella modularis	10	0	7	0
10990	Pettiroso	Erithacus rubecula	299	124	127	23
11040	Usignolo	Luscinia megarhynchos	47	14	26	14
11210	Codiroso spazzacamino	Phoenicurus ochrurus	0	0	2	0
11220	Codiroso comune	Phoenicurus phoenicurus	11	0	2	0
11870	Merlo	Turdus merula	54	2	13	3
12000	Tordo bottaccio	Turdus philomelos	35	0	8	0
12010	Tordo sassello	Turdus iliacus	3	0	0	0
12590	Canapino maggiore	Hippolais icterina	2	0	0	0
12600	Canapino comune	Hippolais polyglotta	6	0	0	0
12670	Occhiocotto	Sylvia melanocephala	0	0	1	0
12740	Bigiarella	Sylvia curruca	4	0	2	0
12750	Sterpazzola	Sylvia communis	2	0	2	0
12760	Beccafico	Sylvia borin	37	1	2	0
12770	Capinera	Sylvia atricapilla	307	35	534	62
13070	Lui bianco	Phylloscopus bonelli	1	0	0	0
13080	Lui verde	Phylloscopus sibilatrix	1	0	1	0
13110	Lui piccolo	Phylloscopus collybita	331	63	80	15
13120	Lui grosso	Phylloscopus trochilus	51	3	18	3
13140	Regolo	Regulus regulus	258	97	1	0
13150	Fiorrancino	Regulus ignicapilla	26	19	1	0

segue

Codice Euring	Specie	Nome scientifico	Primavera		Autunno	
			Catture	Ricatture	Catture	Ricatture
13350	Pigliamosche	Muscicapa striata	1	0	0	0
13490	Balia nera	Ficedula hypoleuca	155	2	8	0
14370	Codibugnolo	Aegithalos caudatus	194	107	45	29
14400	Cincia bigia	Poecile palustris	24	19	13	4
14610	Cincia mora	Periparus ater	4	0	4	0
14620	Cinciarella	Cyanistes caeruleus	153	144	18	18
14640	Cinciallegra	Parus major	244	107	39	19
14790	Picchio muratore	Sitta europaea	4	0	1	0
14870	Rampichino comune	Certhia brachydactyla	0	0	1	0
15390	Ghiandaia	Garrulus glandarius	4	0	0	0
15820	Storno	Sturnus vulgaris	0	0	12	0
15980	Passera mattugia	Passer montanus	1	0	2	0
16360	Fringuello	Fringilla coelebs	40	0	18	2
16380	Peppola	Fringilla montifringilla	1	0	0	0
16490	Verdone	Carduelis chloris	1	0	0	0
16530	Cardellino	Carduelis carduelis	0	0	1	0
18600	Zigolo muciatto	Emberiza cia	1	0	0	0
18770	Migliarino di palude	Emberiza schoeniclus	0	0	2	0
		<b>Totale</b>	<b>2459</b>	<b>783</b>	<b>1037</b>	<b>199</b>

A partire dal 2003 la sede dell'impianto di cattura all'interno della Riserva de La Fagiana è stata spostata di circa 1 km in direzione sud-sud-est, in località Sabbie Bianche, dove il personale incaricato della gestione dell'attività di inanellamento ha potuto disporre di una struttura in muratura di forma piramidale, utilizzata come casello di inanellamento. In questa seconda locazione le reti sono state disposte a nord rispetto al casello di inanellamento (Figura 4.4).

La nuova area di indagine presentava una varietà di ambienti e una diversificazione della vegetazione maggiori rispetto a quella della precedente locazione.

Tali caratteristiche hanno consentito di approfondire l'indagine sull'interazione tra avifauna e ambiente, sviluppando un'analisi dell'utilizzo degli habitat sul complesso degli individui catturati e per le specie con campioni più abbondanti. In prossimità delle reti si potevano distinguere quattro tipologie vegetazionali semplificate e raggruppate nel modo seguente:

1. arbusteto a prevalenza di Biancospino con piante isolate di Farnia
2. bosco giovane di Farnia, Robinia, Biancospino, Pioppo e Salice
3. ambiente aperto con piante isolate di Farnia, Biancospino e Robinia
4. stretta fascia di fragmiteto Phragmites australis circondata da pioppi



*Ambiente aperto con piante isolate di Farnia presente nella seconda locazione della stazione di inanellamento nella Riserva Naturale Orientata de La Fagiana (Foto di P. Bonazzi).*

La presenza di diverse essenze vegetali autoctone potenzialmente utilizzabili a fini trofici dalle specie migratrici ha permesso di proseguire lo studio della componente vegetale nella dieta dei Passeriformi migratori. Per le specie migratrici più numerose sono stati raccolti campioni fecali poi analizzati per valutare l'utilizzo di polline nella stagione primaverile e di bacche in quella autunnale. Parallelamente si è proseguito nella misurazione della massa magra degli individui catturati per mezzo dello strumento TOBEC. Durante i quattro anni di attività in località Sabbie Bianche è aumentato lo sforzo nell'analisi dei dati, in quanto le dimensioni del campione raccolto a partire dal 2000 sono cresciute incrementando le possibilità di effettuare elaborazioni e analisi comparative tra i diversi anni. L'attività analitica si è concentrata sull'ecologia della sosta, studiando in

particolare la sua efficacia in termini di recupero delle riserve energetiche e la sua durata, ovvero i due parametri fondamentali nella definizione della strategia ottimale di migrazione (Alerstam e Lindström, 1990). Sono state infine analizzate le distanze medie potenziali di migrazione per le specie migratrici maggiormente catturate. Nel complesso sono stati catturati 5074 individui appartenenti a 64 specie. Durante la stagione primaverile la specie più catturata è stata, ancora una volta la Capinera (639 individui), anche se il numero di catture è diminuito sensibilmente rispetto alle precedenti localizzazioni della stazione di inanellamento. Oltre alla Capinera, le specie migratrici catturate con maggiore frequenza nel corso della migrazione pre-riproduttiva sono state nell'ordine Pettiroso, Lui piccolo e Lui grosso: quest'ultima specie è l'unica, tra le più abbondanti, ad effettuare una migrazione su lunga distanza.

Nel corso del periodo post-riproduttivo il migratore più catturato è stato il Pettiroso (716 individui), seguito da Lui piccolo (490 individui), Capinera (305 individui), Regolo (223 individui) e dai migratori trans-sahariani Balia nera (122 individui) e Lui grosso (106 individui).

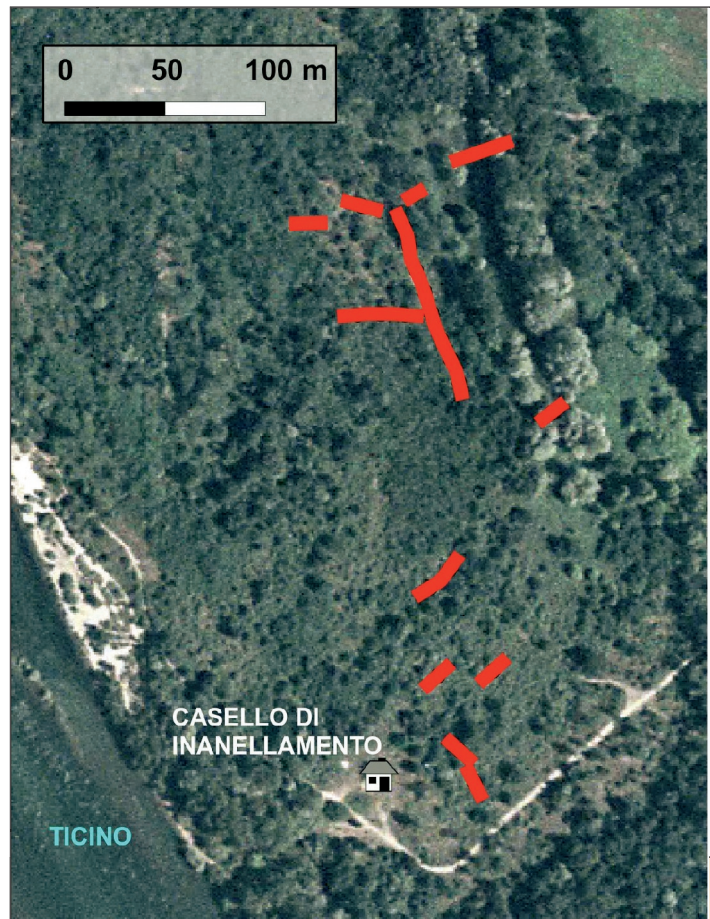


Figura 4.4. Localizzazione delle reti nella seconda localizzazione dell'impianto di cattura all'interno della Riserva Naturale de La Fagiana, in località Sabbie Bianche.

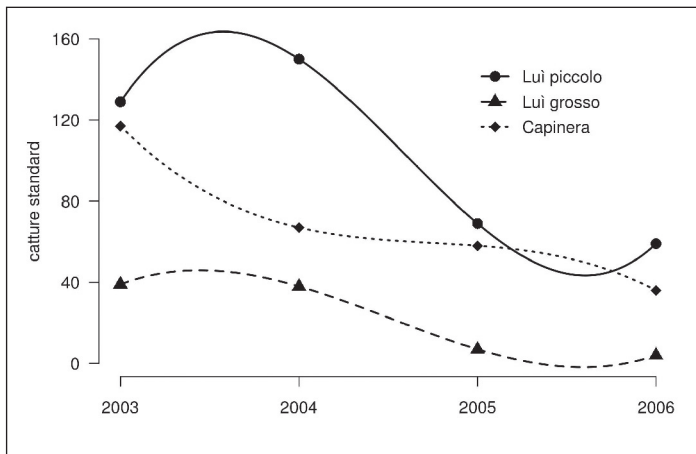


Figura 4.5. Grafico illustrante l'andamento delle catture di alcune specie migratrici effettuate presso la riserva La Fagiana nel corso della migrazione post-riproduttiva. Nel periodo 2003-2006 (e maggiormente nel biennio 2005-2006) si è assistito ad una diminuzione marcata delle specie migratrici più catturate.

Le specie catturate sono quelle tipiche dell'ambiente boschivo. L'evoluzione naturale ha infatti portato ad una chiusura della vegetazione che ha condizionato i risultati delle attività di cattura sia dal punto di vista qualitativo sia da quello quantitativo.

Le catture sono andate infatti diminuendo nel corso dei quattro anni, in particolare durante la stagione autunnale, per alcune delle specie più abbondanti, ovvero Capinera e Lui piccolo tra i migratori su media distanza e Lui grosso per i migratori su lunga distanza (Figura 4.5).



Tabella 4.3. Risultati delle operazioni di cattura condotte nella Riserva Naturale La Fagiana dal 2003 al 2006.

Codice Euring	Specie	Nome scientifico	Primavera		Autunno	
			Catture	Ricatture	Catture	Ricatture
02610	Albanella reale	Circus cyaneus	1	0	0	0
02690	Sparviere	Accipiter nisus	4	1	3	0
02870	Poiana	Buteo buteo	0	0	1	0
03040	Gheppio	Falco tinnunculus	1	1	0	0
03450	Colino della Virginia	Colinus virginianus	0	0	2	0
03940	Fagiano comune	Phasianus colchicus	0	0	1	0
05290	Beccaccia	Scolopax rusticola	1	0	1	0
07240	Cuculo	Cuculus canorus	1	0	0	0
07570	Civetta	Athene noctua	0	0	2	0
07610	Allocco	Strix aluco	0	0	2	0
07780	Succiacapre	Caprimulgus europaeus	1	0	3	0
08310	Martin pescatore	Alcedo atthis	7	0	24	7
08460	Upupa	Upupa epops	1	0	0	0
08560	Picchio verde	Picus viridis	8	4	9	5
08760	Picchio rosso maggiore	Dendrocopos major	9	3	45	36
08870	Picchio rosso minore	Dendrocopos minor	5	0	11	13
09920	Rondine	Hirundo rustica	1	0	0	0
10090	Prispolone	Anthus trivialis	5	0	4	0
10660	Scricciolo	Troglodytes troglodytes	11	5	69	9
10840	Passera scopaiola	Prunella modularis	5	1	20	0
10990	Pettiroso	Erithacus rubecula	244	51	716	168
11040	Usignolo	Luscinia megarhynchos	31	15	38	9
11060	Pettazzurro	Luscinia svecica	2	0	0	0
11210	Codiroso spazzacamino	Phoenicurus ochruros	1	0	0	0
11220	Codiroso comune	Phoenicurus phoenicurus	21	0	21	3
11870	Merlo	Turdus merula	23	8	67	10
12000	Tordo bottaccio	Turdus philomelos	10	0	41	1
12010	Tordo sassello	Turdus iliacus	0	0	2	0
12360	Forapaglie macchiettato	Locustella naevia	0	0	1	0
12510	Canaiola comune	Acrocephalus scirpaceus	1	0	0	0
12590	Canapino maggiore	Hippolais icterina	0	0	6	2
12600	Canapino comune	Hippolais polyglotta	1	0	1	0
12740	Bigiarella	Sylvia curruca	1	0	9	1
12750	Sterpazzola	Sylvia communis	5	0	0	0
12760	Beccafico	Sylvia borin	2	0	28	1
12770	Capinera	Sylvia atricapilla	639	108	305	11
13000	Lui forestiero	Phylloscopus inornatus	0	0	1	0
13080	Lui verde	Phylloscopus sibilatrix	3	0	2	0
13110	Lui piccolo	Phylloscopus collybita	153	30	490	74
13120	Lui grosso	Phylloscopus trochilus	108	9	106	9
13140	Regolo	Regulus regulus	6	1	223	66
13150	Fiorrancino	Regulus ignicapilla	2	0	28	8
13350	Pigliamosche	Muscicapa striata	0	0	2	0
13490	Balia nera	Ficedula hypoleuca	19	0	122	2
14370	Codibugnolo	Aegithalos caudatus	61	101	229	248
14400	Cincia bigia	Poecile palustris	20	33	71	68
14610	Cincia mora	Periparus ater	1	0	1	0
14620	Cinciarella	Cyanistes caeruleus	39	88	343	248
14640	Cinciallegra	Parus major	93	124	406	142
14790	Picchio muratore	Sitta europaea	1	1	8	5
14870	Rampichino comune	Certhia brachydactyla	0	0	2	0
15150	Averla piccola	Lanius collurio	0	0	1	0
15390	Ghiandaia	Garrulus glandarius	5	0	1	0
15673	Cornacchia grigia	Corvus cornix	1	0	0	0
15820	Storno	Sturnus vulgaris	2	0	0	0
15980	Passera mattugia	Passer montanus	0	0	1	0

segue

Codice Euring	Specie	Nome scientifico	Primavera		Autunno	
			Catture	Ricatture	Catture	Ricatture
16360	Fringuello	Fringilla coelebs	8	0	11	0
16490	Verdone	Carduelis chloris	0	0	1	0
16530	Cardellino	Carduelis carduelis	1	0	0	0
16540	Lucherino	Carduelis spinus	1	0	0	0
18570	Zigolo giallo	Emberiza citrinella	0	0	4	0
18580	Zigolo nero	Emberiza cirius	0	0	1	1
18600	Zigolo muciatto	Emberiza cia	1	0	3	0
18770	Migliarino di palude	Emberiza schoeniclus	0	0	18	
		<b>Totale</b>	<b>1567</b>	<b>584</b>	<b>3507</b>	<b>1147</b>

I dati raccolti nella stazione di inanellamento de La Fagiana nel biennio 2005-2006 hanno contribuito a definire modalità e caratteristiche del fenomeno migratorio lungo l'asse del Ticino nell'ambito di un progetto del programma Interreg IIIA.

L'attività di cattura e inanellamento presso la Riserva Naturale Orientata de La Fagiana si è conclusa alla fine del 2006. Le condizioni della vegetazione rendevano sempre meno efficiente l'impianto di cattura. A questo problema, se ne è aggiunto negli anni successivi un altro ben più difficile da fronteggiare: il fiume Ticino ha infatti iniziato ad erodere sensibilmente le sponde. Inizialmente è stata erosa la porzione di sponda che separava il fiume da un'area adibita alla sosta e ricreazione dei visitatori; nel giro di due anni il fiume ha portato con sé panche e tavolo che costituivano quel punto di ristoro, nonché la Farnia ad essi adiacente ed il terreno che li separava dalla struttura utilizzata come casello di inanellamento (Figura 4.6). Nella primavera del 2008 l'intera struttura è stata portata via dal fiume.



Figura 4.6. La struttura utilizzata per l'inanellamento in località Sabbie Bianche, nella riserva de la Fagiana, è stata distrutta dalle acque del fiume Ticino nella primavera del 2008 (Foto di P. Bonazzi).

#### 4.1.3. La brescianella di Oriano

Allo scopo di valutare la potenziale presenza di migratori in alcune aree della parte settentrionale del Parco, nel corso degli anni 2001 e 2002 sono state effettuate alcune sessioni di inanellamento presso la località di Oriano (Sesto Calende - VA). Le attività si sono svolte all'interno di una struttura del tipo a "brescianella", di proprietà del Dott. Lazzaroni, storicamente utilizzata a scopo di aucupio.

L'attività di cattura degli Uccelli ha in Lombardia una storia plurisecolare: i primi casi documentati di impianti di cattura per mezzo di reti risalgono infatti al XVI secolo (Box 3). Questa attività ha lasciato numerosi segni nel paesaggio ed anche nella toponomastica della nostra regione. In molti casi gli antichi impianti di cattura sono rimasti in forma di perimetri arborei ed edifici rurali, in alcuni casi sono divenuti vere e proprie stazioni di ricerca scientifica.

La brescianella di Oriano costituisce uno dei più interessanti reperti di questo passato nel territorio del Parco del Ticino, ed è stata instradata verso un impiego di tipo scientifico e, soprattutto, didattico.

La bresciana di Oriano è un piccolo impianto di cattura costituito da una struttura in muratura e da un anello di reti disposte tra due file di Carpino nero *Ostrya carpinifolia*. Essa è situata in un bosco misto a prevalenza di Castagno *Castanea sativa*. Quando in passato la struttura funzionava attivamente, l'area circostante era tenuta libera ed il bosco circostante aveva una minore altezza: ciò rendeva l'impianto visibile ai migratori che vi venivano attirati. Al momento della riapertura dell'impianto il bosco era molto infittito e ciò ha compromesso sensibilmente la sua efficacia.

La funzionalità della bresciana ha iniziato ad essere ripristinata nel corso di una indagine sull'impatto dell'Aerostazione di Malpensa sul sistema della migrazione degli Uccelli nel Parco del Ticino. Negli anni successivi l'attività di cattura e inanellamento in quest'area è stata inserita nel-

l'ambito di ricerche sull'ecologia della sosta delle specie di Uccelli che utilizzano il Parco come "stazione di servizio" durante la migrazione. La dieta dei soggetti in sosta migratoria è stato, nei primi anni, il principale oggetto di tali ricerche, sviluppate attraverso la raccolta e l'analisi microscopica di campioni fecali.

Nel 2001 è iniziata la manutenzione delle piante disposte lungo il perimetro dell'impianto ed al suo interno, in maniera tale da ripristinare le sue capacità operative. Durante il periodo di attività, almeno una volta all'anno sono state effettuate operazioni di potatura e sagomatura dei carpini, parallelamente al diradamento dello strato arbustivo nelle aree circostanti. Un intervento straordinario di taglio della vegetazione infestante nei pressi della brescianella è stato eseguito nell'inverno 2001/2002 a seguito dei bassi numeri di catture registrati nelle prime sessioni di cattura. Contemporaneamente sono state messe a dimora alcune decine di piante autoctone produttrici di bacche (Ligustro, Sanguinello, Biancospino e Sorbo). Dalla primavera del 2004, infine, nell'impianto sono state utilizzate mangiatoie per aumentare l'"attrattiva" dell'impianto anche per gli Uccelli residenti.

Gli interventi effettuati hanno sensibilmente migliorato l'efficacia dell'impianto di cattura, sebbene non tutti i problemi siano stati risolti. La composizione dello strato arbustivo risultava infatti ancora largamente dominata dalla Robinia; la brescianella inoltre era ancora sovrastata da alcune piante ad alto fusto che impedivano la discesa a terra di un numero maggiore di Uccelli. La struttura, pur con le problematiche appena descritte, ha operato, con sforzi di cattura variabili, dalla primavera del 2001 all'autunno del 2006: l'attività primaverile è stata limitata ai primi tre anni (22-28 marzo e 14-16 aprile nel 2001; 8-23 aprile nel 2002; 21-25 marzo e 9-16 aprile), mentre negli anni successivi le operazioni di cattura si sono concentrate nel periodo autunnale (6-12 ottobre nel 2001; 8-16 ottobre nel 2002; 3 ottobre – 1 novembre nel 2003; 3-22 ottobre nel 2004, 2005 e 2006).

La scelta dei periodi di attività è stata compiuta analizzando i dati relativi alle catture effettuate nell'anno 2000 nella stazione di inanellamento di Brughiera Dosso, che si trova a meno di 10 km dalla località di Oriano. Sono stati scelti i periodi in cui risultava elevato il numero di catture di individui appartenenti a specie migratrici.

La scelta dei periodi di attività è stata compiuta analizzando i dati relativi alle catture effettuate nell'anno 2000 nella stazione di inanellamento di Brughiera Dosso, che si trova a meno di 10 km dalla località di Oriano. Sono stati scelti i periodi in cui risultava elevato il numero di catture di individui appartenenti a specie migratrici.

Nel complesso ad Oriano sono stati catturati 321 individui appartenenti a 18 specie, tutte caratteristiche dell'ambiente boschivo. La specie di gran lunga più abbondante è il Pettiroso, migratore molto comune nei nuclei boscati del Parco, in particolare durante la migrazione post-riproduttiva.

L'unica altra specie migratrice catturata con una certa frequenza è il Tordo bottaccio, specie ecologicamente affine al Pettiroso. Dal punto di vista quantitativo i risultati delle campagne di cattura non hanno dato i risultati sperati.

Ciononostante, i dati raccolti sono stati sufficienti per valutare i tassi di ingrassamento del Pettiroso nel corso della migrazione e per compararli con quelli delle altre stazioni operanti nel Parco. Questa comparazione, effettuata nel corso dei primi anni di lavoro, ha portato ad evidenziare per i pettirossi catturati a Oriano tassi di ingrassamento elevati, superiori a quelli registrati nella stazione di inanellamento de La Fagiana, evidenziando l'idoneità delle aree boschive presenti nella parte settentrionale del Parco per la sosta di questa specie.



*La vegetazione presente nell'impianto di cattura di Oriano è stata oggetto di interventi volti ad aumentare l'efficacia dell'impianto stesso: sono state effettuate potature delle piante, rimozione delle essenze infestanti e messa a dimora di specie baccifere autoctone (Foto di G. Calvi).*

Tabella 4.4. Risultati delle operazioni di cattura condotte nella bresciana di Oriano dal 2001 al 2006.

Codice Euring	Specie	Nome scientifico	Primavera 2001/2003		Autunno 2005/2006	
			Catture	Ricatture	Catture	Ricatture
08560	Picchio verde	Picus viridis	0	0	2	0
08760	Picchio rosso maggiore	Dendrocopos major	0	0	2	0
10660	Scricciolo	Troglodytes troglodytes	0	0	8	0
10840	Passera scopaiola	Prunella modularis	0	0	1	0
10990	Pettiroso	Erithacus rubecula	12	41	90	20
11220	Codirosso comune	Phoenicurus phoenicurus	0	0	1	0
11870	Merlo	Turdus merula	5	2	4	0
12000	Tordo bottaccio	Turdus philomelos	1	0	29	0
12770	Capinera	Sylvia atricapilla	4	0	3	0
13110	Lù piccolo	Phylloscopus collybita	1	0	0	0
13140	Regolo	Regulus regulus	0	0	3	0
13150	Fiorrancino	Regulus ignicapilla	0	0	2	0
14400	Cincia bigia	Poecile palustris	2	0	5	2
14610	Cincia mora	Periparus ater	1	0	2	0
14620	Cinciarella	Cyanistes caeruleus	0	0	7	1
14640	Cincialegra	Parus major	2	0	16	2
14870	Rampichino comune	Certhia brachydactyla	4	0	7	0
16360	Fringuello	Fringilla coelebs	2	0	5	0
		<b>Totale</b>	<b>34</b>	<b>6</b>	<b>287</b>	<b>25</b>

#### Dall'aucupio all'inanellamento

**Dopo secoli di caccia degli Uccelli migratori, molte strutture storicamente dedicate all'uccellazione sono state riconvertite allo studio delle migrazioni**

La cattura degli Uccelli migratori a scopo alimentare, detta aucupio, era già diffusa e nota nel XVII secolo in buona parte della fascia prealpina lombarda, in particolare nelle province di Bergamo, Brescia e Lecco.

Con questa attività si sfruttava l'abbondante passo di Uccelli migratori che si verifica ogni anno, soprattutto nella stagione autunnale, quando le popolazioni migratrici comprendono i giovani nati nella primavera appena trascorsa. La cattura degli Uccelli veniva effettuata in complesse ed affascinanti strutture munite di reti e di un sistema di alberature plasmate dall'uomo per formare corridoi e finestre in cui venivano posizionate e mimetizzate le reti stesse.

Tali strutture prendevano i nomi di "roccoli", "bresciane" e "passate" a seconda dell'ambiente di collocazione e della forma dell'impianto. I roccoli erano posizionati solitamente in montagna, su declivi, dossi o cime, con un casello alto rispetto alle reti, dal cui interno gli uccellatori potevano controllare l'impianto. Le bresciane, di forma generalmente rettangolare, erano poste solitamente su terreno pianeggiante. Le passate erano invece strutture rettilinee poste all'esterno di roccoli e bresciane lungo le linee naturali di passaggio dei migratori, tipicamente in zone di valico.

Le reti utilizzate negli impianti di uccellazione venivano dette "tramagli" ed erano costituite da uno strato a maglia fine racchiuso tra due strati a maglia più larga.

All'interno degli impianti venivano messi in atto diversi accorgimenti per attirare il maggior numero possibile di Uccelli.

In primo luogo venivano messe a dimora specie di piante e arbusti con elevata produzione di bacche, utilizzate come alimento dagli Uccelli migratori durante la migrazione autunnale. Venivano poi utilizzati gli "zimbelli" ovvero individui riposti in gabbie o legati a terra per una zampa, che con i loro canti e richiami attiravano a terra i migratori della stessa specie. Spesso per far emettere richiami agli individui in cattività veniva tenuta negli impianti una Civetta, la cui presenza stimolava l'emissione di richiami da parte degli Uccelli in gabbia.

Quando un numero sufficientemente elevato di Uccelli era posato in mezzo alle reti l'uccellatore utilizzava lo "spauracchio" per mettere in fuga gli Uccelli in modo che questi finissero nelle reti appositamente predisposte.

Lo spauracchio poteva essere costituito da un oggetto che richiamava la figura di un predatore (un uccello rapace) e che veniva lanciato in mezzo all'impianto o da un lungo cavo che correva lungo tutto l'impianto ed al quale erano appesi oggetti vistosi e rumorosi. In questo caso lo spauracchio veniva attivato con un'improvvisa tensione del cavo.

L'attività dei roccoli continuò senza interruzioni fino alla fine degli anni settanta quando i mutamenti legislativi conseguenti ad un effettivo cambiamento della sensibilità popolare (Legge n° 17 del 28

gennaio 1970), portarono al divieto di catturare gli Uccelli utilizzando reti a scopo venatorio, lasciando esclusivamente la possibilità di proseguire tale attività di cattura a fini scientifici. Molti impianti furono allora riconvertiti allo studio esclusivo della migrazione degli Uccelli. In Lombardia, tra gli esempi più noti si possono ricordare il Roccolo di Costa Perla (Galbiate – LC), oggi sede dell'Osservatorio Ornitologico Sperimentale del Parco Regionale del Monte Barro, il Roccolo di Arosio (CO) gestito dalla Fondazione Europea "Il Nibbio" (FEIN) e l'Osservatorio Ornitologico Regionale "A. Duse" del Passo di Spino (Toscolano Maderno – BS), gestito dalla Direzione Generale Agricoltura della Regione Lombardia attraverso l'Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura ed alle Foreste. L'attività dell'inanellamento in Italia ha però avuto inizio molto prima, cioè nel 1929, proprio nella stazione del Passo di Spino. Questa struttura, riaperta nel 2000 a scopo di ricerca, fu la prima a condurre attività di inanellamento in Italia che, dopo alcuni marcaggi isolati nel 1928, iniziò ufficialmente il 15 agosto del 1929 con il progetto dell'Osservatorio Ornitologico del Garda. L'interesse per l'attività di inanellamento crebbe regolarmente nei decenni successivi. Tale attività convisse in alcuni casi con quella della caccia all'interno delle stesse strutture. Ciò produceva oggettivi limiti scientifici alle informazioni raccolte nel nostro Paese, rispetto agli altri Paesi europei. Questi aspetti, efficacemente affrontati da Frugis (1975) portarono ad un intenso dibattito che, unitamente ad un mutamento della sensibilità popolare, come già esposto, portarono a sancire per legge il divieto di uccellazione a fini venatori.



*Il roccolo di Costa Perla, nel Parco Regionale del Monte Barro (Galbiate – LC) è uno degli esempi di riconversione ad attività di ricerca di strutture un tempo dedicate all'uccellazione, (Foto di G. Calvi).*

#### 4.1.4. La stazione "Dogana" di Vizzola Ticino

Nel 2005 è stata attivata una nuova stazione di inanellamento in località Boscaccio, a Vizzola Ticino (VA), compresa, come Brughiera Dosso e La Fagiania, nella ZPS IT208301 "Boschi del Ticino". La stazione è stata denominata "Dogana" per la vicinanza con la Dogana Austro-Ungarica di Lonate Pozzolo, struttura che al tempo della dominazione austriaca segnava il confine tra l'Impero Asburgico ed il Regno di Sardegna; questa struttura fu acquistata nel 1996 dall'Amministrazione del Parco Lombardo della Valle del Ticino e trasformata in Centro Parco.

L'attivazione della stazione di inanellamento Dogana ha avuto inizio nell'ambito del progetto "Azioni coordinate e congiunte lungo il fiume Ticino per il controllo a lungo termine della biodiversità" del programma Interreg IIIA tra Italia e Svizzera (cfr. Par. Box ). Tra le azioni del progetto, di durata biennale, vi era lo studio dell'interazione tra avifauna e ambiente, con particolare riferimento alla componente vegetale nella dieta dei migratori. I risultati dello studio avrebbero fornito preziose indicazioni per indirizzare azioni di conservazione dei migratori nelle aree a matrice agricola del Parco.

La stazione "Dogana" di Vizzola Ticino ha costituito la sede principale degli studi sulle preferenze alimentari dei migratori (Calvi e Buvoli, 2007).

Essa sorge su una piana alluvionale a una decina di metri dall'alveo del fiume in un prato un tempo adibito a coltivazione di mais, poi abbandonato e trasformato in pascolo. L'area interessata dalla stazione si estende su circa 7 ettari e comprende una piccola struttura in muratura utilizzata come casello di inanellamento. In quest'area le reti sono state distribuite in modo da intercettare il maggior numero possibile di ambienti (Figura 4.7).

Queste le tipologie ambientali presenti nell'area al momento dell'insediamento della stazione:

- Prato xerico: zona completamente ricoperta da vegetazione erbacea xerofila (*Campanula rapunculus*, *Euphorbia cyparissias*, *Hipericum perforatum*, *Rumex* spp., *Thymus* spp.) con terreno ricco di sassi.
- Prato mesofilo con vegetazione caratterizzata da numerose specie erbacee (*Dactylis glomerata*, *Mentha* spp, *Lysimachia vulgaris*, *Poa pratensis*, *Solidago gigantea*) e qualche specie

arbustiva (*Artemisia vulgaris*, *Rubus* spp.) e giovani soggetti di Robinia (*Robinia pseudoacacia*) e Salice bianco (*Salix alba*).

- Sponde del canale di irrigazione, ricoperte quasi completamente, da rovo (*Rubus* spp.), con soggetti sparsi di Bagolaro (*Celtis australis*), Rosa canina (*Rosa canina*), Ciliegio tardivo (*Prunus serotina*), Gelso (*Morus* spp.), Robinia (*Robinia pseudoacacia*) e Salice bianco (*Salix alba*).
- Fasce boscate sui lati a sud-est, sud-ovest e nord-ovest, costituite perlopiù da cedui di Robinia con alcune matrici di Farnia e con presenza di altre specie aboree quali Acero montano (*Acer pseudoplatanus*), Pioppo (*Populus hybrida*), Olmo campestre (*Ulmus campestris*), gelso, Salice bianco (*Salix alba*) e Ciliegio tardivo (*Prunus serotina*). Lo strato arbustivo comprende Biancospino (*Crataegus monogyna*), Ciliegio a grappoli (*Prunus padus*), Nocciolo (*Corylus avellana*), Ligustro (*Ligustrum lucidum*), rovo (*Rubus* ssp.), Berretta da prete (*Euonymus europaeus*), Biancospino, Frangola (*Frangula alnus*), Sanguinella (*Cornus sanguinea*) e Vite (*Vitis vinifera*).
- Giardino e orto abbandonato intorno all'edificio: presenti numerose specie ornamentali e da frutto di varie dimensioni (pioppi, Quercia rossa, Cipresso di Lawson, Forsizia, Ibisco, banano, Castagno e Susino).
- Greto fluviale: a tratti libero, a tratti allagato.



Figura 4.7. Distribuzione delle reti nell'area della stazione ornitologica Dogana. Nei primi anni di studio sono state attivate diverse reti per testare l'efficacia del loro posizionamento.

Nel corso dei primi due anni si è assistito al sensibile aumento, in tutta l'area di studio, di Fitolacca *Phytolacca americana*, una pianta erbacea ruderale e perenne di origine nordamericana, che risulterà poi avere un ruolo fondamentale nell'alimentazione dei migratori nel corso della migrazione post-riproduttiva.

Tra le aree sede di attività di inanellamento quella di Vizzola Ticino è indubbiamente quella maggiormente diversificata dal punto di vista delle tipologie vegetazionali.

L'area è stata una di quelle oggetto degli interventi previsti nell'ambito del progetto Interreg. Gli interventi hanno riguardato l'allargamento delle fasce boschive marginali, per aumentare la superficie di habitat naturale disponibile.

Sono state eseguite operazioni di rimboscimento sull'area di prato mesofilo, impianto di alberi già sviluppati lungo il canale di irrigazione centrale, interventi di miglioria forestale e di manutenzione. Al centro dell'area è stato lasciato un ettaro all'evoluzione naturale del prato xerico in modo da costituire una radura all'interno del bosco piantato nell'area limitrofa.

Nella parte più meridionale sono inoltre state messe a dimora "stanze" monospecifiche di arbusti con frutti edibili dall'avifauna, per favorire la sosta delle specie migratrici, nonché le azioni di studio e inanellamento dell'avifauna stessa. La stazione, tuttora attiva nel corso delle migrazioni pre- e post-riproduttiva, è stata allestita per la prima volta nella primavera del 2005. Da subito i risultati hanno mostrato grandi potenzialità della stazione stessa, in particolare dal punto di vista qualitativo. Le catture hanno interessato



Parte dell'area a prato presente presso la stazione Dogana è stata oggetto di interventi di rimboscimento, con la messa a dimora di specie arboree ed arbustive autoctone (Archivio Fotografico Parco Lombardo della Valle del Ticino).

infatti una varietà di specie maggiore rispetto alle altre stazioni di inanellamento all'interno del Parco. La varietà di ambienti presenti permette a que st'area di ospitare un'elevata biodiversità avifaunistica.

Tra le specie catturate rivestono un ruolo particolarmente importante quelle tipiche degli ambienti aperti ed ecotonali e specie caratteristiche degli agroecosistemi, oggi in cattivo stato di conservazione e minacciate a livello continentale.

L'attività della stazione ornitologica di Vizzola Ticino è proseguita anche dopo la fine del progetto Interreg, quando la "Dogana" è diventata la stazione di inanellamento ufficiale del Parco.

I risultati delle operazioni di cattura condotte tra la primavera 2005 e l'autunno 2009 sono riportati in Tabella 4.5.

Tabella 4.5. Risultati delle operazioni di cattura condotte nella stazione "Dogana" dal 2005 al 2009.

Codice Euring	Specie	Nome scientifico	Primavera		Autunno	
			Catture	Ricatture	Catture	Ricatture
01520	Cigno reale	Cygnus olor	1	0	0	0
01860	Germano reale	Anas platyrhynchos	2	0	0	0
02690	Sparviere	Accipiter nisus	4	3	8	0
03100	Lodolaio	Falco subbuteo	1	0	0	0
03450	Colino della Virginia	Colinus virginianus	11	1	3	0
03700	Quaglia	Coturnix coturnix	3	0	3	0
03940	Fagiano comune	Phasianus colchicus	1	0	1	0
04070	Porciglione	Rallus aquaticus	0	0	14	0
04080	Voltolino	Porzana porzana	1	0	0	0
04210	Re di quaglie	Crex crex	0	0	1	0
04690	Corriere piccolo	Charadrius dubius	3	0	0	0
05190	Beccaccino	Gallinago gallinago	0	0	1	0
05290	Beccaccia	Scolopax rusticola	1	0	0	0
06700	Colombaccio	Columba palumbus	0	0	1	0
06870	Tortora selvatica	Streptopelia turtur	1	0	0	0
07240	Cuculo	Cuculus canorus	0	0	1	0
07390	Assiolo	Otus scops	2	0	0	0
07570	Civetta	Athene noctua	0	0	8	0
07780	Succiacapre	Caprimulgus europaeus	0	0	11	0
08310	Martín pescatore	Alcedo atthis	14	6	39	25
08400	Gruccione	Merops apiaster	0	0	7	0
08460	Upupa	Upupa epops	1	0	1	0
08480	Torcicollo	Jynx torquilla	15	1	13	2
08560	Picchio verde	Picus viridis	15	19	14	8
08760	Picchio rosso maggiore	Dendrocopos major	9	5	72	79
08870	Picchio rosso minore	Dendrocopos minor	0	0	2	0
09740	Tottavilla	Lullula arborea	1	0	1	0
09810	Topino	Riparia riparia	1	0	0	0
09920	Rondine	Hirundo rustica	56	1	22	0
10010	Balestruccio	Delichon urbicum	1	0	0	0
10090	Prispolone	Anthus trivialis	52	1	63	3
10110	Pispola	Anthus pratensis	22	3	5	0
10140	Spioncello	Anthus spinoletta	0	0	1	0
10190	Ballerina gialla	Motacilla cinerea	6	0	9	0
10200	Ballerina bianca	Motacilla alba	15	1	3	0
10660	Scricciolo	Troglodytes troglodytes	13	1	63	10
10840	Passera scopaiola	Prunella modularis	18	14	131	57
10990	Pettiroso	Erithacus rubecula	225	49	630	343
11040	Usignolo	Luscinia megarhynchos	22	12	54	41
11060	Pettazzurro	Luscinia svecica	6	2	2	0
11210	Codiroso spazzacamino	Phoenicurus ochrurus	8	1	7	0
11220	Codiroso comune	Phoenicurus phoenicurus	62	10	46	5
11370	Stiaccino	Saxicola rubetra	411	44	138	49
11390	Saltimpalo	Saxicola torquatus	27	17	39	4
11460	Culbianco	Oenanthe oenanthe	32	0	3	0
11870	Merlo	Turdus merula	36	29	112	35

segue

Codice Euring	Specie	Nome scientifico	Primavera		Autunno	
			Catture	Ricatture	Catture	Ricatture
11980	Cesena	Turdus pilaris	2	0	0	0
12000	Tordo bottaccio	Turdus philomelos	52	0	220	6
12010	Tordo sassello	Turdus iliacus	2	0	0	0
12360	Forapaglie macchiettato	Locustella naevia	18	1	28	3
12430	Forapaglie comune	Acrocephalus schoenobaenus	4	0	0	0
12500	Cannaiola verdo gnola	Acrocephalus palustris	3	1	5	0
12510	Cannaiola comune	Acrocephalus scirpaceus	32	0	52	4
12530	Cannareccione	Acrocephalus arundinaceus	5	1	0	0
12590	Canapino maggiore	Hippolais icterina	1	1	9	4
12600	Canapino comune	Hippolais polyglotta	15	1	0	0
12740	Bigiarella	Sylvia curruca	32	2	42	5
12750	Sterpazzola	Sylvia communis	89	14	21	4
12760	Beccafico	Sylvia borin	7	0	109	20
12770	Capinera	Sylvia atricapilla	283	48	440	47
13070	Lù bianco	Phylloscopus bonelli	0	0	1	0
13080	Lù verde	Phylloscopus sibilatrix	1	0	1	0
13110	Lù piccolo	Phylloscopus collybita	66	3	401	54
13120	Lù grosso	Phylloscopus trochilus	34	4	37	6
13140	Regolo	Regulus regulus	0	0	48	5
13150	Fiorencino	Regulus ignicapilla	0	0	5	0
13350	Pigliamosche	Muscicapa striata	2	0	11	1
13480	Balia dal collare	Ficedula albicollis	1	0	0	0
13490	Balia nera	Ficedula hypoleuca	17	0	103	3
14370	Codibugnolo	Aegithalos caudatus	41	33	265	84
14400	Cincia bigia	Poecile palustris	18	19	29	46
14610	Cincia mora	Periparus ater	0	0	3	0
14620	Cinciarella	Cyanistes caeruleus	6	23	102	40
14640	Cinciallegra	Parus major	45	61	144	92
14790	Picchio muratore	Sitta europaea	0	0	2	0
14870	Rampichino comune	Certhia brachydactyla	1	0	7	0
15080	Rigogolo	Oriolus oriolus	1	0	1	0
15150	Averla piccola	Lanius collurio	80	1	143	33
15200	Averla maggiore	Lanius excubitor	1	0	4	1
15390	Ghiandaia	Garrulus glandarius	11	5	35	3
15673	Cornacchia grigia	Corvus cornix	2	0	0	0
15820	Storno	Sturnus vulgaris	67	4	1	0
15980	Passera mattugia	Passer montanus	12	3	9	1
16360	Fringuello	Fringilla coelebs	24	1	81	2
16380	Peppola	Fringilla montifringilla	0	0	3	0
16490	Verdone	Carduelis chloris	5	0	13	1
16530	Cardellino	Carduelis carduelis	7	0	212	16
16600	Fanello	Carduelis cannabina	1	0	4	0
18580	Zigolo nero	Emberiza cirrus	0	2	3	1
18600	Zigolo muciatto	Emberiza cia	0	0	1	0
18660	Ortolano	Emberiza hortulana	0	0	1	0
18770	Migliarino di palude	Emberiza schoeniclus	18	0	75	3
		<b>Totale</b>	<b>2105</b>	<b>448</b>	<b>4200</b>	<b>1146</b>

Si evince dall'analisi dei risultati la grande biodiversità avifaunistica ospitata nell'area di studio durante i periodi migratori. In quattro anni sono stati catturati 6305 individui appartenenti a ben 92 specie, di cui 29 non appartenenti all'ordine dei Passeriformi.

Si tratta di specie caratteristiche di ambienti anche molto diversi tra loro: dalle praterie aride, ai cespuglieti, dai boschi maturi alle aree umide, fino al greto fluviale. Nella stazione "Dogana" sono stati registrati valori di biodiversità più elevati rispetto alle altre stazioni operanti lungo l'asse del Ticino (Calvi e Buvoli, 2007).

Un aspetto che merita una certa attenzione è l'elevato numero di catture di Averla piccola, specie migratrice su lunga distanza, tipica degli ambienti aperti e arbustivi. Questa specie è di notevole importanza in quanto inserita nell'Allegato I alla Direttiva 2009/147/CE.

La stazione ornitologica Dogana costituisce il centro di inanellamento presso il quale viene effet-



tuato il maggior numero di inanellamenti di Averla piccola (Figura 4.8) all'interno della regione ed occupa per questa specie un ruolo di primo piano anche a livello nazionale: dal 1982 al 2003 in tutto il Paese sono stati inanellati mediamente meno di 350 individui all'anno (Spina e Volponi, 2008b). Secondo questi dati, la stazione ornitologica Dogana contribuirebbe al totale alle catture nazionali con oltre il 10% del totale.

L'Averla piccola è una delle poche specie nidificanti in Europa che, nel corso della migrazione post-riproduttiva, attraversano l'area mediterranea seguendo la via orientale (coste balcaniche, Grecia, Turchia, Siria, Libano, Israele, Palestina ed Egitto). Altre specie che seguono questa direttrice secondaria sono ad esempio la Bigiarella, la Cannaiola verdognola, il Canapino maggiore ed alcune popolazioni di Capinera (Spina e Volponi, 2008b). In questo contesto la posizione della Stazione ornitologica Dogana è collocata strategicamente al crocevia di due direttrici migratorie: la prima, numericamente più importante è quella che porta gli individui provenienti dall'Europa continentale a raggiungere le coste dell'Africa nord-occidentale passando attraverso Francia e Spagna; la seconda, già descritta prevede invece l'attraversamento del Mediterraneo ad est. Come già affermato, la stazione ha operato inizialmente nell'ambito di un progetto Interreg. I dati raccolti nel biennio 2005-2006 e negli anni successivi sono stati utilizzati per studiare l'ecologia della sosta degli Uccelli migratori, in particolare i tassi di ingrassamento e la durata della sosta.

I dati raccolti tra il 2005 ed il 2008 sono stati oggetto di uno specifico lavoro di analisi che ha interessato la variazione di consistenza delle popolazioni migratrici, la fenologia della migrazione, i tassi di ingrassamento orari e giornalieri, la stima delle distanze potenziali di migrazione, le ricatture esterne e la durata della sosta (Calvi, 2008).

La presenza della stazione di inanellamento nell'area che è stata oggetto di interventi gestionali, permette inoltre di valutare con i dati raccolti gli effetti di tali interventi a breve termine, e si prefigge di valutarne anche quelli a medio e lungo termine.

Nell'immediato, com'era lecito aspettarsi, si è verificata una sensibile flessione sia nel numero di individui che in quello di specie catturati.

Ci si aspetta che col tempo e con l'evoluzione della vegetazione verso la situazione ottimale pianificata a tavolino, i valori di abbondanza e diversità tornino ad aumentare.

Dopo aver individuato nei primi anni 2000 l'effetto attrattivo delle luci dell'aeroporto di Malpensa sui Passeriformi migratori, nel 2008 si è deciso di effettuare una verifica di questo fenomeno.

Nel periodo intercorso tra i due studi sono stati realizzati interventi per la riduzione dell'inquinamento luminoso, soprattutto nei parcheggi adiacenti alle piste.

Sono inoltre state costruite nuove infrastrutture viarie, per cui la situazione dell'inquinamento luminoso nell'area ha subito cambiamenti sensibili rispetto al 2000. Con ricerche ad hoc, si è cercato quindi di capire se e in quale modo fosse variato l'effetto dell'inquinamento luminoso sui migratori notturni, utilizzando dati raccolti di routine nella stazione di inanellamento e raccogliendone di ulteriori. Come nel 2000 sono state effettuate sessioni di conteggio dei migratori attraverso il disco lunare in diverse posizioni cardinali rispetto all'aeroporto per verificare l'eventuale effetto barriera costituito dal sistema di illuminazione aeroportuale.

Sono inoltre stati ripresi gli esperimenti di orientamento dei migratori per valutare l'effetto attrattivo delle luci sul sistema di orientamento dei migratori (fototassia). I risultati di questa indagine sono riportati per esteso nel paragrafo 4.2.8.

Nell'autunno 2009 è stato effettuato uno studio preliminare di durata annuale su qualità e distribuzione spazio-temporale degli artropodi intesi come risorsa trofica per l'avifauna migratrice, anche in relazione agli interventi di gestione ambientale, avviati nell'ambito del progetto Interreg IIIA.



Figura 4.8. Maschio di Averla piccola catturato presso la stazione ornitologica Dogana di Vizzola Ticino. L'Averla piccola una specie tipica degli ambienti aperti e versa in uno stato di conservazione sfavorevole a livello continentale: per tale motivo essa è elencata nell'Allegato I alla Direttiva Uccelli, che comprende le specie per le quali sono previste misure speciali di conservazione per quanto riguarda l'habitat, al fine di garantire la sopravvivenza e la riproduzione di dette specie nella loro area di distribuzione (Foto di P. Bonazzi).

La disponibilità di risorse trofiche è uno dei parametri che, naturalmente, influenzano maggiormente l'efficacia della sosta ed è di fondamentale importanza conoscere la distribuzione di tali risorse ed il modo in cui queste influenzano il comportamento degli Uccelli migratori.

### **Progetto Interreg IIIA del Parco del Ticino**

#### **Azioni coordinate e congiunte lungo il fiume Ticino per il controllo a lungo termine della biodiversità**

Il Progetto è stato presentato nel 2004 da nove Enti tra Italia e Svizzera (Parco Lombardo della Valle del Ticino e Fondazione Bolle di Magadino – capifila – e Parco Naturale della Valle del Ticino Piemontese, Ente Parchi e Riserve Naturali del Lago Maggiore, WWF Svizzera italiana, Associazione FaunaViva, Associazione Ficedula, ProNatura Ticino, Ufficio per la Protezione della Natura e del Paesaggio del Canton Ticino).

L'obiettivo fondamentale del Progetto era lo sviluppo di un modello di gestione naturale che consentisse di conservare la ricca biodiversità dell'area intorno al fiume sia nelle aree naturalistiche di pregio sia – e soprattutto – nei territori ad uso agricolo e forestale. A tal fine sono state effettuate operazioni conoscitive, informative, pianificatorie, gestionali, di monitoraggio e di coordinamento.

Gli interventi più sostanziosi hanno riguardato il territorio italiano delle due sponde del Ticino. Si è trattato di interventi di tipo agro-forestale: creazione di elementi scenici lineari costituiti da specie arbustive-arboree fruttifere, di passaggio tra i campi e il bosco; creazione di piccoli frutteti, anche lineari, con sistemi di coltivazione alternativi a quelli tradizionali. Parallelamente sono state effettuate indagini faunistiche su Invertebrati (attraverso censimenti) e Uccelli migratori (tramite censimenti, catture e studi sull'alimentazione) per individuare specie o gruppi di specie indicatrici degli habitat oggetto di intervento, che fossero in grado, una volta monitorate, di fornire informazioni sulla riuscita delle opere messe in atto.

Uno degli scopi del progetto era infatti quello di coniugare lo sfruttamento agricolo del territorio con la tutela della biodiversità.

Gli Uccelli migratori costituiscono indubbiamente una delle componenti più importanti della biodiversità nell'area di studio.

Questo gruppo è dunque stato oggetto di studi approfonditi, in particolare per quanto riguarda l'interazione con gli ambienti naturali presenti nel Parco.

La stazione di inanellamento Dogana ha ospitato la maggior parte degli studi sull'alimentazione frugivora degli uccelli migratori; grazie a questi studi sono stati definiti i dettagli per impostare le azioni di miglioramento ambientale effettuate in alcune aree del Parco e quelle per le quali incentivare gli agricoltori.

Una parte rilevante e strategica del Progetto è consistita in azioni di divulgazione e sensibilizzazione del pubblico (conferenze, seminari, mostra fotografica, visite guidate, educazione ambientale presso le scuole e "Festa della Biodiversità"). Tutto l'iter del Progetto e i suoi risultati sono confluiti in una pubblicazione (A.A.V.V., 2007b)



*Grazie ai contributi erogati dal Parco nell'ambito del Progetto Interreg, molte aziende agricole hanno realizzato interventi a favore della biodiversità (Archivio fotografico Parco Lombardo della Valle del Ticino)*



*Il Saltimpalo è una delle specie individuate come indicatrici degli ambienti agricoli di buona qualità durante gli studi faunistici condotti nell'ambito del Progetto Interreg (Foto di P. Bonazzi)*

## 4.2. Aspetti della biologia dei migratori studiati nel corso degli anni

In questo paragrafo verranno affrontati tutti gli aspetti della migrazione trattati nel corso di dieci anni di studio, ed i cui risultati integrali sono stati riportati nei rapporti tecnici annuali sull'attività svolta.

Si tratta di questioni generali di ecologia della migrazione normalmente studiate con la routinaria attività di inanellamento, come ad esempio l'andamento numerico della migrazione nel corso della stagione e nel corso degli anni, ma anche di aspetti specifici con raccolte dati ed analisi ad hoc, come ad esempio i tassi di ingrassamento, la differenziazione su base biometrica delle popolazioni migratrici, il loro orientamento. Una menzione particolare merita lo studio dell'interazione tra l'aeroporto di Malpensa ed il sistema di migrazioni che attraversa il Parco: su questa tematica è stato fatto molto lavoro e sono stati individuati alcuni dei probabili meccanismi di impatto dell'aeroporto sulla migrazione degli Uccelli. La materia tuttavia è molto complessa e sarà importante proseguire gli studi per arrivare a conclusioni scientifiche sempre più robuste. Tutto il lavoro svolto e le informazioni raccolte in questi primi dieci anni di studio hanno contribuito ad incrementare il quadro conoscitivo della migrazione degli Uccelli nel parco, affinando e standardizzando al contempo le tecniche di raccolta ed elaborazione dei dati. Le informazioni raccolte sono da considerarsi una importante risorsa per la conservazione degli Uccelli migratori, poiché solo con la conoscenza della loro ecologia e con la disponibilità di una mole importante di dati è possibile valutare correttamente lo stato di salute delle popolazioni migratrici, nonché l'eventuale presenza di fattori di stress.

C'è da auspicarsi che l'intenso sforzo prodotto fino ad oggi possa trovare continuità in futuro, arrivando a standard qualitativi sempre più elevati per una reale ricaduta positiva sulla conservazione degli Uccelli migratori nel territorio del Parco.

### 4.2.1. Demografia delle popolazioni selvatiche

Una delle finalità dell'attività di studio della migrazione nel Parco del Ticino e, più in generale, di molti monitoraggi faunistici è la valutazione degli andamenti numerici delle popolazioni selvatiche. Per raggiungere tale obiettivo è necessario operare con continuità, su tempi lunghi e con metodi standardizzati, in modo da ridurre al minimo le sorgenti di errore nelle procedure di calcolo. Nel tempo, i monitoraggi ben condotti permettono di individuare eventuali cambiamenti nelle consistenze delle popolazioni migratrici, evidenziando così le specie in aumento e quelle in diminuzione, quindi prioritarie per la conservazione. L'attività di inanellamento nel Parco del Ticino ha ormai raggiunto i dieci anni: all'interno di questo periodo sono tuttavia stati registrati alcuni spostamenti della località di cattura. Ciò ha impedito di mantenere condizioni standardizzate per tutto il periodo di lavoro.

Le serie di dati più lunghe disponibili nella stessa località sono di quattro o cinque anni: la prima serie è quella raccolta nella riserva de la Fagiana in località Sabbie Bianche tra il 2003 ed il 2006. La seconda è quella raccolta nella stazione "Dogana" a Vizzola Ticino, tra il 2005 ed il 2009; riguardo a questa seconda serie di dati va sottolineato che l'ambiente nel quale sono state disposte le reti è stato oggetto di un importante intervento gestionale nell'ambito del progetto Interreg: tale intervento ha modificato profondamente la struttura della vegetazione nell'area di studio. I dati raccolti in questi anni in quell'area non sono quindi da considerare come rappresentativi di una dinamica generale delle popolazioni migratrici, quanto piuttosto indicativi dell'evoluzione della comunità ornitica locale conseguente a quella della vegetazione.

I dati raccolti a La Fagiana tra il 2003 ed il 2006 furono utilizzati per valutare eventuali variazioni delle consistenze numeriche dei migratori in sosta. Furono prese in considerazione le catture effettuate in entrambe le stagioni degli anni di attività in condizioni standard. Si utilizzarono cioè le catture effettuate nelle stesse fasce orarie (dall'alba fino alle ore 12 solari), negli stessi periodi (dal 27 marzo al 30 aprile e dal 29 agosto al 1 novembre) e nelle stesse reti (quelle rimaste operative per tutto il periodo).

Due sole specie subirono variazioni statisticamente significative del numero di individui in primavera: Luì piccolo e Luì grosso (Figura 4.9). In entrambi i casi non si trattava di un trend lineare ma, piuttosto, di consistenti oscillazioni del numero di individui catturati. Per il Luì piccolo il 2004 è stato un anno di catture insolitamente elevate, mentre per il Luì grosso le catture sono state ad anni alterni scarse (2003 e 2005) o abbondanti (2004 e 2006).

Una situazione più dinamica fu riscontrata invece per la stagione autunnale, quando il maggior contributo al numero di catture è dato solitamente da individui giovani nati nella stagione ripro-

duttiva appena conclusa. La produttività media delle popolazioni, intesa come numero di giovani involati per coppia riproduttiva, è uno dei parametri che influisce maggiormente sulle consistenze delle popolazioni migratrici. Anche in autunno si assistette per lo più a oscillazioni del numero delle catture (Figura 4.9), evidenti soprattutto per Scricciolo, Regolo e Balia nera. Per due specie tuttavia si evidenziò un trend lineare negativo. La Capinera mostrò una diminuzione delle catture del 69,2%. Allo stesso modo per il Lui grosso si verificò una continua diminuzione del numero di catture standard, più marcata negli ultimi due anni.

Anche per la stazione ornitologica Dogana sono stati valutati gli andamenti delle catture negli anni. Come già detto, in questa stazione la vegetazione prospiciente l'impianto ha subito profonde modifiche in seguito ad un intervento di miglioramento ambientale che, inevitabilmente, ha portato alla temporanea diminuzione del numero di catture.

Poiché i periodi di apertura e chiusura hanno subito alcune modifiche nel corso degli anni, per valutare l'andamento dell'abbondanza dell'avifauna nell'area, sono state considerate solo le catture effettuate nei periodi monitorati in tutti gli anni di attività, ovvero dal 1 aprile al 5 maggio per quanto riguarda la migrazione primaverile e dal 29 agosto al 28 ottobre per la migrazione autunnale.

Durante il periodo successivo agli interventi sulla vegetazione (2007-2009), è stato registrato in entrambe le stagioni migratorie un numero di catture mediamente inferiore a quello del biennio precedente (2005-2006). Nel 2009 il numero delle catture è stato inferiore del 50% rispetto a quello registrato nel primo anno di attività, sia nella stagione primaverile che in quella autunnale. I risultati della migrazione pre-riproduttiva hanno avuto un andamento più altalenante, mentre durante il passo post-riproduttivo la diminuzione delle catture è sembrata costante (Figura 4.10): in autunno quasi tutte le specie migratrici hanno mostrato un regolare decremento nel numero delle catture. Questo risultato potrebbe essere dovuto a diversi fattori, difficili da individuare con

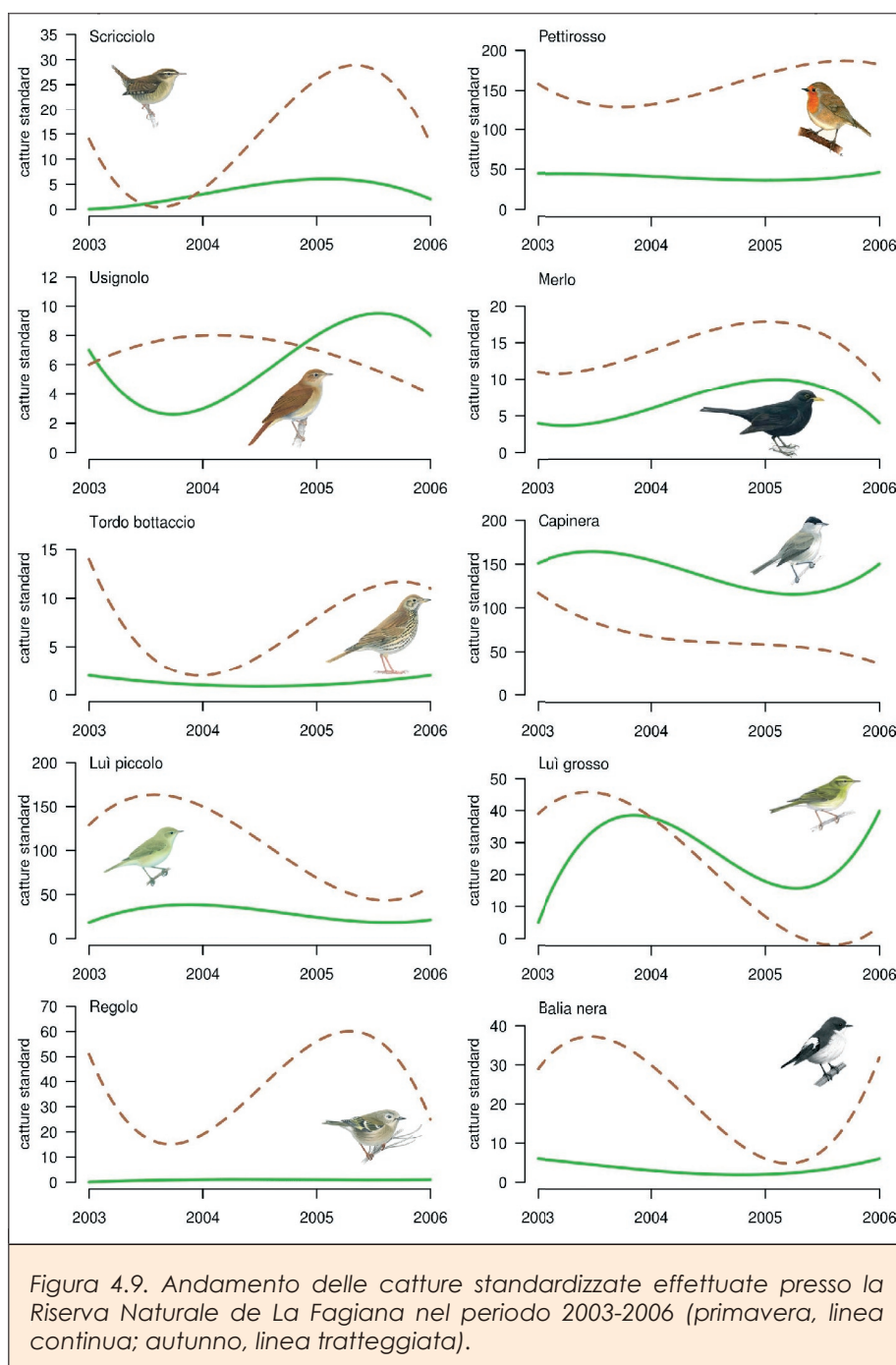


Figura 4.9. Andamento delle catture standardizzate effettuate presso la Riserva Naturale de La Fagiana nel periodo 2003-2006 (primavera, linea continua; autunno, linea tratteggiata).

certezza allo stato attuale. Da un lato esso potrebbe rappresentare un reale decremento quantitativo dei migratori nell'area del Ticino; d'altro canto hanno sicuramente influito su tale risultato le operazioni gestionali condotte nell'area di studio nell'ambito del Progetto Interreg IIIA che hanno temporaneamente compromesso la qualità dell'area come sito di sosta e ricovero per gli Uccelli migratori. Solo monitorando l'evoluzione della situazione in relazione all'asestamento della vegetazione e confrontando i dati raccolti nel Parco con quelli di altri centri di cattura adiacenti si potranno individuare le cause reali delle dinamiche osservate.

#### 4.2.2. Fenologia della migrazione

Uno dei parametri più importanti del fenomeno migratorio consiste nella sua scansione temporale. Dal punto di vista numerico la migrazione assume solitamente il tipico andamento a campana con un graduale incremento del numero di migratori in transito fino al raggiungimento del picco migratorio, dopo il quale, la migrazione cala di intensità, fino a cessare (Figura 4.11).

La migrazione tuttavia non procede sempre regolarmente e, soprattutto, può subire negli anni marcate variazioni temporali dovute a diversi fattori. Uno di questi, recentemente sotto osservazione da parte degli ornitologi, è costituito dalle condizioni climatiche, che hanno portato a evidenti cambiamenti nella fenologia della migrazione di molte specie di Uccelli (Møller et al., 2004).

Anche per valutare correttamente i cambiamenti fenologici è importante procedere con metodologie standardizzate e, soprattutto, su tempi lunghi, incrementando regolarmente la dimensione del campione di dati a disposizione.

Dal punto di vista fenologico nel corso delle stagioni migratorie si assiste in primavera ad una successione nella composizione delle catture generata dal passaggio nell'area di studio dei migratori precoci prima, di quelli tardivi poi; in

autunno si assiste invece alla situazione opposta (Figura 4.12 e Figura 4.13).

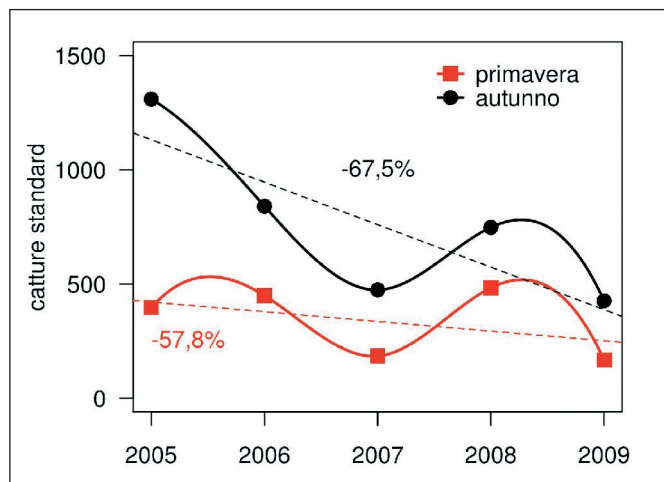


Figura 4.10. Andamento delle catture standardizzate primaverili e autunnali nella stazione ornitologica Dogana. Le linee tratteggiate rappresentano le tendenze lineari delle catture nelle due stagioni.

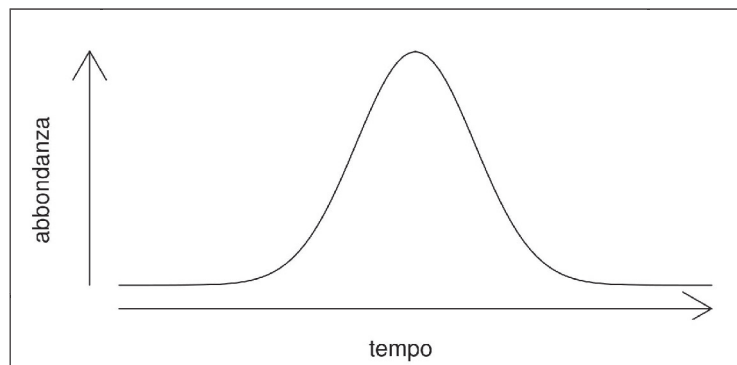


Figura 4.11 Modello teorico di andamento temporale della migrazione nel corso di una stagione.

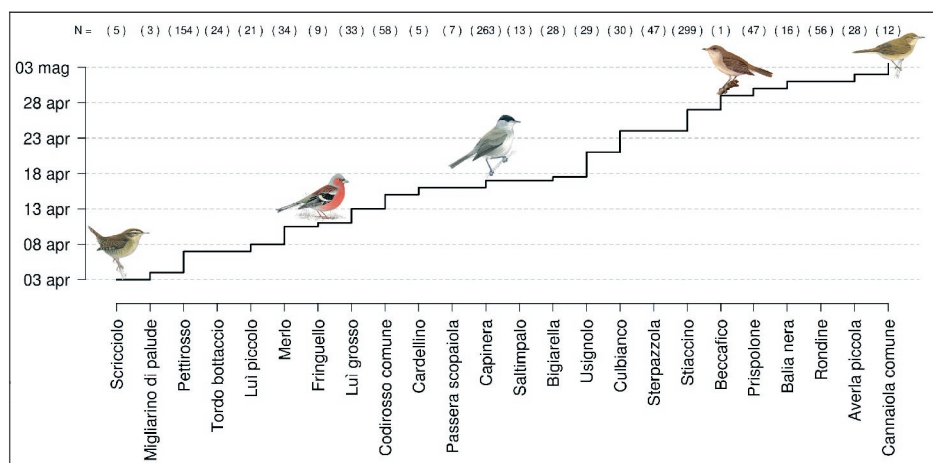


Figura 4.12 Rappresentazione dei tempi di migrazione pre-riproduttiva secondo i risultati delle catture effettuate in Dogana nell'intervallo 1 aprile - 5 maggio.

Dal punto di vista della fenologia si possono individuare due macrocategorie, in base alle distanze di migrazione percorse. I migratori su lunga distanza o trans-sahariani, che nidificano in Europa e svernano in Africa a sud del Sahara e i migratori su breve-media distanza o intrapaleartici, che svernano invece nel bacino del Mediterraneo. I migratori trans-sahariani sono gli ultimi a giungere negli areali di nidificazione in primavera ed i primi a ripartire a fine estate o all'inizio dell'autunno.

Essi hanno quindi un periodo di nidificazione piuttosto breve e passano una buona parte del loro ciclo vitale in migrazione. I migratori intrapaleartici invece sono i primi ad arrivare negli areali di nidificazione in primavera e gli ultimi a lasciarli in autunno. La fenologia di questi due gruppi è ben distinguibile raggruppando le catture delle specie ad essi appartenenti (Figura 4.14).

Come già accennato in precedenza, molte specie stanno subendo cambiamenti nei tempi di migrazione che portano in alcuni casi a conseguenze ecologiche negative per la persistenza delle popolazioni migratrici (Both et al., 2006). È quindi importante tenere sotto osservazione questo fenomeno monitorando costantemente la migrazione.

I dati raccolti nel Parco del Ticino sono utilizzati annualmente per produrre, per le singole specie migratrici, rappresentazioni della fenologia della migrazione nel Parco. Nel corso degli anni di attività sono state osservate diverse variazioni nei tempi di passaggio delle specie migratrici, riconducibili però a normali oscillazioni interannuali (si veda ad esempio Figura 4.15). Ad oggi non sono state evidenziate tendenze ben definite verso un anticipo o un posticipo del passaggio. La raccolta prolungata di dati permette-

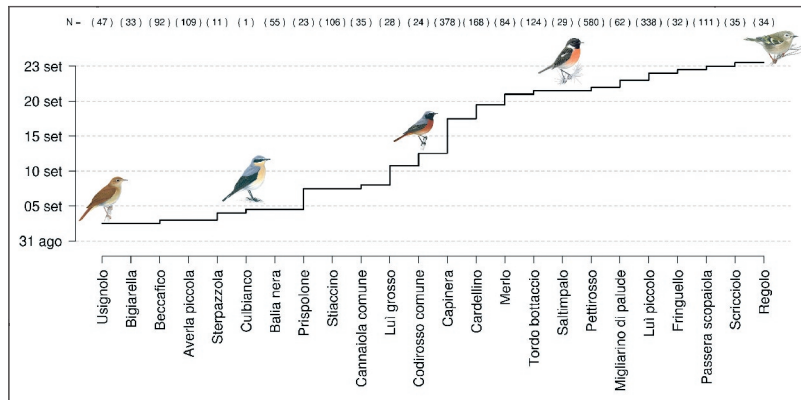


Figura 4.13 Rappresentazione dei tempi di migrazione post-riproduttiva secondo i risultati delle catture effettuate in Dogana nell'intervallo 29 agosto - 27 ottobre.

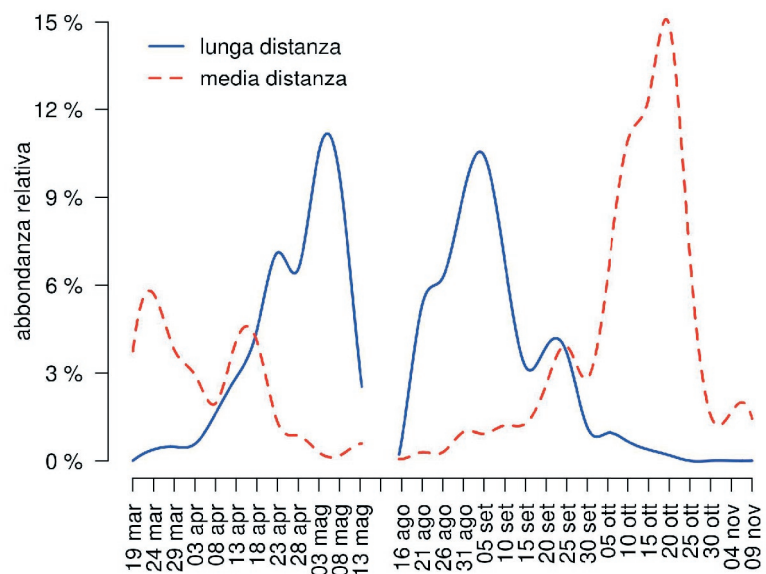


Figura 4.14 Andamento delle catture nel corso delle due migrazioni per i migratori su media o lunga distanza catturati presso la stazione ornitologica Dogana nel biennio 2005-2006.

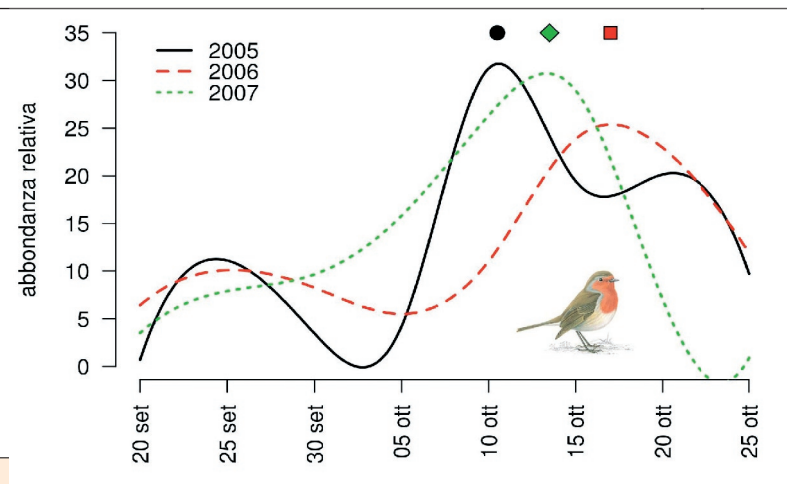


Figura 4.15 Andamento delle catture di Pettiroso nella stazione ornitologica Dogana dal 2005 al 2007; per ogni anno di attività è evidenziata la collocazione temporale del picco di catture.

rà di individuare tali tendenze qualora dovessero verificarsi in futuro.

Differenze significative nei tempi di passaggio non esistono solo tra specie differenti, ma anche all'interno della stessa specie. Non tutti gli individui infatti migrano allo stesso modo e con gli stessi tempi: esiste cioè un fenomeno di migrazione differenziale. Si parla di migrazione differenziale quando varie classi di individui (per esempio maschi-femmine, giovani-adulti) mostrano delle differenze nel periodo e nella lunghezza dei movimenti migratori. Il fenomeno, recentemente oggetto di numerosi studi (Kokko, 1999; Forstmeier, 2002; Rubolini et al., 2004; Mills, 2005; Kokko et al., 2006), è stato indagato con i dati di inanellamento raccolti all'interno del Parco negli anni 2005-2009.

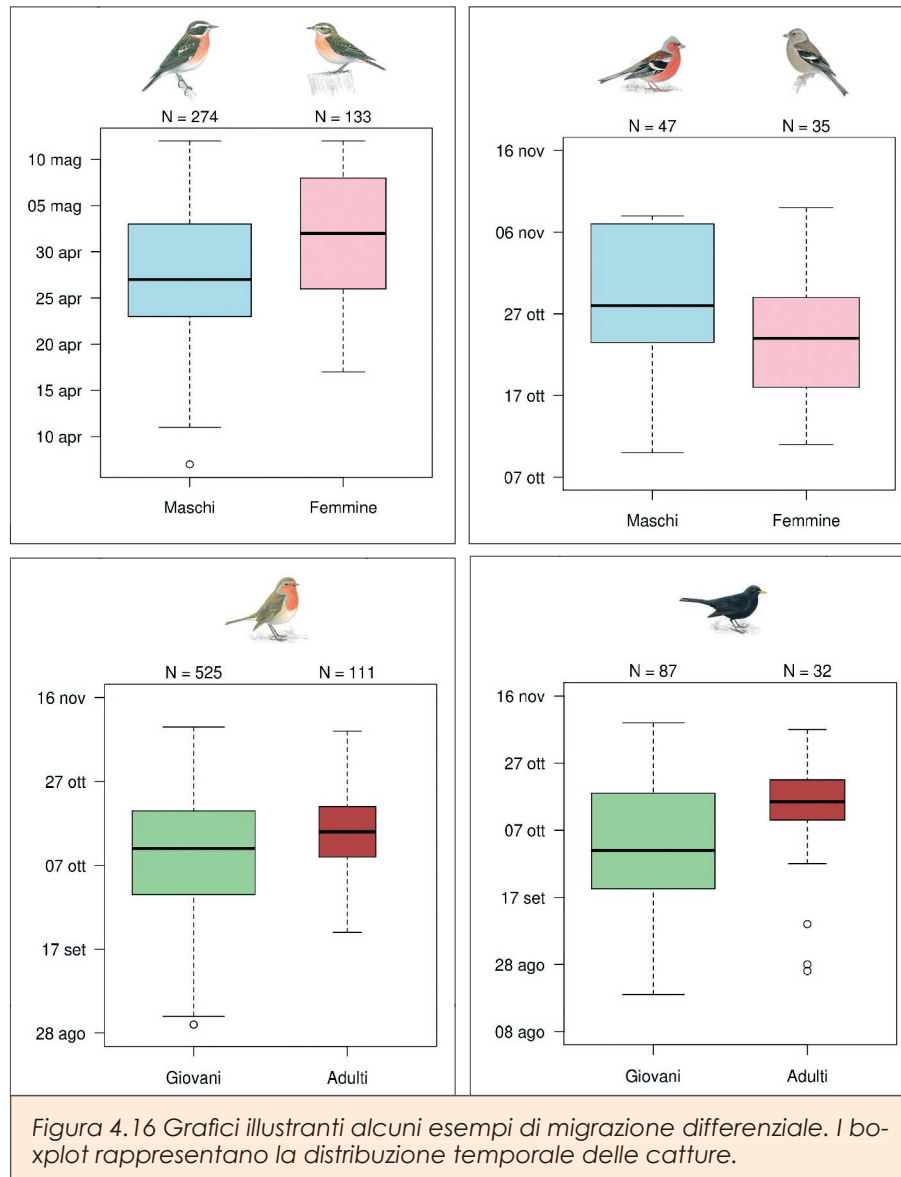


Figura 4.16 Grafici illustranti alcuni esempi di migrazione differenziale. I box-plot rappresentano la distribuzione temporale delle catture.

Per valutare l'esistenza di un passaggio differenziale dei migratori appartenenti alla stessa specie, quando possibile, è stata analizzata separatamente la fenologia per classi omogenee di individui (sesso ed età), prendendo in considerazione solo i dati relativi all'inanellamento di ogni individuo ed eliminando quelli relativi alle ricatture. Il confronto tra gruppi distinti per sesso ed età è stato effettuato con il test U di Mann-Whitney ed i risultati di questa analisi sono riportati in Tabella 4.6 e Tabella 4.7.

In primavera una sola delle specie indagate, ovvero lo Stacciaccio, ha mostrato un passaggio differenziale tra i due sessi (Tabella 4.6 e Figura 4.16 in alto a sinistra). I maschi, coerentemente con quanto noto in bibliografia, passano mediamente prima delle femmine: la data mediana di passaggio è anticipata di quattro giorni. Nello

Stacciaccio esistono differenze cromatiche abbastanza marcate nei due sessi: in uno studio su 21 specie di migratori trans-sahariani alcuni autori hanno dimostrato che le differenze cromatiche nei due sessi (dicromatismo sessuale) sono positivamente correlate al grado di protandria, ovvero al passaggio anticipato dei maschi rispetto alle femmine.

Questo risultato ha supportato così l'ipotesi di un meccanismo di selezione sessuale alla base dell'evoluzione della protandria (Rubolini et al., 2004).

Il passaggio differenziale di maschi e femmine da luogo ad una variazione del rapporto numerico tra i due sessi (sex-ratio) nelle aree di sosta. Con il passaggio anticipato dei maschi si dovrebbe assistere ad un progressivo incremento del rapporto tra individui di sesso femminile e sesso maschile: tale incremento è facilmente dimostrabile suddividendo i dati raccolti in base alla data di passaggio ed al sesso degli individui (Figura 4.17).

Tabella 4.6. Risultati dei test U di Mann-Whitney effettuati per verificare l'ipotesi di migrazione differenziale tra migratori di sesso diverso catturati nella stazione "Dogana" dal 2005 al 2009. Sono riportati i soli test statisticamente significativi.

Stagione	Specie	Maschi		Femmine		Test	
		N	Data	N	Data	W	P
Primavera	Stiaccino	253	28_apr	114	02_mag	10997,5	0,000
Autunno	Fringuello	47	28_ott	35	24_ott	1052	0,031
	Cardellino	28	11-12_ott	34	01_ott	640,5	0,020

Tabella 4.7. Risultati dei test U di Mann-Whitney per verificare l'ipotesi di migrazione differenziale tra migratori di età differente catturati nella stazione "Dogana" dal 2005 al 2009. Sono riportati i soli test statisticamente significativi.

Stagione	Specie	Maschi		Femmine		Test	
		N	Data	N	Data	W	P
Primavera	Stiaccino	253	28_apr	114	02_mag	10997,5	0,000
Autunno	Pettirosso	525	11_ott	111	15_ott	22994,5	0,000
	Merlo	87	01_ott	32	15-16_ott	899,5	0,003
	Capinera	394	01-02_ott	24	05-06_ott	3561,5	0,042
	Lui piccolo	288	17_ott	64	20-21_ott	6926	0,002

In autunno le specie che mostrano un passaggio differenziale nei due sessi sono due, ovvero Fringuello e Cardellino (Tabella 4.6). In entrambe le specie, le femmine migrano mediamente prima rispetto ai maschi: nel Fringuello la data mediana di passaggio delle femmine precede di 4 giorni quella dei maschi (Figura 4.16 in alto a destra), mentre nel cardellino la differenza nella data mediana di passaggio è addirittura superiore a 10 giorni. La protoginia, ovvero la migrazione anticipata delle femmine in autunno, sebbene presente in alcune specie, è meno universale ed evidente rispetto alla protandria primaverile (Mills, 2005).

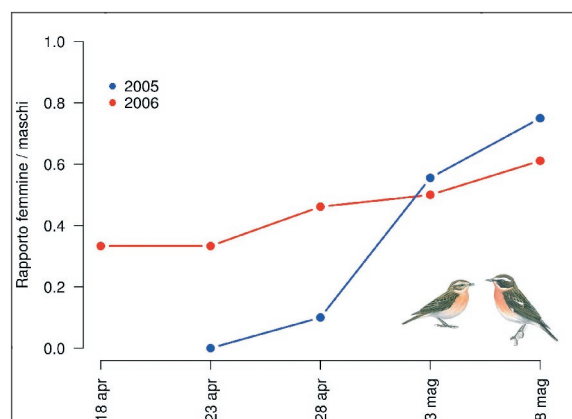


Figura 4.17 Andamento del rapporto numerico tra femmine e maschi di Stiaccino catturati nella stazione ornitologica Dogana nelle primavere 2005 e 2006. Si noti l'incremento di tale rapporto nel corso della stagione migratoria.

Nelle specie protoginiche i maschi cercano di ottenere benefici prolungando la permanenza negli areali riproduttivi e proteggendo i territori per gli anni successivi: questi vantaggi devono in qualche modo compensare il costo che ha il fatto di rimanere a latitudini elevate in condizioni via via peggiori, ritardando inoltre l'acquisizione di un buon territorio nelle aree di svernamento.

Per quanto riguarda la migrazione differenziale in base all'età, per nessuna delle specie indagate sono emerse differenze significative nel passaggio primaverile di giovani e adulti.

Sono invece quattro le specie per le quali le analisi hanno dato risultati significativi nella stagione autunnale: Pettirosso, Merlo, Capinera e Lui piccolo (Tabella 4.7). Si tratta di migratori notturni su media distanza per i quali la data mediana di passaggio dei giovani precede quella degli

adulti. Le differenze nelle date mediane di passaggio di giovani e adulti vanno dai 3-4 giorni di Lui piccolo e Pettirosso (Figura 4.16 in basso a sinistra) alle due settimane del Merlo (Figura 4.16 in basso a destra). Alla data differenziale di passaggio durante la migrazione post-riproduttiva, corrisponde in molti casi una segregazione spaziale degli areali di svernamento, fenomeno per la cui spiegazione sono state proposte diverse ipotesi. I giovani tenderebbero a migrare prima e più lontano sia per diminuire la competizione intraspecifica durante la migrazione e negli areali di svernamento, sia perché non in grado di tollerare condizioni ambientali sfavorevoli al pari degli adulti.



### 4.2.3. Direzioni di migrazione

Come illustrato nel primo capitolo gli Uccelli danno dimostrazione di notevoli facoltà di orientamento nello spazio, sia durante il viaggio migratorio sia durante gli spostamenti quotidiani.

Lo studio dell'orientamento degli Uccelli migratori ha sfruttato un loro comportamento caratteristico detto "inquietudine migratoria", ovvero l'impulso a migrare. L'inquietudine migratoria si manifesta con uno stato di agitazione ed un incremento di attività la cui intensità e direzione possono essere quantificate con esperimenti in gabbie di orientamento: in molti casi l'intensità e la direzione dell'"inquietudine migratoria" corrispondono alla distanza ed alla direzione di migrazione (cfr. Par. 3.4.).

Lo stesso principio è stato utilizzato per valutare le direzioni di migrazione degli Uccelli in transito attraverso il Parco del Ticino. Tale attività è stata condotta regolarmente nel corso dei primi anni di attività di cattura e inanellamento, presso le stazioni ornitologiche di Brughiera Dosso e de La Fagiana.

La stessa metodologia è stata anche utilizzata nell'ambito del progetto volto a valutare l'impatto del sistema aeroportuale di Malpensa sulla migrazione degli Uccelli nel Parco del Ticino.

Nella stagione primaverile del 2000 sono stati effettuati a Brughiera Dosso 206 esperimenti su 9 specie, mentre in autunno gli esperimenti eseguiti sono stati 181 su 12 specie selezionate.

Considerando nelle analisi solo gli individui che avevano esercitato una effettiva preferenza nella scelta della direzione di spostamento, sono stati prodotti grafici di tipo "radar" nei quali la distanza dall'origine nelle otto direttrici principali corrispondeva al numero di individui significativamente orientati in quelle direzioni.

In questo modo sono state delineate con maggiore precisione le direzioni preferenziali di migrazione delle specie maggiormente catturate nell'area di studio, ovvero la parte settentrionale del Parco del Ticino (Fornasari et al., 2003).

I risultati dei test di orientamento per le specie maggiormente catturate sono riportati in Figura 4.18. In primavera si è osservato un orientamento generale verso nord per Pettiroso e Luì piccolo. Le capinere si sono comportate in maniera differente, mostrando un orientamento preferenziale verso ovest e nord-ovest; solo una piccola porzione del campione è risultata orientata verso nord-est. Questo risultato potrebbe indicare la sovrapposizione nell'area di studio di popolazioni di origine geografica differente. È nota infatti per la Capinera l'esistenza di due differenti direttrici migratorie che passano ai due lati del bacino del Mediterraneo (Helbig et al., 1989).

In autunno l'orientamento generale dei migratori è risultato essere verso sud, con l'eccezione di alcuni individui di Luì piccolo, diretti verso nord-ovest; per questi ultimi si può ipotizzare la presenza nella popolazione studiata di una componente destinata a svernare nella pianura padana e quindi passibile di piccoli spostamenti locali non in linea con la direzione migratoria prevalente nel periodo autunnale.

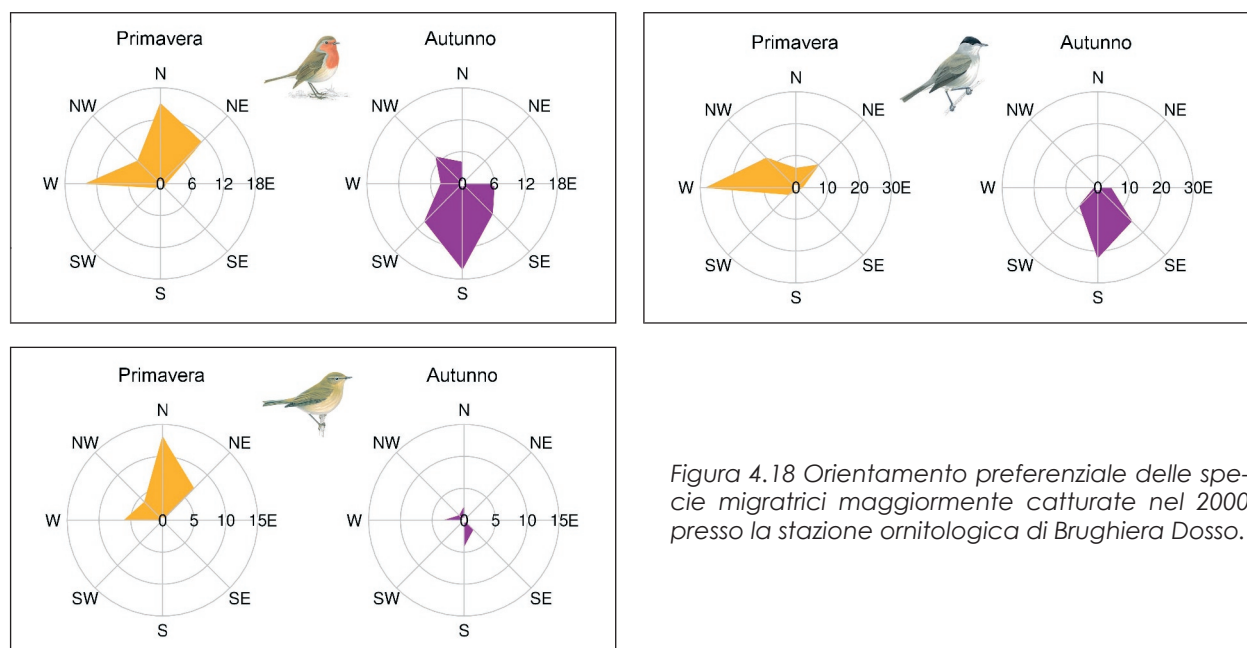


Figura 4.18 Orientamento preferenziale delle specie migratrici maggiormente catturate nel 2000 presso la stazione ornitologica di Brughiera Dosso.

#### 4.2.4. Individuazione delle popolazioni migratrici su base biometrica

La diversità biologica è il risultato dell'evoluzione, ed ogni sforzo per comprendere meglio questo fenomeno deve assolutamente tener conto delle fondamentali relazioni tra morfologia ed ecologia.

L'ecomorfologia si occupa principalmente di studiare la relazione esistente tra la struttura di un organismo e le sue conseguenze ecologiche ed evolvuzionistiche, come la fitness, ovvero il suo successo riproduttivo ed in generale il suo grado di adattamento. L'aspetto principale dell'ecomorfologia focalizza come la performance di un organismo sia un collegamento cruciale tra il suo fenotipo e la sua ecologia.

Come illustrato precedentemente, il fenomeno della migrazione può influenzare i tratti morfologici e fisiologici delle specie.

Dal punto di vista dell'apparato alare, in generale, negli Uccelli che possiedono ali arrotondate (e spesso contemporaneamente, una coda lunga e gambe corte e forti), è ben sviluppata la manovrabilità: queste specie (o popolazioni) si sono ben adattate in habitat affollati e competitivi che frequentano per tutto l'anno o dai quali si spostano con tragitti migratori medio-brevi (ad esempio le cince).

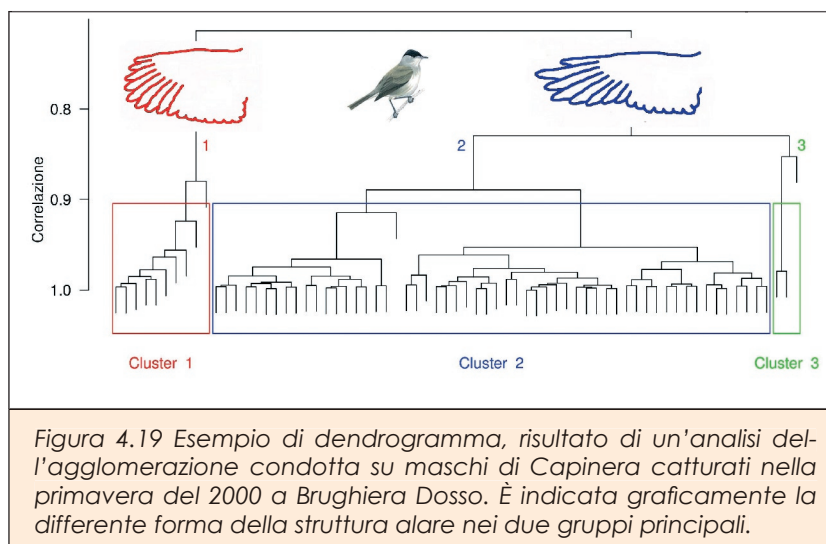
D'altro canto per quanto riguarda i migratori su lunghe distanze come ad esempio alcuni Silvidi e Muscicapidi, si può affermare che più gli Uccelli migrano lontano, maggiormente è sviluppato lo scheletro delle ali e sono piccole le zampe. Inoltre, questo tipo di migratori preferisce alimentarsi sia nella parte superiore degli alberi che in volo; di conseguenza, occupando habitat che contengono risorse abbondanti ma sporadicamente disponibili e spaziate, questi Uccelli devono usare il volo anche per mantenere e difendere territori sicuramente più vasti rispetto a quelli riscontrabili per i residenti.

Da quanto esposto si può capire quale sia l'importanza dell'ecomorfologia nello studio delle fondamentali correlazioni tra l'ecologia e le caratteristiche morfologiche di individui, popolazioni o specie differenti. Una questione importante ma ancora non completamente risolta nello studio della migrazione degli Uccelli consiste nell'individuazione della provenienza geografica dei migratori e, più in generale della connettività, ovvero del legame tra le aree di nidificazione e quelle di svernamento. Come si compone il campione di individui che transitano da una determinata area? Si tratta di un'unica popolazione o di più popolazioni con origini e destinazioni differenti? Esistono molti modi per individuare differenti popolazioni o perlomeno gruppi omogenei di individui all'interno di un dato campione: metodi biometrici, genetici o addirittura basati su isotopi (Webster et al., 2002). Una volta caratterizzata una data popolazione, la disponibilità di dati di confronto in diverse aree geografiche può favorire l'individuazione della provenienza di tali popolazioni.

Per valutare l'esistenza di gruppi di individui differenti all'interno del campione di soggetti catturati nel Parco del Ticino è stato realizzato nei primi anni del 2000 uno studio basato su parametri biometrici riguardanti la morfologia alare, carattere, come visto in precedenza, molto sensibile a variazioni nella strategia migratoria.

Per molti degli individui catturati sono state raccolte misure specifiche quali la lunghezza di tutte le penne remiganti primarie funzionali del volo (cfr. Par. 3.1.2.). I dati così raccolti sono stati analizzati al fine di identificare insiemi macroscopici con caratteristiche morfologiche comuni.

La tecnica statistica utilizzata per questo scopo è stata l'analisi dell'agglomerazione (*cluster analysis*), condotta separatamente per i periodi primaverile ed autunnale. Con la *cluster analysis*



è stato possibile costruire dendrogrammi (Figura 4.19), ovvero schemi delle relazioni di similitudine tra i diversi individui, sulla base dei quali sono stati scelti i gruppi correlati in modo più significativo.

Una volta individuati i gruppi omogenei di individui gli stessi venivano confrontati sulla base delle loro caratteristiche morfologiche (Figura 4.20) e fisiologiche, della loro fenologia migratoria e, in alcuni casi, delle loro direzioni di orientamento.

L'analisi volta ad individuare le differenti popolazioni in transito è stata effettuata sulle tre specie migratrici maggiormente catturate nel Parco: Pettiroso, Capinera e Lui piccolo.

I dati relativi alla Capinera sono stati raccolti nel 2000, in primavera a Brughiera Dosso e in autunno, sia a Brughiera Dosso, che presso La Fagiana. La Capinera presenta dimorfismo sessuale ed il sesso influenza in modo evidente le misure biometriche: per tale motivo l'analisi è stata compiuta separatamente su entrambi i sessi, divisi per stagione di cattura.

Il campione primaverile è costituito da 69 maschi e 61 femmine, quello autunnale da 58 maschi e 50 femmine.

Grazie alle analisi sopra descritte è stato possibile determinare gruppi di individui morfologicamente differenti sia tra i maschi che tra le femmine, in entrambe le stagioni di migrazione. Sono stati distinti due grandi gruppi di individui: al primo appartenevano animali con ala più lunga ed appuntita, che mostravano una tendenza a migrare principalmente verso Nord-Ovest in primavera e verso Sud in autunno; al secondo, meno numeroso, appartenevano individui con ala più corta ed arrotondata, che migravano principalmente verso Sud-Sud-Est in autunno (Figura 4.21).

Le direzioni migratorie prese dagli Uccelli di sessi e gruppi morfologici differenti sembrano suggerire una diversificazione dei quartieri di svernamento tra popolazioni di diversa provenienza, ma anche tra soggetti di sesso diverso appartenenti alla stessa popolazione.

Nel caso del Lui piccolo sono stati analizzati i dati raccolti a La Fagiana negli anni 2000 e 2001. Le misure delle singole remiganti, sia nella stagione primaverile sia in quella autunnale, permettono di disegnare un "profilo alare" analogo per le due stagioni, senza particolari differenze dovute a possibili effetti di abrasione su piumaggi di età diversa o presenza di popolazioni differenti.

L'ala piuttosto arrotondata indica con tutta probabilità che le popolazioni in transito attraverso il Parco del Ticino adottano una strategia di migrazione "a media distanza", a differenza di altre come ad esempio quelle appartenenti alla sottospecie *ibericus* (Catry et al. 2005), che svernano invece nell'Africa occidentale.

L'analisi dell'agglomerazione suggerisce un'elevata omogeneità nel profilo alare: i livelli minimi di correlazione sono infatti superiori a 0,95. Pur ad un livello di correlazione così elevato, l'albero di agglomerazione si struttura in due gruppi ben distinti in cui si riconoscono un insieme di individui con ala più lunga degli altri.

I due gruppi si differenziano in modo statisticamente significativo, oltre che per la lunghezza dell'ala, per il peso ( $p < 0,05$ ).

Le differenze che si riscontrano tra gli individui appartenenti ai due gruppi, non possono essere

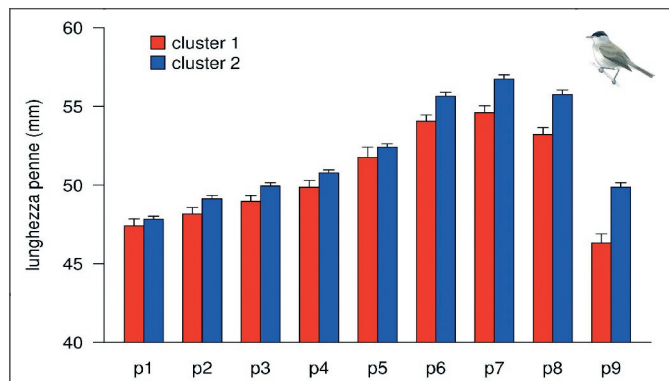


Figura 4.20 Comparazione della morfologia alare (lunghezza delle penne remiganti primarie) in due gruppi di maschi di capinera catturati nella primavera del 2000 a Brughiera Dosso. È evidente come gli individui appartenenti al cluster 2 avessero ali mediamente più lunghe e appuntite.

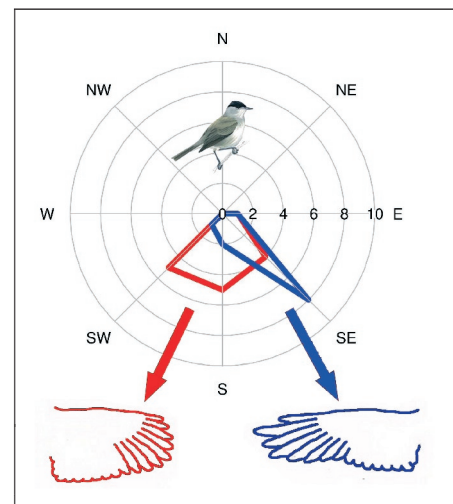


Figura 4.21 Comparazione tra le direzioni di migrazione di due gruppi di capinere di sesso maschile catturate nell'autunno del 2000. È evidente la differenza nell'orientamento medio dei due gruppi di individui, probabilmente appartenenti a differenti popolazioni.

attribuite né a differenze di età, poiché in entrambi si riscontra lo stesso numero di giovani e di adulti, né, probabilmente, a differenze di sesso perché il rapporto tra i due gruppi si discosta molto da una proporzione di 1:1 che ci si potrebbe in tal caso attendere. I due gruppi considerati hanno un profilo alare molto simile, anche se gli individui collocati dalle analisi nel *cluster 1* hanno tutte le penne remiganti significativamente più lunghe rispetto a quelli collocati nel *cluster 2*.

Per il Pettrosso infine sono stati analizzati i dati raccolti nel 2000 nelle due stagioni migratorie a Brughiera Dosso. Sui campioni di entrambe le stagioni le analisi di agglomerazione hanno permesso di individuare due "macro-gruppi" di individui caratterizzati da differenze nella morfologia alare, in particolare nel tratto distale dell'ala e probabilmente da ricondurre a differenti popolazioni in transito attraverso il Parco. Gli individui appartenenti al primo gruppo possedevano ali più lunghe. Durante gli esperimenti di orientamento, il primo gruppo ha mostrato in primavera una direzione preferenziale verso nord, con una componente minore verso nord-ovest; in autunno invece la direzione preferenziale è stata sud-sud-ovest. Gli individui del secondo gruppo, con ali di dimensioni minori,

si sono orientati in primavera prevalentemente verso nord, in autunno verso sud e sud-est. È quindi del tutto probabile che, anche per questa specie, i contingenti migratori in transito nel Parco siano costituiti da popolazioni con origini differenti.

In questo campo di ricerca, ovvero nell'identificazione delle popolazioni migratrici, c'è ancora molto lavoro da fare ed i progressi tecnologici attualmente in fase di sviluppo aiuteranno sicuramente ad accelerare il processo di apprendimento di informazioni fondamentali per la conoscenza e conservazione delle specie migratrici.

#### 4.2.5. Ecologia della sosta migratoria – tassi di ingrassamento

Con i dati raccolti durante la normale *routine* di inanellamento è possibile analizzare uno dei parametri più importanti nell'ecologia della sosta degli Uccelli migratori: il tasso di ingrassamento.

L'analisi dei tassi di ingrassamento può essere effettuata principalmente secondo due modalità, considerando cioè il tasso di ingrassamento orario e quello giornaliero. È noto che il *pattern* di accumulo delle riserve adipose preveda un andamento a "scalini" con ingrassamenti giornalieri seguiti da perdite di peso nel corso delle ore notturne, quando parte delle riserve accumulate sono disperse per la termoregolazione (Figura 4.22).

Lo studio dell'efficacia della sosta ha sempre costituito uno degli obiettivi principali dell'attività di studio effettuata presso le stazioni ornitologiche del Parco. L'analisi dei tassi di ingrassamento è quindi stata effettuata regolarmente nel corso delle stagioni migratorie.

Tra i due tipi di parametro, tasso di ingrassamento orario e giornaliero, il primo è preferibile, perché il suo calcolo può essere effettuato su tutti gli individui catturati (Figura 4.23). Il tasso di ingrassamento giornaliero può invece essere ricavato dai soli individui che vengono ricatturati almeno una volta dopo l'inanellamento (Figura 4.24).

Per ottenere dei valori comparabili tra specie, località ed anni differenti, il lavoro di ricerca è stato indirizzato soprattutto sui tassi di ingrassamento orari.

L'analisi del tasso di ingrassamento orario (rappresentato dalla lettera "a" nel grafico di Figura 4.22) è stata effettuata sui dati relativi alla prima cattura, partendo dal modello di regressione messo a punto da Dunn (2000) che tiene conto dell'influenza delle dimensioni corporee sulla massa degli individui.

Questo il modello di regressione utilizzato:

$$\text{Massa} = b_0 + b_1 \text{Ala} + b_2 \text{Ora} \quad (1)$$

dove  $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$  sono i coefficienti del modello di regressione. In pratica tale analisi permette di valutare la variazione oraria media del peso tenendo conto della dimensione degli individui.

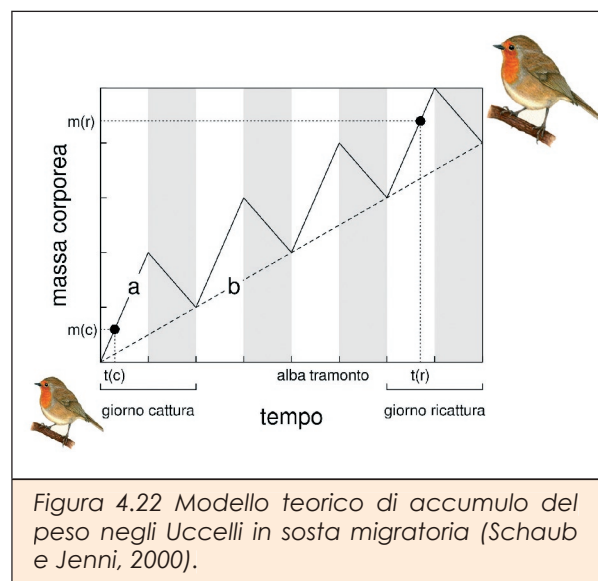


Figura 4.22 Modello teorico di accumulo del peso negli Uccelli in sosta migratoria (Schaub e Jenni, 2000).

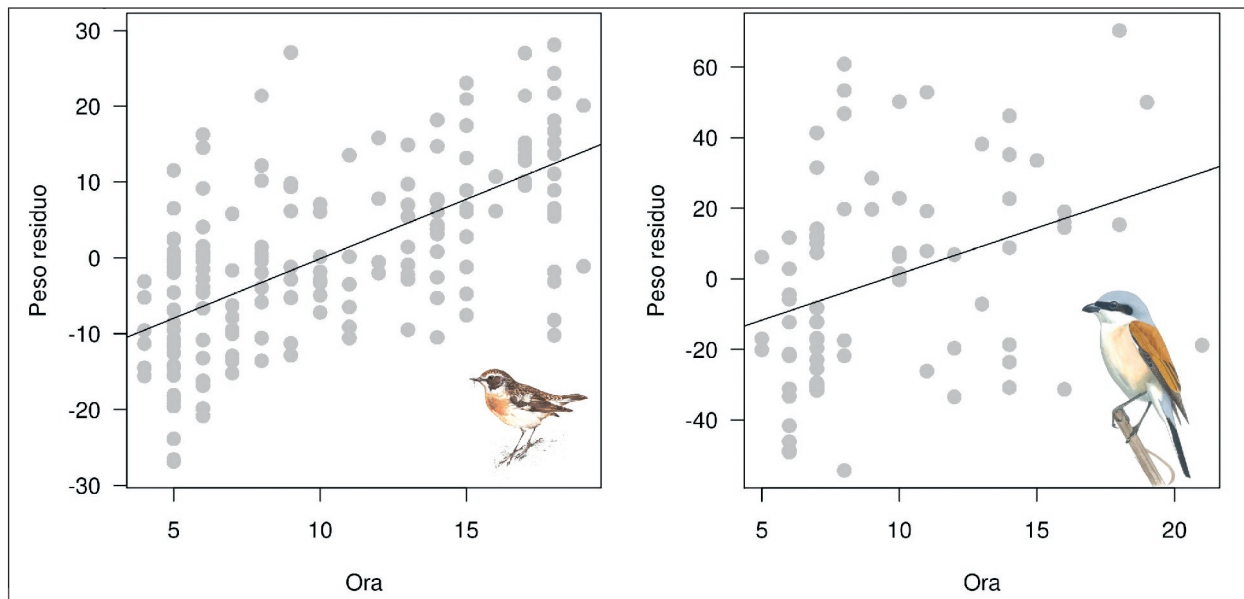


Figura 4.23 Andamento orario del peso negli stiazzini catturati durante la primavera del 2006 (sinistra) e delle averle piccole catturate durante l'autunno del 2005 (destra). Il tasso di ingrassamento orario è una misura molto efficace per misurare il successo nella sosta degli Uccelli migratori. Il suo valore può essere calcolato utilizzando i dati di tutti gli individui di una determinata specie catturati in una stazione in un certo periodo.

Nei valori dei tassi di ingrassamento si riscontrano sensibili differenze tra specie, sito ed anno di attività.

Per quanto riguarda la differenza tra anni è stata registrata ad esempio una sostanziale differenza nei tassi di ingrassamento registrati in Dogana negli autunni del 2005 e del 2006. Nel 2005, sei delle dieci specie analizzate hanno mostrato incrementi significativi del peso nel corso della giornata: l'anno successivo in nessuna delle nove specie analizzate invece è stato registrato un incremento medio orario significativo del peso.

Sono molti i parametri che influenzano l'efficacia nel ripristino delle riserve energetiche. Alcuni di essi riguardano condizionamenti "ambientali", come disponibilità trofica e situazione meteorologica.

Altri sono invece intrinseci alle specie o agli individui: stato di muta, grado di dominanza all'interno della popolazione, esperienza ed abilità nel foraggiamento. L'interazione di tutti questi fattori porta ad una naturale variabilità dei valori registrati.

La presenza di stazioni ornitologiche nelle aree di sosta permette di valutare la variabilità dei tassi di ingrassamento nel tempo, tenendo in qualche modo "sotto controllo" la situazione ed evidenziando eventuali cambiamenti strutturali nei valori riscontrati.

Questi potrebbero rispecchiare variazioni, positive o negative, nella qualità degli habitat naturali del Parco, fornendo utili indicazioni sulle priorità di conservazione e gestione.

#### 4.2.6. Ecologia della sosta migratoria – durata della sosta

La durata della sosta è uno dei parametri più importanti nel determinare la caratteristiche della migrazione.

Essa è strettamente legata alla velocità con cui i migratori sono in grado di accumulare le riserve

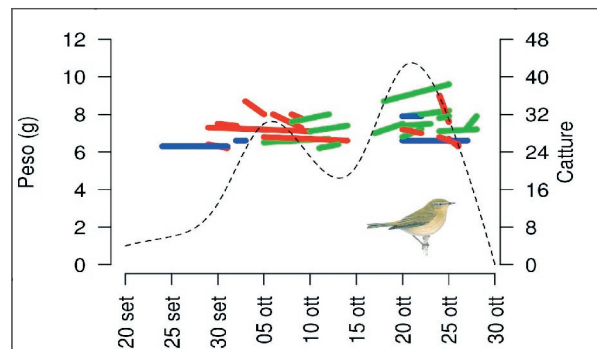


Figura 4.24 Andamento del peso nei lui piccoli inanellati e ricatturati durante l'autunno del 2004 presso la Fagiana. La linea nera tratteggiata rappresenta l'andamento delle catture della specie. I tassi di ingrassamento giornalieri costituiscono una misura reale del successo nella sosta dei migratori, ma possono essere calcolati solo sugli individui ricatturati almeno una volta dopo l'inanellamento. Per questo motivo il loro uso ne risulta limitato nell'analisi comparativa tra specie, siti ed anni.

energetiche necessarie per il tragitto migratorio e determina in ultima analisi la velocità complessiva della migrazione (Hedenström e Ålerstam, 1997; Ålerstam e Hedenström, 1998).

L'ottimizzazione dei tempi di migrazione dipende in gran parte dalle strategie adottate durante le soste. Erni et al. (2002) hanno formulato due ipotesi sui fattori predominanti che regolano la durata della sosta: i migratori potrebbero rimanere in un sito di *stopover* fino al raggiungimento di una soglia fissa di riserve energetiche oppure per un numero fisso di giorni. Nel caso della prima ipotesi che, in base ad alcuni lavori (Arizaga et al., 2008), sembra essere la più probabile, la durata della sosta sarebbe quindi un parametro importante per verificare la funzionalità di un'area ai fini del recupero delle riserve energetiche. Il suo studio potrebbe inoltre mettere in evidenza strategie differenti tra diverse specie o tra gruppi omogenei all'interno della stessa specie.

Fino a pochi anni fa la durata della sosta veniva calcolata come numero di giorni intercorso tra la prima e l'ultima cattura di un individuo. Questo calcolo poteva quindi essere effettuato solo su individui ricatturati almeno una volta dopo l'inanellamento e costituiva una stima minima, non tenendo conto del tempo passato dagli individui nell'area di studio prima dell'inanellamento e dopo l'ultima ricattura. Recentemente sono stati sviluppati nuovi metodi statistici per il calcolo della durata della sosta (Schaub et al., 2001), basati sull'analisi dei dati di cattura e ricattura relativi all'intero campione di individui catturati nel corso di una stagione.

Questi metodi sono stati utilizzati a più riprese, a partire dal 2005, per effettuare stime della durata media della sosta nelle popolazioni migratrici in transito attraverso il Parco del Ticino. Solitamente le analisi sono state condotte sulle specie migratrici più numerose, in alcuni casi anche accorpando i dati relativi a più stagioni. Le analisi di cattura-ricattura richiedono infatti campioni numerosi per poter stimare al meglio tutti i parametri richiesti (Lebreton et al., 1992).

La prima analisi è stata effettuata sui dati raccolti presso La Fagiana negli anni dal 2003 al 2005 per Pettiroso, Capinera e Luì piccolo. Per queste specie sono state selezionate finestre temporali primaverili e autunnali contenenti il periodo di picco di catture (Tabella 4.8).

Tabella 4.8. Finestre temporali e dimensione dei campioni utilizzati per il calcolo della durata della sosta delle tre specie migratrici maggiormente catturate presso La Fagiana tra il 2003 ed il 2005.

Specie	Primavera		Autunno	
	Periodo	N	Periodo	N
Pettiroso	27 marzo -20 aprile	136	18 settembre – 1 novembre	437
Capinera	27 marzo -30 aprile	468	23 settembre – 1 novembre	235
Luì piccolo	27 marzo -20 aprile	89	29 agosto – 12 ottobre	332

Grazie all'utilizzo dei software MARK (Cooch e White, 1999) e SODA (Choquet e Pradel, 2003) è stato possibile stimare la durata media della sosta e la sua variabilità, o grado di incertezza (Figura 4.25). Per Pettiroso e Luì piccolo non sono riscontrabili sostanziali differenze tra primavera ed autunno, con un valore medio di durata della sosta leggermente maggiore nella stagione autunnale.

Questo dato è in linea con le conoscenze ormai acquisite, secondo le quali la migrazione primaverile avrebbe una durata inferiore, dovuta in parte alla necessità di giungere in anticipo negli areali riproduttivi per garantirsi un vantaggio nella competizione per i territori e per i partner migliori (Morbey e Ydenberg, 2001).

Il dato più evidente è però la notevole differenza di comportamento tra le due stagioni per gli individui di Capinera. Mentre in primavera i migratori effettuano in media soste molto lunghe (superiori alle due settimane), in autunno il passaggio avviene in maniera rapida, con soste di 1-2 giorni. L'elevata durata della sosta primaverile è in parte influenzata dalla presenza nel campione esaminato di individui nidificanti che perma-

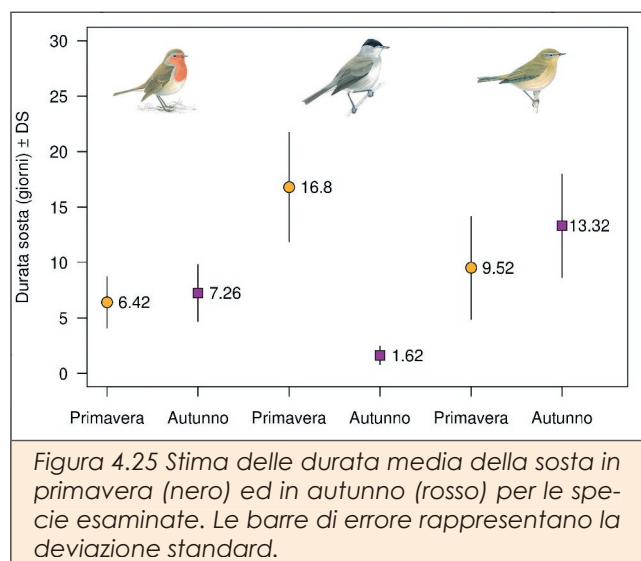


Figura 4.25 Stima della durata media della sosta in primavera (nero) ed in autunno (rosso) per le specie esaminate. Le barre di errore rappresentano la deviazione standard.

nendo nell'area portano a sovrastimare la durata media della sosta. L'elevato valore riscontrato La stessa procedura analitica è stata applicata ai dati raccolti nella stazione di inanellamento "Dogana" di Vizzola Ticino tra le primavere del 2005 e 2008, in modo da valutare il tempo medio di sosta dei migratori nella nuova area di studio.

La selezione dei set di dati è stata dettata ancora una volta dalle dimensioni dei campioni (Tabella 4.9). Le specie selezionate per le analisi sono state passera scopaiola, pettirosso, capinera e lui piccolo. In molti casi è stato possibile analizzare singolarmente ogni singolo anno di attività, mentre in altri, i dati relativi a diversi anni sono stati accorpati al fine di raggiungere una dimensione del campione compatibile con le analisi. L'elevato valore riscontrato indica tuttavia anche un effettivo utilizzo dell'area per il recupero di riserve adipose. La brevità della permanenza nell'area in autunno indica invece un mancato utilizzo dell'area di studio come sito di sosta da parte della specie. È probabile che buona parte degli individui catturati si disperda nelle immediate vicinanze dopo 1-2 giorni di permanenza, spostandosi alla ricerca di aree più idonee al reperimento di abbondanti risorse trofiche.

Questo dato conferma per la Capinera la scarsa efficacia dell'area di studio come sito di sosta ed ingrassamento durante la migrazione post-riproduttiva, rinforzando indicazioni emerse anche dall'esame del numero di ricatture e dall'andamento orario degli indicatori di condizione.

Nella prima specie trattata, la Passera scopaiola, la stima della durata media della sosta nel periodo autunnale, è di circa dieci giorni. La stima risente probabilmente della presenza di individui svernanti nell'area di studio che, permanendo nell'area, potrebbero contribuire ad alzare il valore medio della sosta con una sovrastima del valore reale.

Tabella 4.9. Quadro riassuntivo dei risultati delle analisi per la stima della durata della sosta. Per ogni campione sono riportati la Specie, la stagione (A=Autunno, P=Primavera, l'anno (o gli anni) di riferimento, la dimensione del campione (N), il periodo di raccolta dei dati, la stima della durata media (in giorni) ed il relativo errore standard.

Specie	Stag.	Anno	N	Periodo	Durata	e.s.
Passera scopaiola	A	2005-07	79	10 - 27 ott	9,9	0,24
Pettirosso	P	2005	57	17 mar - 13 apr	8	0,08
		2006	77	18 mar - 20 apr	6,6	0,08
		2007	28	1 - 14 apr	3	0,03
	A	2005	141	21 set - 29 ott	8,8	0,07
		2006	122	18 set - 10 nov	10,1	0,11
		2007	122	19 set - 2 nov	11,7	0,08
Stiaccino	P	2005	50	16 apr - 5 mag	3	0,03
		2006	182	17 apr - 10 mag	1,2	0,01
		2008	100	17 apr - 10 mag	2,3	0,03
	A	2005-06	73	29 ago - 30 set	6,8	0,07
Capinera	P	2005	125	23 mar - 3 mag	13,7	0,52
		2006	45	23 mar - 3 mag	12,7	0,3
		2008	47	1 apr - 3 mag	2,4	0,02
	A	2005	185	29 ago - 27 ott	9,4	0,18
		2006	119	29 ago - 27 ott	4,8	0,1
		2007	40	29 ago - 27 ott	1,6	0,05
Lui piccolo	A	2005	127	3 - 29 ott	1,5	0,02
		2006	154	3 - 29 ott	5,8	0,08

Nel Pettirosso (Figura 4.26) è stato possibile stimare la sosta in entrambe le stagioni negli anni dal 2005 al 2007. In media la sosta è più breve nel periodo primaverile, quando gli individui sono portati a raggiungere il prima possibile i siti riproduttivi per ottenere i vantaggi conferiti da un arrivo precoce, ovvero scelta dei partner migliori, occupazione dei territori migliori e vantaggi compe-

titivi nei confronti degli individui che raggiungono successivamente l'area. In primavera il Pettiroso sosta nell'area di studio in media sei giorni, mentre in autunno la sosta si protrae mediamente per oltre dieci giorni.

Con i dati di Stiaccino è stato possibile effettuare la stima della durata della sosta per le stagioni primaverili di 2005, 2006 e 2008. I dati autunnali sono invece stati accorpati a causa delle ridotte dimensioni del campione. Anche nel caso dello Stiaccino la sosta primaverile è più breve di quella autunnale: in media gli stiaccini sostano due giorni prima di ripartire per i quartieri riproduttivi europei.

Strategie simili, con soste molto brevi, addirittura di un solo giorno, sono state descritte per specie affini, quali ad esempio il Culbianco (Delingat et al., 2006): esse sono associate a tempi di adattamento all'area (*search and settling time*) molto brevi che permettono l'inizio immediato del recupero delle riserve energetiche. In autunno la durata media della sosta è di circa una settimana.

Questa maggiore durata è dovuta verosimilmente sia a minori costrizioni temporali sia alla presenza di molti individui giovani alla loro prima migrazione, quindi meno esperti e meno efficaci nel recupero delle riserve adipose.

I risultati relativi alla Capinera (Figura 4.27) si discostano molto dai *pattern* appena descritti. Questo migratore mostra infatti tempi di sosta maggiori nel corso della stagione primaverile. Nel 2005 e 2006 la durata media della sosta primaverile si è assestata ben al di sopra dei 10 giorni (14 e 13 giorni rispettivamente), mentre negli stessi anni la sosta autunnale è durata in media 9 e 5 giorni. I dati di Vizzola Ticino confermano sostanzialmente le indicazioni raccolte presso La Fagiana: la sosta prolungata in primavera e breve in autunno sembra quindi costituire una strategia comportamentale della specie comune a più aree all'interno del Parco.

Interessante la diminuzione della durata media della sosta osservata nelle stagioni autunnali dal 2005 al 2007. Una possibile spiegazione di questo fenomeno potrebbe coinvolgere gli interventi gestionali di contenimento di alcune essenze infestanti (Fitolacca, rovo) effettuati nell'ambito del progetto Interreg IIIA. Queste essenze hanno un'abbondante produzione baccifera che, nel corso della migrazione autunnale, può costituire una importante sorgente trofica per alcune specie migratrici, tra cui la Capinera.

Da questo punto di vista gli interventi, con la rimozione di tale riserva, potrebbero quindi aver compromesso temporaneamente la qualità del sito di sosta per le capinere e per le specie che integrano la dieta autunnale con elementi di origine vegetale.

L'ultima specie analizzata è il lù piccolo, la cui sosta autunnale è risultata piuttosto breve (2-6 giorni).

Probabilmente i lù piccoli catturati transitano solo temporaneamente nell'area di studio e dopo una prima fase esplorativa si spostano verso aree più adatte alle caratteristiche ecologiche della specie: a conferma di tale ipotesi la specie non mostra una particolare efficacia nel recupero di riserve energetiche (cfr. Par. 4.2.5).

Le analisi della durata della sosta sono molto importanti poiché questa costituisce un parametro determinante della migrazione. Sarà molto interessante in futuro, una volta acquisita una lunga serie temporale di dati, mettere in relazione per ogni specie, la durata della sosta con i tassi di ingrassamento.

Questo permetterà di avere un quadro davvero completo sull'ecologia della sosta delle specie

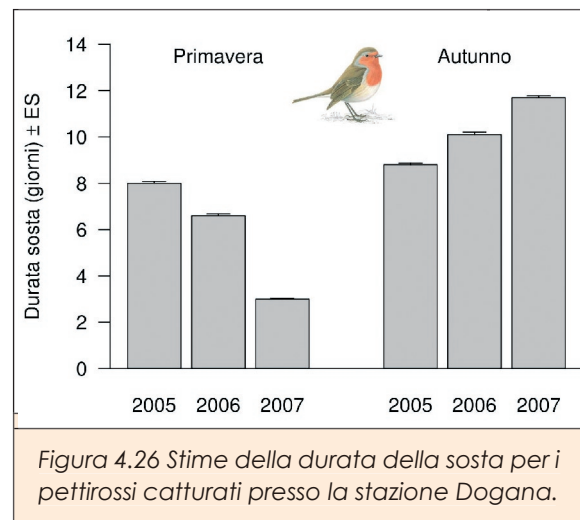


Figura 4.26 Stime della durata della sosta per i pettiroso catturati presso la stazione Dogana.

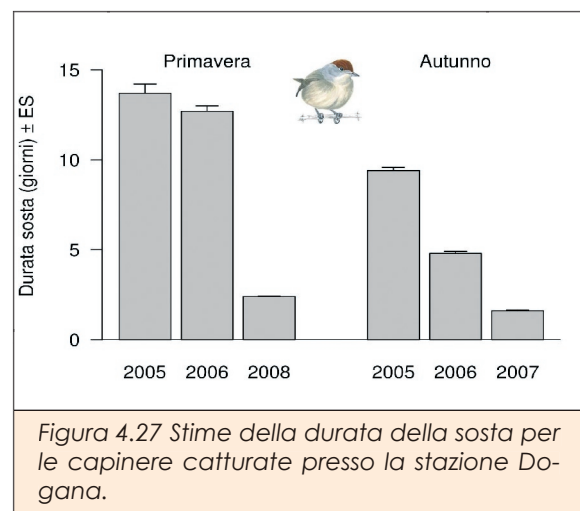


Figura 4.27 Stime della durata della sosta per le capinere catturate presso la stazione Dogana.



migratrici in transito attraverso il Parco. Vi sarà inoltre l'opportunità di valutare gli effetti degli interventi di miglioramento ambientale messi in opera nel triennio 2005-2007. Sarà questo un passaggio molto importante, una verifica con dati reali dell'efficacia degli sforzi conservazionistici messi in atto. Solo con questa fase di verifica è possibile supportare le azioni future o correggere in corso d'opera le modalità d'azione al fine di meglio indirizzare gli interventi futuri.

#### 4.2.7. Distanze potenziali di migrazione

Nel corso delle soste migratorie gli individui incrementano le loro riserve energetiche per poter raggiungere gli areali riproduttivi (o di svernamento) o le aree di sosta successive. La capacità di volo degli individui intesa come distanza potenziale percorribile con una data quantità di riserve energetiche può essere stimata con appositi strumenti.

I risultati delle elaborazioni condotte nei primi anni di attività sono riportati nel volume "La migrazione degli Uccelli nella Valle del Ticino e l'impatto di Malpensa" pubblicato all'interno di questa collana.

In questo volume si riportano i risultati del lavoro condotto sui dati raccolti tra le primavere del 2005 e del 2008 presso la stazione ornitologica Dogana.

Le stime delle distanze potenziali di migrazione vengono effettuate per mezzo del software "Flight 1.18" sviluppato da (Pennycuik, 1989) e disponibile gratuitamente sul web. Il software simula i cambiamenti fisiologici progressivi a cui va incontro l'individuo in volo e stabilisce la distanza massima percorsa senza che vengano effettuati ulteriori "rifornimenti".

All'interno del software devono essere inseriti alcuni parametri affinché la simulazione possa avvenire con successo; questi dati sono la massa totale dell'individuo, la massa grassa, l'apertura alare, l'area delle ali o, in alternativa, il rapporto tra il quadrato dell'apertura alare e l'area delle ali, l'altezza di volo, il rapporto tra il grasso e la massa totale dell'individuo.

Altri parametri considerati nella simulazione sono: il rapporto tra la massa muscolare e la massa totale (in assenza di tale dato, la cui stima prevedrebbe la soppressione dell'animale, viene utilizzato il valore di default pari a 0,17), lo stile di volo (impostato come "battito continuo delle ali"), il criterio di utilizzo delle proteine (impostato in modo da non permettere l'utilizzo delle proteine dei muscoli del volo).

Prima di poter utilizzare il software *Flight* è quindi necessario ottenere, per ogni specie, dei valori realistici dei parametri da essi richiesti.

La componente corporea di massa magra (*lean body mass*) è stata stimata facendo la media del peso degli individui con classe di adiposità pari a 0 (Kaiser, 1993) o, alternativamente, effettuando un'analisi di regressione di peso su classe di adiposità e inserendo il valore di classe di adiposità pari a zero nel modello risultante.

Calcolata la massa magra si è ottenuta la massa grassa al momento della partenza (*departure fuel load*) semplicemente sottraendo dal peso medio totale degli individui all'ultima ricattura il valore della massa magra appena ottenuto. Questa operazione è stata ripetuta due volte, prima sull'intero campione di soggetti ricatturati e poi sui soli individui ricatturati per l'ultima volta ad un intervallo dall'inanellamento maggiore di un giorno (Tabella 4.10). Nel primo giorno successivo all'arrivo in un'area di sosta molti degli individui perdono peso, poiché sono impegnati in attività energeticamente dispendiose, come l'esplorazione dell'area e l'individuazione di un territorio ma anche perché l'apparato digerente sta impiegando del tempo per ripristinare la funzionalità spesso compromessa nel corso dei lunghi periodi di volo (Karasov e Pinshow, 1998).

L'ammontare delle riserve energetiche stimate con i dati raccolti in Dogana, va da valori nulli, ad esempio nel Merlo, fino a valori del 30% della massa magra registrati nello Stiaccino.

Tabella 4.10. Stima di massa magra, massa grassa e distanze potenziali residue dei migratori ( $\Delta g$  = intervallo di giorni tra l'inanellamento e l'ultima ricattura).

Primavera	Stima massa magra			Stima massa grassa e distanze potenziali di migrazione					
				$\Delta g > 1$			Tutte le ricatture		
Specie	N	Media	e.s.	N	Massa Magra (g-1)	Dist. (km)	N	Massa Grassa (g-1)	Dist. (km)
Pettiroso	26	150,9	1,8	18	18,5	791	25	7,9	313
Stiaccino	34	145	1,9	9	26,2	1406	35	14,3	698
Capinera	17	168,1	2,7	23	13,5	512	27	7,3	266

segue

Per quanto riguarda infine l'altezza di volo, la simulazione è stata effettuata considerando un'altezza di volo pari a 1000 m (Klaassen e Biebach, 2000; Zehnder et al., 2001).

Nel periodo compreso tra la primavera del 2005 e quella del 2008 la stima della distanza potenzialmente percorribile è stata ottenuta eseguendo il programma *Flight* sui campioni di Passera scopaiola, Pettiroso, Stiacchino, Merlo, Beccafico, Capinera, Luì piccolo e Averla piccola. Le distanze potenziali così calcolate sono riportate in Tabella 4.10.

Autunno	Stima massa magra			Stima massa grassa e distanze potenziali di migrazione					
	Specie	N	Media	e.s.	$\Delta g > 1$			Tutte le ricatture	
N					Massa Magra (g-1)	Dist. (km)	N	Massa Grassa (g-1)	Dist. (km)
Passera scop.	20	178,5	2,2	13	17,9	613	16	18,7	646
Pettiroso	130	153,8	0,8	65	13,2	535	83	7,8	305
Stiacchino	5	148,6	1,7	13	38,4	2218	16	27,6	1453
Merlo	46	844,5	7,7	14	-10	-	16	2,9	26
Beccafico	7	183,9	5	9	40,3	1695	13	14,8	525
Capinera	64	172,8	1,5	28	15,9	590	32	10,1	363
Luì piccolo	45	72,1	0,8	19	1,3	98	0,6	43	
Averla piccola	25	276,3	4,2	11	24,8	690	16	10,2	266



Figura 4.28 Distanze potenziali di migrazione per le passere scopaiole catturate in autunno.

Relativamente alla stagione primaverile, tra le specie analizzate, quella potenzialmente in grado di raggiungere gli areali più lontani è lo Stiacchino. In media gli individui di questa specie sono in grado di raggiungere le coste meridionali di Svezia e Norvegia a nord, e le zone orientali di Polonia, Slovacchia ed Ungheria, ad est (Figura 4.29 a sinistra).

Più contenute invece le distanze potenzialmente percorribili dai pettirossi, in grado mediamente di raggiungere Paesi Bassi e Germania settentrionale a nord, Repubblica ceca ed Austria orientale ad est (Figura 30 a sinistra).

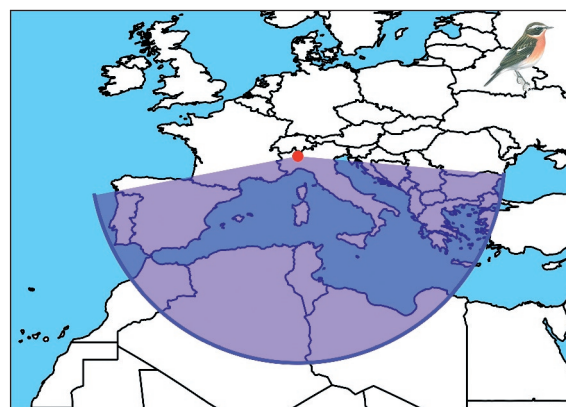
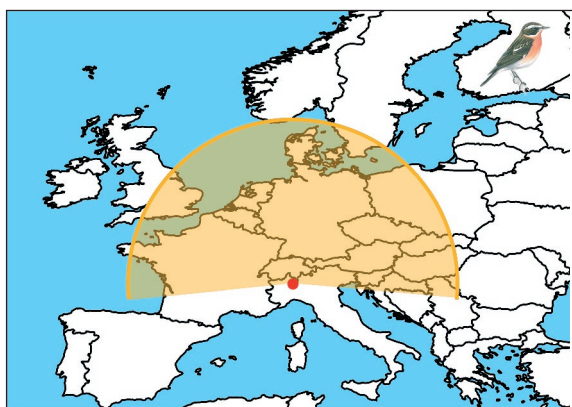


Figura 4.29 Distanze potenziali di migrazione per gli stiacchini catturati in primavera (sinistra) e in autunno (destra).

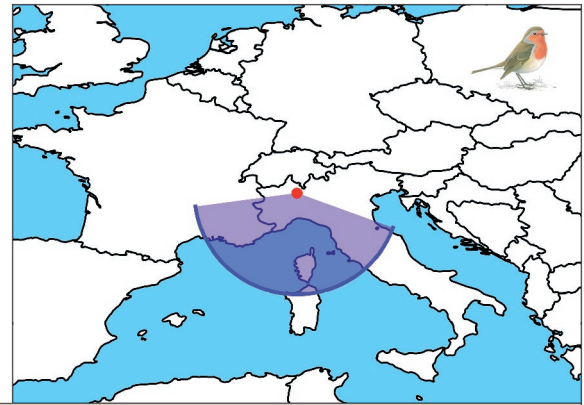


Figura 4.30 Distanze potenziali di migrazione per i pettirossi catturati in primavera (sinistra) e in autunno (destra).

Le capinere infine sono mediamente in grado di oltrepassare la catena alpina raggiungendo così Francia, Germania ed Austria (Figura 4.32 a sinistra).

Nella stagione autunnale, ancora una volta gli Stiacchini mostrano un potenziale migratorio maggiore delle altre specie, in termini di distanze percorribili con le riserve energetiche accumulate durante la sosta effettuata nell'area di studio: in media gli individui sono in grado di raggiungere le coste africane nord-occidentali. Lì dovranno effettuare ulteriori soste per affrontare l'attraversamento del deserto del Sahara, che costituisce un momento molto impegnativo ed energeticamente dispendioso del viaggio migratorio (Figura 4.29 a destra).

Prestazioni simili sono raggiungibili dai beccafichi, migratori trans-sahariani al pari degli stiacchini. Anch'essi sono in grado mediamente di raggiungere le aree di sosta situate in Marocco, Algeria e Tunisia (Figura 4.31).

L'ultima specie trans-sahariana analizzata è l'Averla piccola che nel suo viaggio di ritorno ai quartieri invernali percorre solitamente la via orientale, passando lungo i balcani. Le averle piccole catturate in Dogana hanno mostrato distanze potenziali inferiori agli altri migratori trans-sahariani: le riserve energetiche sono sufficienti a farle attraversare la pianura padana e le Alpi, raggiungendo poi le coste balcaniche settentrionali (Figura 4.33), dove si renderà necessaria un'altra sosta per recuperare le riserve consumate.

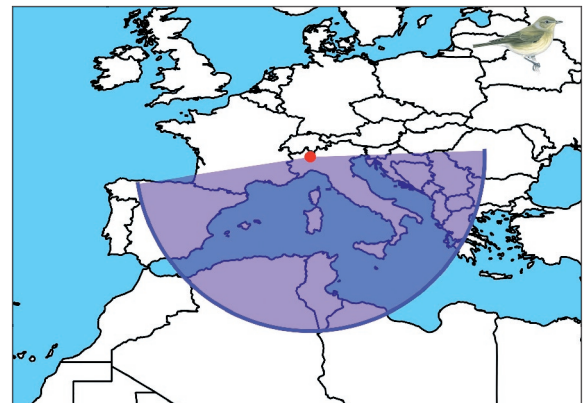


Figura 4.31 Distanze potenziali di migrazione per i beccafichi catturati in autunno. Le distanze maggiori sono state stimate sui soli individui in sosta per più di un giorno.

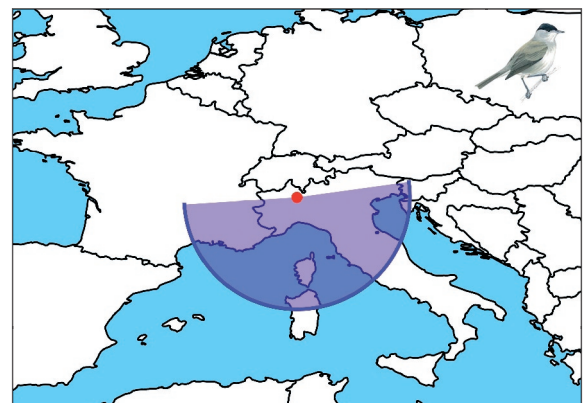


Figura 4.32 Distanze potenziali di migrazione per le capinere catturate in primavera (sinistra) e in autunno (destra).

Le specie migratrici su media distanza (passera scopaiola, pettirosso, capinera - Figura 4.28, Figura 4.30 e Figura 4.32 a destra) hanno mostrato distanze potenziali tra loro comparabili (535-615 km), sufficienti per raggiungere le coste mediterranee francesi o il ponte sardo-corso, a seconda della direttrice migratoria intrapresa.

Molto inferiori le distanze percorribili invece dal lui piccolo (Figura 4.34); questo risultato è probabilmente dovuto al fatto che gli ecosistemi presenti presso l'impianto di cattura non sono i più idonei ad ospitare questa specie. È probabile che i lui piccoli, una volta esplorato il territorio si muovono alla ricerca di aree vicine maggiormente idonee alla loro alimentazione (cfr. Par. 4.2.6.). Ciò porta quindi a "confondere" l'abbandono dell'area di studio con la partenza per un volo migratorio, che probabilmente avviene invece solo dopo la necessaria reintegrazione delle riserve energetiche effettuata in aree prossime alla stazione ornitologica.

Per i migratori notturni la ricerca di habitat ottimali nei quali atterrare alla fine di un volo migratorio è particolarmente difficile per la mancanza di tempo e informazioni: essi si trovano a dover interrompere il volo poco prima dell'alba, quando la visibilità è limitata e dispongono di pochi riferimenti per scegliere un sito adatto in cui atterrare (Mukhin et al., 2008). È quindi naturale che essi si possano trovare in habitat inospitali, con la necessità di dover esplorare le aree circostanti per reperire il cibo sufficiente ad incrementare le proprie riserve energetiche.

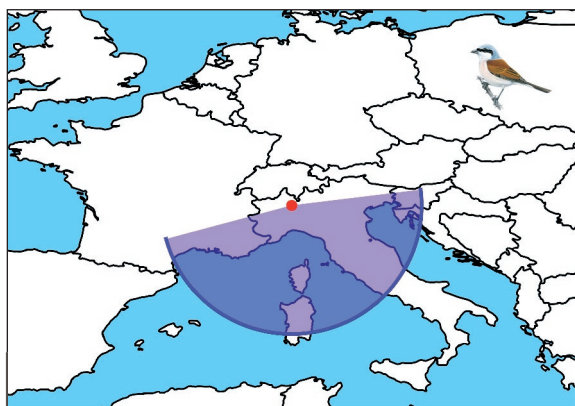


Figura 4.33 Distanze potenziali di migrazione per le Averle piccole catturate in autunno. Le distanze maggiori sono state stimate sui soli individui in sosta per più di un giorno.

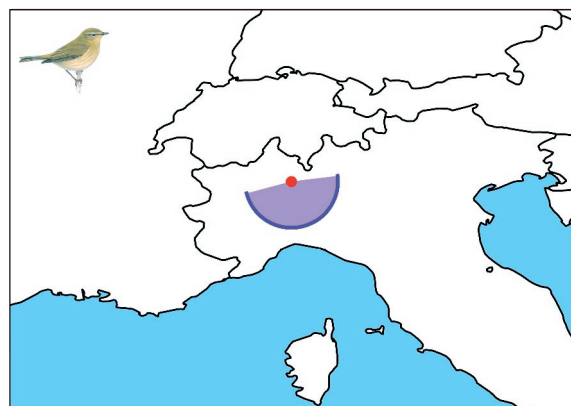


Figura 4.34 Distanze potenziali di migrazione per i Lui piccoli catturati in autunno. Le distanze maggiori sono state stimate sui soli individui in sosta per più di un giorno.

#### 4.2.8. Impatto del sistema di illuminazione dell'aeroporto di Malpensa sugli Uccelli migratori

Negli anni dal 2000 al 2002 gli Autori della presente pubblicazione hanno condotto su incarico del Parco una ricerca finalizzata alla valutazione dell'impatto dell'aeroporto di Malpensa sulle componenti faunistiche migratorie (Fornasari, 2003). La ricerca si inseriva in un più ampio quadro di indagini attivate dal Parco, in collaborazione con Regione Lombardia, per valutare l'impatto dell'aeroporto su diverse componenti ambientali presenti nella valle del Ticino.

Il primo passo nella realizzazione della ricerca prevedeva l'analisi dei dati di ricattura provenienti dalle stazioni ornitologiche lombarde per la descrizione del fenomeno migratorio nell'area del Ticino. I dati sono raccolti nelle pubblicazioni della Regione Lombardia: "Osservatori ornitologici – relazione annuale sull'inanellamento per lo studio della migrazione degli Uccelli nella Regione Lombardia" (Voll. I-XXI, 1977-1997). La maggior parte di tali dati (405 individui di 21 specie) riguardano la migrazione autunnale, mentre quelli primaverili, non analizzati, si riferiscono a pochi individui. Con l'utilizzo di sistemi informativi territoriali sono state congiunte per ogni individuo le località di inanellamento e di ricattura, producendo carte riportanti le direttrici delle rotte migratorie sull'area del Ticino (Figura 4.35).

Queste illustrano molto chiaramente l'orientamento dei flussi migratori nel corso della migrazione post-riproduttiva; è evidente come la maggioranza degli individui ricatturati segua presumibilmente rotte che attraversano il territorio del Parco del Ticino in senso trasversale, su un fronte di migrazione piuttosto ampio, per poi andare a svernare nell'area del Mediterraneo occidentale (Francia, Spagna, Marocco, Algeria e Tunisia).

Dall'esame delle direzioni di migrazione si può osservare anche un limitato numero di individui le cui direzioni di spostamento sono meridionali, con rotte che prevedono probabilmente il passaggio attraverso il ponte sardo-corso o lungo la penisola italiana.

L'esame dei dati relativi alle ricatture infra-regionali ha messo in evidenza come il Parco del Ticino sia interessato anche dal fenomeno del pendolarismo giornaliero, in particolare ad opera di Turdidi e Fringillidi che si spostano nelle zone agricole pianiziali durante il giorno per alimentarsi e frequentano roost notturni nelle zone boscate collinari e pedemontane. Questo fenomeno si riferisce evidentemente

al contingente svernante nella regione. Il passo successivo a questa descrizione generale del fenomeno migratorio nell'area del Ticino consisteva nell'approntare nuove stazioni ornitologiche *ad hoc* per effettuare uno studio più dettagliato nell'area del Parco e per provare ad analizzare l'interazione tra l'aeroporto di Malpensa ed il sistema di migrazione all'interno del Parco.

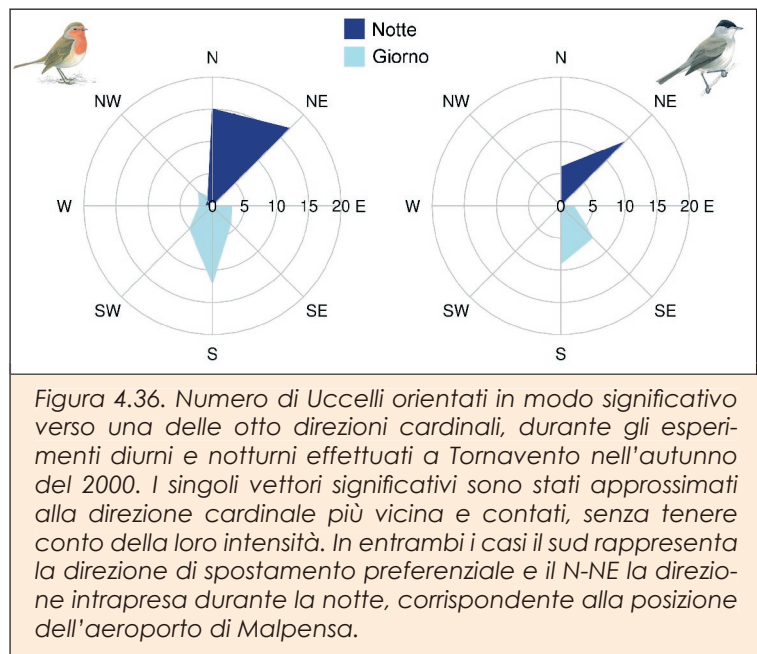
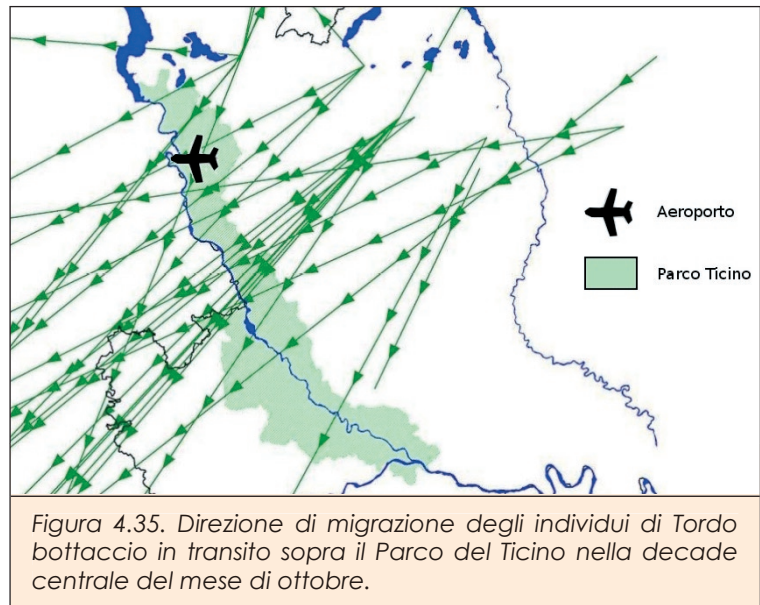
Fu installata a questo proposito nella primavera del 2000 una stazione ornitologica in località Brughiera Dosso (cfr. Par. 4.1.1). Una seconda stazione fu approntata nella Riserva naturale de "La Fagiana", nell'autunno del 2000 (cfr. Par. 4.1.2).

La prima indicazione di un effetto della presenza dell'aeroporto arrivò da osservazioni occasionali effettuate al crepuscolo, quando individui appena rilasciati furono visti svoltare, in volo, in direzione di Malpensa. Questo comportamento fu osservato in primavera su due specie: Tordo bottaccio e Codiroso. Anche le condizioni fisiche dei migratori catturati suggerivano l'alterazione della normale dinamica migratoria: per alcune specie i depositi differivano significativamente tra le due stazioni di inanellamento.

Nella Capinera ad esempio vicino all'aeroporto gli individui mostravano depositi di grasso mediamente più elevati rispetto a quelli registrati più a sud presso La Fagiana (valori medi della classe di adiposità: 2,6 vs 2,0; N = 47 e 35). Indicazioni simili sono state ottenute anche per migratori su lunga distanza (ad es.: Beccafico), confrontando i dati delle due stazioni distanti tra loro 26 km.

Si cominciò quindi ad ipotizzare che il sistema di illuminazione dell'Aeroporto potesse avere un effetto attrattivo sui migratori notturni. Per verificare la reale esistenza di questo effetto attrattivo, nella stagione autunnale del 2000 furono effettuati degli esperimenti di orientamento (cfr. Par. 3.4).

Durante la programmazione degli esperimenti si tenne conto della direzione dell'aeroporto, scegliendo come ubicazione l'area di Tornavento (VA), circa 6 km a sud di Malpensa, nella direzione plausibile seguita dai migratori. Gli Uccelli venivano spostati a Tornavento dall'area di cattura e sottoposti all'esperimento. Gli esperimenti di orientamento effettuati in autunno per verificare la portata di questa tendenza sono stati 66 nelle ore diurne (38 pettirossi, 28 capinere) e 60 nelle ore



notturne (35 pettirossi, 21 capinere). Hanno mostrato un orientamento significativo di giorno 34 pettirossi e 20 capinere, di notte 30 pettirossi e 18 capinere. I diagrammi radar di Figura 4.36 mostrano molto chiaramente che l'orientamento preferenziale rilevato per le ore diurne viene completamente perturbato durante la notte dall'illuminazione artificiale proveniente da Malpensa. Nelle condizioni dell'esperimento, questa illuminazione ha il palese effetto di attrarre i migratori in direzione N-NE, opposta alla direzione di migrazione.

Questo importante effetto attrattivo è stato successivamente confermato sull'intero fronte di migrazione notturna dall'analisi di dati raccolti attraverso l'osservazione notturna del disco lunare (cfr. Par. 3.2), effettuata sia a Brughiera Dosso che a Tornavento nelle notti di luna piena.

Sia in primavera sia in autunno si evidenziarono differenze assolutamente inattese tra i due punti di osservazione, distanti solo 8 km l'uno dall'altro, estremamente vicini quindi dal punto di vista della migrazione.

Con la collaborazione della Stazione Ornitologica Svizzera (Schweizerische Vogelwarte) di Sem-pach furono prodotti dei grafici radar che enfatizzarono queste differenze: era come se gli Uccelli che seguivano il normale percorso migratorio non fossero in grado di superare Malpensa (Figura 4.37). I bassi numeri contati "dopo" l'aerostazione lungo il tragitto della migrazione (verso nord-est in primavera, verso ovest in autunno) rimarcavano la presenza di una barriera luminosa che attraeva gli Uccelli al suolo.

I risultati dello studio hanno contribuito ad aggiungere un tassello alle attuali conoscenze sugli effetti negativi dell'inquinamento luminoso.

Nel 2008 si è deciso di riprendere la ricerca sull'interazione tra l'illuminazione dell'aeroporto di Malpensa e l'avifauna migratrice al fine di verificare la situazione dopo quasi 10 anni dall'inizio della prima fase di studio. La ricerca mirava a valutare la persistenza o meno del disturbo dovuto all'inquinamento luminoso nel nuovo contesto territoriale: dall'inizio del primo ciclo di studi erano intervenute alcune modifiche riconducibili principalmente ad interventi di riduzione dell'inquinamento luminoso nel sistema aeroportuale ed alla conclusione dei lavori per la realizzazione del nuovo tratto della strada statale 336. Il nuovo studio ha tratto ovviamente spunto dalle osservazioni realizzate dal 2000 al 2002 (Fornasari, 2003).

Si è cercato di verificare alcune ipotesi di partenza:

1. In primo luogo si è cercato di valutare l'esistenza di un fenomeno di fototassia valutando se i migratori venivano effettivamente attirati nelle ore notturne dalle luci dell'aeroporto; questo punto è stato indagato effettuando esperimenti di orientamento sia diurni che notturni su alcuni dei migratori catturati presso la stazione ornitologica Dogana.
2. Secondo i risultati della prima indagine (Fornasari, 2003) alcuni migratori notturni sarebbero attratti a terra a causa dell'inquinamento luminoso dell'aeroporto. Se ciò fosse vero, il volume di traffico migratorio a valle dell'aeroporto dovrebbe essere minore rispetto a quello a monte; questa ipotesi è stata indagata con sessioni di osservazione della migrazione attraverso il disco lunare effettuate a nord e a sud dell'aeroporto;
3. Un'altra conseguenza dell'atterraggio "forzato" degli individui riguarda le riserve energetiche degli Uccelli. Gli individui che interrompono naturalmente il loro viaggio nelle aree del Parco dovrebbero in via teorica avere riserve energetiche minori rispetto a quelli atterrati a causa dell'attrazione luminosa. I primi infatti hanno esaurito le riserve e decidono di atterrare in un ambiente a loro favorevole per ripristinarle; nel secondo caso invece si tratta di individui in migrazione attiva e con un carico di riserve residuo che, in assenza di "barriere" avrebbero normalmente proseguito il loro viaggio. Tale ipotesi è stata indagata confrontando lo stato fisiologico degli individui catturati in stazioni poste a diversa distanza da Malpensa.

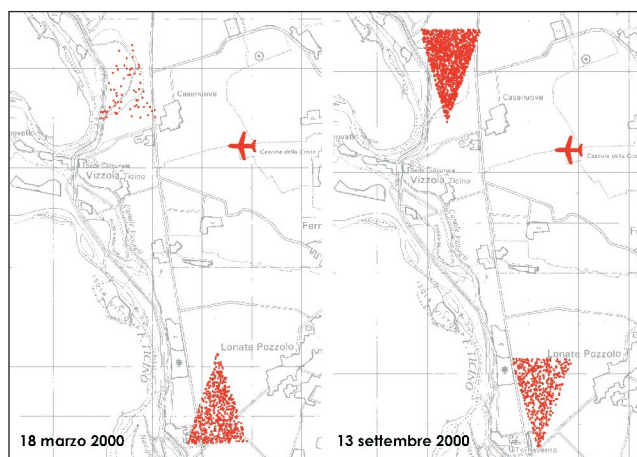


Figura 4.37. Risultati dei conteggi eseguiti tramite la tecnica del moonwatching a Brughiera Dosso (a nord) e Tornavento (a sud). Per ogni località è stata creata una nuvola con un numero di punti corrispondente al livello di Migration Traffic Rate emerso dai conteggi.

Lo svolgimento di questo secondo lavoro di ricerca ha però visto diversi inconvenienti che ne hanno sensibilmente condizionato i risultati. In primo luogo gli interventi di miglioramento ambientale eseguiti nel 2007 hanno portato ad una temporanea pesante semplificazione degli ecosistemi in cui è inserita la stazione di inanellamento Dogana, riducendo di fatto il numero delle catture e, di conseguenza, di dati per la ricerca. La primavera del 2008, eccezionalmente piovosa non ha consentito di realizzare un numero sufficiente di test di orientamento e ha impedito tutte le 15 nottate di *moonwatching* programmate. Sempre per cause meteorologiche inoltre è stato possibile eseguire solo 9 nottate di *moonwatching* sulle 15 previste nella stagione autunnale. Anche in autunno infine, un esiguo numero di catture ha limitato il numero di individui utili per effettuare i test di orientamento. Lo studio ha comunque fornito alcuni risultati di indubbio interesse. Per quanto riguarda la verifica del fenomeno di fototassia sono stati realizzati esperimenti di orientamento in entrambe



Figura 4.38. Coni di Emlen utilizzati per gli esperimenti di orientamento condotti in Dogana nel 2008 (Foto di E. Barone).

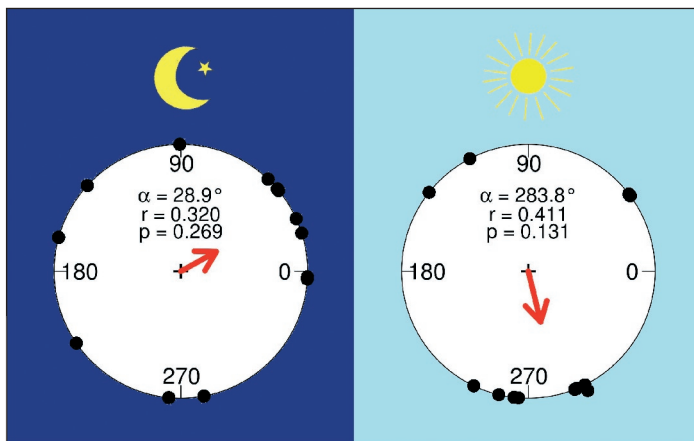


Figura 4.39. Risultati degli esperimenti di orientamento condotti sugli Uccelli migratori in primavera in una stazione a nord dell'aeroporto di Malpensa. Ogni punto rappresenta un individuo. La freccia rossa indica la risultante delle direzioni prese dai due gruppi sperimentali. Per ognuno dei due campioni sono riportati l'angolo della risultante espresso in gradi centigradi e misurato in senso antiorario partendo da est, la lunghezza del vettore risultante ( $r$ ) e la significatività del test di Rayleigh ( $p$ ).

le stagioni migratorie. In primavera è stata selezionata una località a nord dell'aeroporto: se l'ipotesi di lavoro fosse stata valida, la maggior parte degli individui avrebbe dovuto orientarsi di giorno verso nord, ovvero seguendo la normale direzione di migrazione, di notte, invece, verso sud, ovvero verso l'aeroporto, in direzione contraria rispetto al loro istinto migratorio.

Un ragionamento analogo ma con direzioni opportunamente invertite è stato fatto per gli esperimenti autunnali.

I test sono stati effettuati con la tecnica dei coni di Emlen (Emlen e Emlen, 1966; cfr. Par. 3.4.), come da raccomandazione del Centro Nazionale di Inanellamento dell'Istituto Superiore per la Ricerca Ambientale (Figura 4.38).

Poiché per nessuna specie è stato raccolto un numero adeguato di dati, questi sono stati raggruppati e si è proceduto all'esecuzione di test per valutare l'esistenza di direzioni preferenziali

di migrazione nelle diverse condizioni sperimentali. Purtroppo, probabilmente a causa dell'esiguo numero di esperimenti realizzati, nessun test statistico è risultato significativo. La rappresentazione grafica dei risultati restituisce tuttavia alcune indicazioni qualitativamente importanti. Negli Uccelli testati in primavera nella stazione sperimentale a nord dell'aeroporto è osservabile una netta differenza nella direzione media tra il giorno e la notte: il vettore risultante dei test effettuati di giorno segue la direzione normale di migrazione verso NE mentre gli Uccelli testati di notte hanno una direzione media invertita, verso sud, ovvero verso l'alone luminoso dell'aeroporto (Figura 4.39). L'osservazione della migrazione attraverso il disco lunare è stata fortemente condizionata dal maltempo che ne ha impedito lo svolgimento in gran parte delle giornate utili. I dati raccolti nel corso delle sessioni autunnali non hanno mostrato differenze significative nel traffico migratorio registrato a nord e a sud dell'aeroporto, non permettendo quindi di confermare l'ipotesi di partenza.

Ancora una volta grazie alla Stazione Ornitologica Svizzera di Sempach per ogni località e per ogni data è stato stimato il volume complessivo della migrazione o *Migration Traffic Rate* (MTR). Questi valori sono stati utilizzati per una comparazione del traffico migratorio a "monte" e a "valle" dell'aeroporto rispetto alla direzione di migrazione autunnale (da N-E a S-W). Nel complesso

è stato rilevato un traffico mediamente maggiore nelle stazioni poste a monte della direzione di migrazione (Figura 4.40), ma la differenza non è tale da giustificare l'ipotesi di un effetto "barriera" da parte del sistema di illuminazione dell'aeroporto. Prendendo in considerazione solo i valori di MTR registrati contemporaneamente nel punto a sud e a nord nell'aeroporto è evidente l'assenza di pattern definiti.

L'ultima parte di questa ricerca è consistita nell'analisi dei dati fisiologici: lo scopo era quello di verificare se gli individui in sosta nelle vicinanze dell'aeroporto fossero mediamente più pesanti rispetto a quelli catturati invece in aree lontane dall'aeroporto.

A tal fine sono stati unificati i database di quattro stazioni di inanellamento attive alternativamente dal 2000: Dogana, Brughiera Dosso, Palude Brabbia e La Fagiana. Le prime due si trovano a ridosso dell'aeroporto mentre la Palude Brabbia è a nord e La Fagiana a Sud (Figura 4.41).

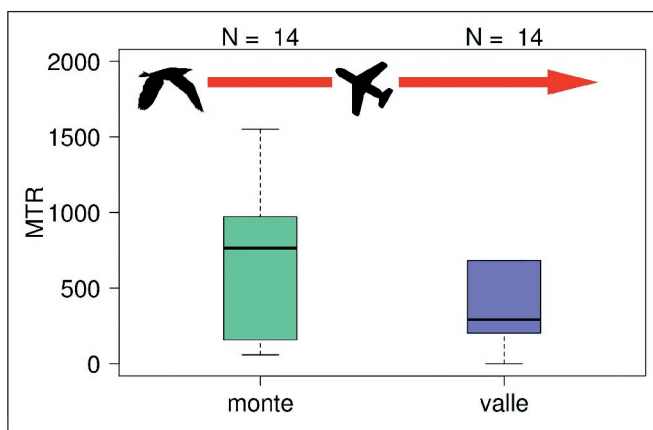


Figura 4.40. Risultati delle sessioni di osservazione della migrazione attraverso il disco lunare. Sono riportati boxplot rappresentanti i valori di traffico raccolti in tutte le stazioni poste a valle o a monte dell'aeroporto rispetto alla direzione di migrazione. MTR (Migration Traffic Rate) = intensità di migrazione.



Figura 4.41. Posizione delle stazioni di inanellamento i cui dati sono stati utilizzati per confrontare i valori di peso dei migratori catturati.

Sono stati confrontati con un test Anova i dati riguardanti il peso (ed il peso corretto per la taglia strutturale) al momento dell'inanellamento per le specie di cui fossero stati catturati almeno venti individui per stagione nelle diverse stazioni.

Con questo criterio sono stati selezionati dati per effettuare 26 test.

Per quanto riguarda il peso dieci test su ventisei sono risultati statisticamente significativi: in tutti i casi gli individui catturati nelle stazioni nei pressi dell'aeroporto sono risultati mediamente più



pesanti rispetto a quelli catturati nelle stazioni più lontane (Tabella 4.11), confermando l'ipotesi di partenza (due esempi delle differenze di peso riscontrate sono riportate in Figura 4.42.

Meno chiara la situazione analizzando i dati relativi al peso corretto per la taglia strutturale. Anche in questo caso sono dieci i test risultati statisticamente significativi: per sei campioni i risultati concordano con l'ipotesi di partenza (Primavera: capinera 2005; Autunno: stiacchino 2006, merlo 2005, capinera 2005, lui piccolo 2005 e balia nera 2006), mentre per gli altri quattro i risultati sono opposti (Autunno: pettirosso 2005, 2006 e 2007; lui piccolo 2006).

Nel complesso con questo secondo ciclo di ricerche sugli impatti dell'illuminazione di Malpensa non è stato possibile giungere a risposte chiare e definite circa il quesito di partenza: il sistema di illuminazione dell'aeroporto ha ancora un impatto negativo sugli Uccelli migratori attraendoli artificialmente al suolo durante il loro tragitto migratorio?

L'indizio più evidente di un possibile effetto attrattivo è forse quello che deriva dall'analisi del peso degli individui catturati vicino o lontano rispetto alla posizione dell'aeroporto, ma nel complesso le evidenze raccolte non sono sufficienti.

Questa tematica è tuttavia di notevole importanza poiché l'inquinamento luminoso è uno degli aspetti più impattanti, sebbene spesso sottovalutato, del progresso tecnologico.

Recentemente gli effetti dell'inquinamento luminoso sono sotto osservazione soprattutto per quanto concerne la salute umana: è stato infatti osservato che l'illuminazione notturna altera i ritmi circadiani dell'uomo, ed è spesso associato ad elevati tassi di incidenza tumorale (Pauley, 2004). Ma gli effetti dell'inquinamento luminoso risultano evidenti anche per molte altre forme di vita che abitano il nostro pianeta e le informazioni raccolte all'interno di diversi taxa hanno permesso di avere un quadro delle maggiori problematiche legate all'inquinamento notturno (Rich e Longcore, 2006).

Ciononostante sono ancora molte le lacune che riguardano le conoscenze dell'interazione tra illuminazione artificiale ed ecosistemi.

A tal proposito ci si augura di poter approfondire gli studi effettuati nel Parco del Ticino, per arrivare a definire in maniera univoca i reali impatti dell'illuminazione dell'aeroporto sul sistema migratorio che attraversa il Parco stesso.

Tabella 4.11. Risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) per valutare la differenza del peso medio tra migratori catturati in diverse stazioni ornitologiche. I test significativi sono indicati in grassetto e per ognuno di essi è evidenziato in verde il campione con il valore medio maggiore. In tutti e 10 i test significativi il campione con il peso medio maggiore è stato quello nelle vicinanze dell'aeroporto.

(BR=Palude Brabbia, BD = Brughiera Dosso, DO = Dogana, FA = La Fagiania);

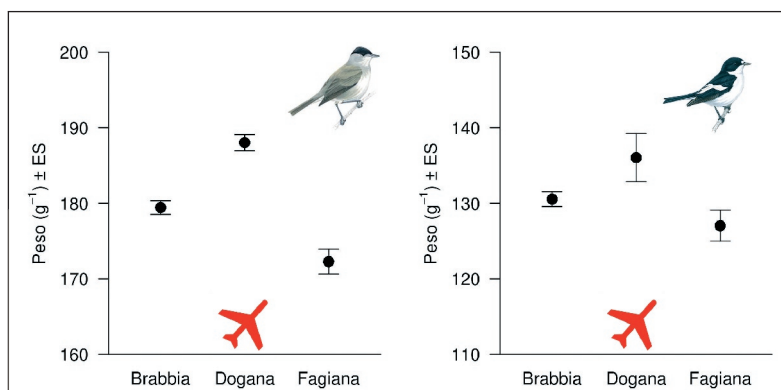


Figura 4.42. Boxplot illustranti la distribuzione dei valori del peso per individui catturati in diverse stazioni ornitologiche. Il grafico a sinistra è riferito ad individui di Capinera catturati nell'autunno del 2005; quello a destra a individui di Balia nera catturati nell'autunno del 2006 (le stazioni di Brughiera Dosso e Dogana sono quelle vicine all'aeroporto di Malpensa).

Primavera		Lontano dall'aeroporto		Vicino all'aeroporto		F	P
Specie	Anno	BR	FA	DO	BD		
Pettirosso	2005	-	160,7 ± 2,1 (35)	161 ± 1,4 (57)	-	0,009	0,923
	2006	-	<b>157 ± 1,3 (74)</b>	<b>161,9 ± 1,6 (67)</b>	-	<b>5,529</b>	<b>0,020</b>
Capinera	2005	-	<b>177 ± 1,4 (102)</b>	<b>182,1 ± 1,4 (121)</b>	-	<b>6,402</b>	<b>0,012</b>
	2006	-	178,2 ± 1,4 (151)	182,8 ± 2,6 (45)	-	2,449	0,119
Lui piccolo	2006	-	77,4 ± 1,5 (30)	78,4 ± 1,6 (20)	-	0,191	0,665

segue

Autunno		Lontano dall'aeroporto		Vicino all'aeroporto		F	P
Specie	Anno	BR	FA	DO	BD		
Pettiroso	2000	-	163,7 ± 1,8 (66)	-	165,5 ± 1,1 (160)	0,817	0,367
	2005	163,7 ± 0,6 (478)	164,5 ± 1,1 (169)	162 ± 1,1 (141)	-	1,329	0,266
	2006	163,7 ± 0,6 (633)	162 ± 1 (182)	161,4 ± 1,3 (114)	-	1,781	0,169
	2007	163 ± 0,9 (260)	-	161,7 ± 1,1 (115)	-	0,788	0,375
Stiaccino	2005	173,9 ± 2,3 (67)	-	175,7 ± 3,1 (43)	-	0,228	0,634
	2006	<b>166,8 ± 1,5 (155)</b>	-	<b>176,3 ± 3,8 (29)</b>	-	<b>6,423</b>	<b>0,012</b>
Merlo	2005	<b>862,2 ± 6,4 (63)</b>	<b>816,6 ± 9,4 (20)</b>	<b>862,4 ± 9,3 (32)</b>	-	<b>6,945</b>	<b>0,001</b>
	2007	854,4 ± 8,9 (27)	-	861,1 ± 10,4 (30)	-	0,235	0,630
Tordo bottaccio	2005	700,9 ± 6,5 (94)	-	707,2 ± 6,5 (74)	-	0,456	0,501
	2006	698 ± 10 (34)	-	691,5 ± 11,3 (20)	-	0,174	0,679
	2007	716,5 ± 7,8 (61)	-	698,8 ± 13,7 (20)	-	1,264	0,264
Cannaiola	2005	<b>123,4 ± 1,8 (96)</b>	-	<b>131,5 ± 2,8 (22)</b>	-	<b>4,119</b>	<b>0,045</b>
Beccafico	2005	198,7 ± 3,8 (23)	-	201,4 ± 2,5 (62)	-	0,331	0,567
Capinera	2000	-	<b>176 ± 1,5 (63)</b>	-	<b>180,4 ± 1,7 (67)</b>	<b>3,908</b>	<b>0,050</b>
	2005	<b>179,4 ± 0,9 (216)</b>	<b>172,3 ± 1,6 (57)</b>	<b>188,0 ± 1,1 (173)</b>	-	<b>35,842</b>	<b>0,000</b>
	2006	<b>177,1 ± 1 (190)</b>	<b>173,9 ± 1,7 (38)</b>	<b>180,1 ± 1,3 (120)</b>	-	<b>3,514</b>	<b>0,031</b>
	2007	179,1 ± 0,9 (190)	-	181,2 ± 2,3 (41)	-	0,947	0,331
Lui piccolo	2005	<b>73,7 ± 0,4 (237)</b>	<b>73,4 ± 0,7 (75)</b>	<b>75,4 ± 0,6 (116)</b>	-	<b>3,29</b>	<b>0,038</b>
	2006	74,1 ± 0,4 (291)	73,2 ± 0,9 (65)	72,8 ± 0,5 (160)	-	2,097	0,124
Regolo	2000	-	53,2 ± 0,5 (48)	-	53,3 ± 0,4 (30)	0,033	0,857
Balia nera	2006	<b>130,5 ± 1 (156)</b>	<b>127 ± 2,1 (35)</b>	<b>136 ± 3,2 (23)</b>	-	<b>3,526</b>	<b>0,031</b>

#### 4.2.9. Studio della dieta degli Uccelli migratori, con particolare riferimento alla componente vegetale

È noto da tempo che negli Uccelli in migrazione avvengono processi metabolici specifici accompagnati da speciali adattamenti sia fisiologici che comportamentali (cfr. Par. 1.4.4.).

In genere prima dell'inizio della stagione migratoria, gli Uccelli all'improvviso e spontaneamente cominciano ad assumere maggiori quantità di cibo; in questa fase iniziale di iperfagia, o di sovralimentazione, vengono accumulate le riserve di energia sotto forma di grasso, il "combustibile" essenziale per la migrazione, immagazzinato per l'80% in forma di trigliceridi.

Nella fase di iperfagia il processo di accumulo di riserve adipose diviene così efficace da permettere ai migratori di formare in un solo giorno una riserva di grasso pari a quasi il 10% del loro peso corporeo al netto dei grassi già depositati. L'iperfagia però non è l'unico adattamento per la preparazione al periodo migratorio.

Esistono infatti anche adattamenti specifici per la selezione delle sostanze alimentari. Ciò che più colpisce a questo riguardo è il largo consumo di frutta e di bacche durante le soste autunnali da parte di specie che normalmente si cibano prevalentemente di insetti. Queste modificazioni sono supportate da cambiamenti nel tipo e numero di enzimi che agiscono nell'apparato digerente dei migratori, oltre che da variazioni comportamentali.

I Silvidi sono un efficace esempio di come siano frequenti i cambiamenti nell'alimentazione. Specie come la Capinera e il Beccafico sono primariamente insettivore ma durante le soste integrano la dieta nutrendosi di elementi vegetali e, in alcuni casi, preferendo gli alimenti di origine vegetale a quelli di origine animale.

Le cause dell'utilizzo di bacche e frutti durante la migrazione autunnale hanno origine sia ecologica che fisiologica.

Nel periodo migratorio gli Uccelli, come già affermato, devono incamerare più energia per la produzione di grasso; è proprio in questo periodo che la presenza d'insetti comincia a calare, e le specie che migrano di notte devono riposare durante il giorno piuttosto che spendere energie inutilmente alla ricerca del cibo. In una situazione simile i frutti e le bacche sono una buona fonte di nutrimento alternativa perché presenti in notevoli quantità e facilmente accessibili.

Il contributo energetico dato da frutti e bacche è abbastanza elevato: contengono zuccheri, acidi grassi insaturi e carboidrati, ma soprattutto contengono composti che favoriscono la lipogenesi.

Alle nostre latitudini però frutti e bacche sono troppo poveri di nutrimento per essere cibo esclusivo; l'aggiunta di sostanze animali (anche pochi grammi) alla dieta frugivora è però ottimale. Le specie baccifere più diffuse sono: Sambuco *Sambucus nigra*, Fitolacca *Phytolacca americana*, Ligustro *Ligustrum vulgare*, Spino cervino *Rhamnus catharticus*, Biancospino *Crataegus monogyna*, Viburno *Viburnum opulus*, Rovo *Rubus* spp., Sorbo degli uccellatori *Sorbus aucuparia*.

Contrariamente nelle zone mediterranee, il contenuto nutritivo della frutta è maggiore, e in queste regioni si è osservata in molte specie un'alimentazione interamente frugivora: Lentisco *Pistacia lentiscus*, Corbezzolo *Arbutus unedo*, Rovo *Rubus* spp., Lentaggine *Viburnum tinus*, Fillirea *Phyllirea latifolia*, Salsapariglia *Smilax aspera* sono alcune delle specie baccifere mediterranee più utilizzate dai migratori in sosta nelle aree costiere.

Anche le piante coinvolte ricavano un vantaggio da questa relazione, in quanto la germinazione e la schiusa di alcuni semi può venire innescata dal passaggio attraverso l'apparato digerente degli Uccelli che provvedono quindi da soli a piantare lungo il percorso le loro bacche preferite, necessarie per l'ingrassamento.

L'integrazione della dieta animale con sostanze di origine vegetale interessa anche la migrazione primaverile: il nettare dei fiori risponde a caratteristiche di facile digeribilità, ampia diffusione e, se concentrato, alta resa energetica. La letteratura ornitologica recente ha evidenziato in casi particolari un importante ruolo di nettare e polline nell'ingrassamento dell'animale (Schwilch et al., 2001), ma tale fenomeno è indubbiamente meno diffuso e importante rispetto al corrispettivo autunnale.

Partendo da queste conoscenze ha avuto inizio nel 2001 uno studio sulla componente vegetale nella dieta dei Passeriformi migratori (Tonetti et al., 2003); tale studio è proseguito nel periodo 2003- 2006, quando l'attività di inanellamento si è spostata in località Sabbie Bianche, sempre all'interno della Riserva Naturale La Fagiana e quando, nel 2005, è stata inaugurata la nuova stazione ornitologica denominata "Dogana".

Le ricerche condotte hanno permesso di formare una base di conoscenze, utilizzate poi per la realizzazione di interventi gestionali e di miglioramento ambientale nell'ambito del progetto Interreg "Azioni coordinate e congiunte lungo il Fiume Ticino per il controllo a lungo termine della biodiversità".

#### 4.2.9.1. L'inizio della ricerca: il biennio 2001-2002

Il primo ciclo di studi si svolse negli anni 2001 e 2002 presso la Riserva Naturale orientata La Fagiana. Lo studio fu condotto parallelamente a quello sull'impatto delle luci di Malpensa: se fosse stato verificato l'effetto attrattivo dell'aeroporto allora sarebbe stato necessario valutare le caratteristiche della dieta degli Uccelli attirati a terra e l'adeguatezza degli ambienti del Parco a sostenere la loro sosta.

Allo scopo di valutare la componente vegetale nella dieta dei migratori notturni, alcuni individui appartenenti alle più comuni specie catturate sono stati sottoposti ad esperimenti di scelta di cibo nell'autunno 2001, alla raccolta di campioni fecali nella primavera 2002 e negli autunni del 2001 e 2002.

Nel corso degli esperimenti di scelta di cibo, all'interno di gabbie appositamente costruite, venivano disposte su cinque differenti mangiatoie, bacche di Fitolacca, Ligustro, Spino cervino, Viburno, e un'alternativa costituita da cibo animale, le camole del miele, larve del lepidottero *Galleria mellonella*. Le specie migratrici sottoposte ai test sono state passera scopaiola, pettirosso, capinera, lui piccolo, lui grosso e balia nera (Bonazzi et al., 2003).

Durante gli esperimenti di food-choice Lui piccolo e Lui grosso non hanno mai esercitato attività trofiche. I pettirossi hanno mostrato una preferenza per le larve di insetto, alimentandosi esclusivamente con esse in oltre la metà dei test; in un caso su quattro la scelta è ricaduta esclusivamente sulle bacche, mentre nei restanti test gli individui hanno sfruttato entrambe le risorse.

La specie che ha mostrato una maggiore preferenza per gli alimenti di origine vegetale è stata

la capinera che ha confermato quanto noto in bibliografia: nell'80% dei casi gli individui testati si sono alimentati solo su bacche, mentre nei restanti casi è stata scelta un'alimentazione mista. L'impiego di bacche nell'alimentazione autunnale, in alcuni casi rilevante, è stato confermato dall'esame dei campioni fecali. Sono stati analizzati complessivamente 195 campioni fecali relativi alle due stagioni autunnali ripartiti fra tre sole specie: Pettiroso (82), Capinera (50) e Luì piccolo (63).

Sono stati trovati resti di bacche rispettivamente in feci di 12 pettirossi (14,6%), 32 capinere (64,0%) e un Luì piccolo (1,6%).

L'aspetto più preoccupante dei risultati di questo studio derivava dal fatto che i semi rinvenuti nelle feci dei migratori appartenevano nella quasi totalità dei casi a *Phytolacca americana*, specie invasiva di origine alloctona.



Le bacche di Viburno, sono alcuni degli alimenti di origine vegetale offerti agli uccelli migratori durante gli esperimenti di food-choice (Archivio Fotografico Parco Lombardo della Valle del Ticino).

Tabella 4.12. Risultati degli esperimenti di food choice svolti nell'autunno del 2001 nella Riserva de La Fagiana.

Specie	N	Risultati esperimenti				Preferenze bacche			
		Camole	Entrambi	Frutta	Niente	Ligustro	Viburno	Fitolacca	Spino cervino
Passera scopaiola	3	1	1	-	1	-	1	-	-
Pettiroso	83	23	6	11	43	3	2	8	8
Capinera	25	-	2	8	15	-	-	10	3
Luì piccolo	9	-	-	-	9	-	-	-	-
Luì grosso	3	-	-	-	3	-	-	-	-
Balia nera	2	2	-	-	-	-	-	-	-

Gli studi dei primi anni del 2000 dimostrarono che il sistema di migrazione del Parco era perturbato dall'inquinamento luminoso provocato da Malpensa e che le soste forzate potevano rappresentare un costo biologico per i migratori interessati. I dati raccolti ponevano inoltre l'accento sull'inadeguatezza di alcune aree intorno a Malpensa come sito di sosta (*stopover site*), poiché lì gli Uccelli avevano difficoltà a ripristinare le riserve di grasso.

Nelle aree più idonee alla sosta degli Uccelli migratori (come ad esempio La Fagiana) era stata messa in luce una profonda alterazione del territorio del Parco ad opera di specie invasive.

I risultati dell'indagine sull'alimentazione vegetale aprirono dunque importanti questioni per la conservazione dei migratori: qual è il carico di migratori che gli habitat presenti sono in grado di nutrire o sostenere? Qual è l'estensione delle aree con caratteristiche ottimali come area di sosta nel territorio del Parco?

Le informazioni raccolte sulla dieta primaverile indicarono inoltre che i migratori utilizzano in modo principale per le attività trofiche lo strato arbustivo, con comportamenti trofici su *Salix* spp., *Rhamnus* spp. e *Quercus* spp., confermando un possibile ruolo di impollinatore da parte di Capinera e Beccafico già messo in luce in Italia da Calvario et al. (1989).

Oltre ad indicare su quali piante i migratori cacciano, la presenza di polline digerito nelle feci indicava un possibile contributo alimentare, raccolto direttamente dalle piante.

Dalle analisi dei pollini risultò l'assenza praticamente completa di polline di specie alloctone infestanti come *Robinia pseudoacacia* e *Prunus serotina*: i migratori evitano quindi le aree a maggior presenza di queste specie vegetali e questo risultato rafforza un giudizio negativo su di esse.

#### 4.2.9.2. Il periodo 2003-2006: ruolo del polline nella dieta dei migratori durante la migrazione pre-riproduttiva

Nel corso di quattro anni di ricerca sono raccolti complessivamente nella stazione ornitologica de La Fagiana 438 campioni fecali appartenenti a sette specie (Tabella 4.13): tra queste quella di gran lunga più campionata è stata la capinera, la più abbondante durante il passo primaverile.

Sono state trovate quantità rilevanti di polline in tre specie: pettirosso, capinera e lui grosso. Per la capinera (Figura 4.43) in particolare sono state registrate con regolarità quantità elevate di polline, in percentuali cospicue del campione (20,2 % nel 2003, 20,8 % nel 2004, 10,0 % nel 2005 e 8,1 % nel 2006).

È su questa specie quindi che si sono focalizzate le ricerche. I taxa vegetali dominanti, ovvero presenti in quantità maggiore nelle feci dei migratori, sono rappresentati da tre generi: *Quercus*, *Crataegus* e *Rubus*.



Figura 4.43. Capinera maschio con becco imbrattato di polline.

Tabella 4.13. Quadro riassuntivo relativo ai campioni fecali raccolti in Località Sabbie Bianche nella Riserva La Fagiana nel corso delle migrazioni pre-riproduttive degli anni 2003-2006.

Specie / Anno	2003	2004	2005	2006	Totale	Polline presente in quantità rilevante
Pettirosso	26	22	5	18	71	3 (4,2 %)
Usignolo	5	2	-	2	9	0
Beccafico	-	1	-	-	1	0
Capinera	99	120	10	62	291	51 (17,5 %)
Lui piccolo	7	14	4	5	30	0
Lui grosso		17	2	16	35	2 (5,6 %)
Balia nera	-	-	-	1	1	0
<b>Totale</b>	<b>137</b>	<b>176</b>	<b>21</b>	<b>104</b>	<b>438</b>	<b>55</b>

Le analisi condotte sui dati raccolti hanno cercato di rispondere ai seguenti quesiti:

- quali sono le associazioni vegetali e le specie maggiormente utilizzate per la ricerca di cibo?
- il polline ha un utilizzo di tipo trofico?
- se sì, quali sono i fattori che concorrono nel determinare il ricorso a tale fonte alimentare (età, sesso, stato fisiologico)?

Per l'individuazione degli ambienti di foraggiamento sono stati raccolti tutti i dati relativi alle specie vegetali rinvenute nei campioni fecali.

Tale operazione è risultata efficace soprattutto per i migratori con il maggior numero di dati, ovvero pettirosso e capinera. Per quanto riguarda il Pettirosso, la specie vegetale ritrovata costantemente con frequenza maggiore è l'Ontano: tale indicazione ha confermato peraltro quanto emerso nel biennio 2000-2001. Ritrovati in un buon numero di campioni, ma solo nel 2006, anche pollini di Olmo. Gli individui in migrazione catturati



Il Biancospino è una delle specie vegetali il cui polline è stato rinvenuto con maggiore frequenza nei campioni biologici raccolti dai migratori catturati presso il Parco Lombardo della Valle del Ticino.

a La Fagiana si alimentavano probabilmente di preferenza nelle formazioni boschive igrofile ad Ontano ed Olmo (Alno-Ulmion). Meno frequenti i pollini dei generi *Quercus*, *Salix* e *Carpinus* per quanto riguarda lo strato arboreo. Tra gli arbusti invece Nocciolo e Biancospino le specie più comuni.

Per la capinera sono risultati più frequenti i pollini delle specie attribuibili al quercu-carpineto e, in misura minore, quelle relative ai boschi umidi ad ontano e salice. Tra gli arbusti rinvenuti soprattutto granuli pollinici ascrivibili a Nocciolo e Biancospino, ma anche a diverse specie di Rosacee.

Tabella 4.14. Quadro riassuntivo illustrante per ogni specie migratrice il numero di campioni contenente pollini delle specie vegetali più frequenti.

Specie	Anno	Quercus	Corylus	Crataegus	Salix	Alnus	Graminae	Pinus	Rosaceae	Carpinus	Fraxinus	Ulmus	Populus	Prunus	Betula
Pettirosso	2003	3	3	-	2	4	-	-	1	-	-	-	-	1	2
	2004	6	6	4	3	13	2	3	-	5	2	-	-	-	-
	2005	2	1	-	2	4	4	-	-	-	2	-	-	-	-
	2006	1	4	3	-	8	7	4	2	3	-	10	-	-	-
Usignolo	2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2004	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2006	3	1	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Beccafico	2004	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Capinera	2003	36	25	7	24	18	-	-	19	12	-	-	-	2	12
	2004	58	39	36	14	14	9	21	20	29	12	-	-	4	3
	2005	3	6	4	9	7	6	6	-	-	3	6	8	3	-
	2006	27	35	49	32	15	28	15	11	3	23	14	16	8	1
Luì piccolo	2003	2	1	-	2	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1
	2004	2	-	3	1	1	-	2	2	1	-	-	-	-	-
	2005	-	1	2	4	-	1	2	1	-	2	-	-	-	-
	2006	2	1	3	3	-	-	1	-	-	1	4	-	1	-
Luì grosso	2004	8	4	-	1	2	-	2	1	2	1	-	-	-	1
	2005	-	1	-	1	-	-	2	-	-	1	1	1	1	-
	2006	4	3	5	2	1	7	1	-	2	3	3	2	2	-
	2005	1	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-

Nell'area di studio la Capinera ha mostrato quindi uno spettro ecologico leggermente più ampio rispetto al Pettirosso. La Capinera è anche stata la specie nei cui campioni fecali sono stati rinvenuti i maggiori quantitativi di polline.

Per questo motivo è stata utilizzata proprio la capinera per cercare di capire se il polline avesse un utilizzo a fini trofici. Per far ciò si è partiti dalla seguente ipotesi: se il polline fosse utilizzato come risorsa alimentare dovrebbe esistere una relazione positiva tra l'abbondanza del polline contenuto nelle feci ed il grado di digestione dello stesso: se i granuli pollinici in un campione fecale sono abbondanti per una scelta consapevole, allora gli stessi dovranno essere digeriti maggiormente rispetto a quelli introdotti incidentalmente nell'organismo senza fini alimentari.

Tra i campioni di dati disponibili è stato selezionato quello di maggiori dimensioni, ovvero quello del 2004. Con questi dati sono stati messi in relazione la frequenza di ritrovamento di granuli pollinici e la percentuale di digestione dei granuli stessi (Figura 4.44), evidenziando una relazione positiva tra le due grandezze. È probabile quindi che il ritrovamento di polline nelle feci dei migratori non sia un fatto casuale ma che, almeno in alcuni casi, questa risorsa venga intenzionalmente introdotta nell'organismo a fini alimentari.

Quando e perché un migratore decide di ricorrere alla risorsa del polline? È possibile che ciò avvenga preferenzialmente in alcune categorie di individui. Per far ciò sono stati analizzati i dati relativi ai migratori nelle cui feci sono state individuate quantità rilevanti di polline. Le analisi

effettuate non hanno messo in evidenza alcun ruolo di età, sesso o stato fisiologico sulla scelta di utilizzo del polline, anche se sono emerse alcune deboli evidenze di un maggior utilizzo da parte degli individui in condizioni peggiori. Restano tuttavia da chiarire in maniera inequivocabile i meccanismi che spingono gli individui ad utilizzare tale risorsa.

L'aver evidenziato un utilizzo "volontario" del polline per fini trofici ha aperto numerose prospettive per quanto riguarda la conservazione e la gestione degli ambienti naturali all'interno del Parco, nonché per la prosecuzione degli studi su questo fenomeno ecologico.

La raccolta di dati sulle specie vegetali maggiormente utilizzate dai migratori consentirebbe di meglio indirizzare alcuni miglioramenti ambientali finalizzati alla conservazione dell'avifauna migratrice.

Nell'ambito del programma interreg IIIA svolto nel Parco tra il 2005 ed il 2007 gli studi sull'utilizzo di polline da parte dei migratori sono proseguiti, supportando ulteriormente l'ipotesi di un utilizzo alimentare del polline (Calvi e Buvoli, 2007). Nell'ambito dello stesso progetto sono inoltre state messe a dimora nell'area del centro di inanellamento della Dogana alcune essenze arbustive autoctone finalizzate alla prosecuzione degli studi sull'alimentazione dei migratori, sia nella stagione autunnale che in quella primaverile. I risultati del lavoro condotto nel corso del progetto Interreg sono riportati nella pubblicazione finale del progetto.

#### 4.2.9.3. Il periodo 2003-2006: ruolo delle bacche nella dieta dei migratori durante la migrazione post-riproduttiva

Per quanto riguarda la stagione autunnale, nel corso di tre anni di attività (2003, 2005 e 2006) sono stati raccolti complessivamente 467 campioni fecali relativamente a 10 specie (Tabella 4.15). Le specie maggiormente campionate, sono state naturalmente quelle maggiormente catturate, ovvero Pettiroso, Capinera e Lui piccolo.

Resti di alimenti di origine vegetale sono stati rinvenuti nei campioni fecali di sole due specie, ovvero Capinera e Beccafico. La Capinera ha confermato i risultati emersi nel biennio precedente, mostrando un utilizzo regolare di alimenti di origine vegetale.

In tutti gli anni di studio oltre il 50% degli individui campionati ha integrato la propria dieta con bacche e piccoli frutti.

Specie / Anno	2003	2005	2006	Totale
Prispolone	-	2	-	2
Pettiroso	142	13	80	235
Usignolo	-	1	1	2
Codirosso comune	-	1	1	2
Tordo bottaccio	-	1	-	1
Beccafico	-	2 (2)	-	2 (2)
Capinera	76 (40)	13 (7)	8 (5)	97 (52)
Lui piccolo	74	5 2	1	100
Lui grosso	-	2	1	3
Balia nera	-	2	21	23
<b>Totale</b>	<b>292 (40)</b>	<b>42 (9)</b>	<b>133 (5)</b>	<b>467 (54)</b>

Tabella 4.15. Quadro riassuntivo relativo ai campioni fecali raccolti in Località Sabbie Bianche nella Riserva La Fagiana nel corso delle migrazioni post-riproduttive degli anni 2003, 2005 e 2006. Tra parentesi è riportato il numero di campioni nei quali sono stati trovati resti di alimentazione vegetale.

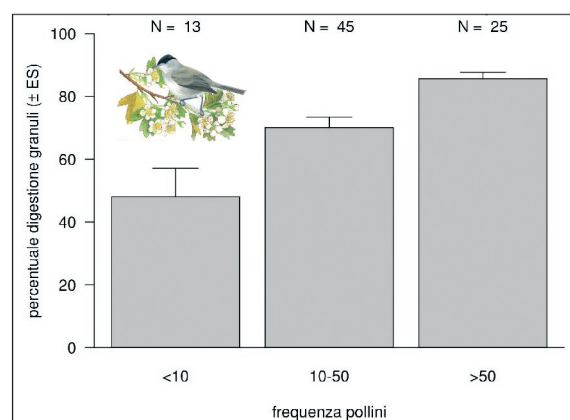


Figura 4.44. Relazione tra la frequenza di granuli pollinici rinvenuta nei campioni fecali ed il grado di digestione dei granuli stessi. Le barre di errore rappresentano l'errore standard. È evidente una differenza significativa nel grado di digestione dei tre campioni (Kruskal-Wallis test:  $X^2 = 17,8$ ; g.l. = 2;  $P < 0,001$ ) e una relazione positiva tra le due grandezze.

Diversa invece la situazione per il Pettiroso, per il quale non è stato registrato l'utilizzo di bacche nella nuova area di studio, contrariamente a quanto avvenuto in precedenza.

Tali differenze sono imputabili alla diversità dell'area di studio, probabilmente dotata di risorse trofiche diversamente strutturate.

Le specie vegetali utilizzate dai migratori nel periodo 2003-2006 sono riportate nel grafico di Figura 4.45. Rispetto al biennio precedente si è riscontrata una maggiore varietà specifica. Il taxon maggiormente frequente è stato lo Spino cervino, seguito da Biancospino, Fitolacca, Sambuco e Sanguinella.

Con il cambiamento nella localizzazione della stazione di inanellamento sono quindi cambiate sensibilmente le preferenze alimentari dei migratori. Nel primo biennio di studio infatti i migratori avevano mostrato una spiccata preferenza per la Fitolacca, specie alloctona che aveva abbondantemente colonizzato l'area di studio.

La più intensa attività di studio sulla dieta frugivora dei migratori durante la stagione autunnale è però stata svolta nel biennio 2005-2006 presso la stazione ornitologica Dogana, nell'ambito del progetto Interreg.

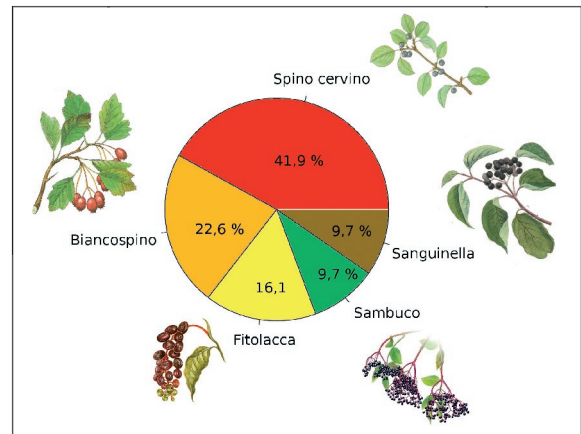
In quel periodo sono stati raccolti campioni fecali di 527 individui appartenenti a 12 specie. Le analisi dei campioni hanno portato ad evidenziare un quadro della situazione abbastanza diverso rispetto alle altre aree del Parco.

In primo luogo l'integrazione della dieta con alimenti di origine vegetale è risultata estesa ad un numero maggiore di specie. Nel 2005 sono stati rinvenuti resti vegetali nelle feci di 137 individui appartenenti a 10 specie; nel 2006 ne sono stati rinvenuti 89 appartenenti a 5 specie.

Per tutti i Silvidi è stata registrata una frequenza di ritrovamento di semi molto elevata (superiore o uguale al 60%), a conferma della loro spiccata propensione al consumo di bacche nel corso della migrazione autunnale.



*Le bacche della sanguinella sono tra le più ricche di energia tra quelle presenti nei climi temperati dell'Europa, sono quindi molto ricercate dagli uccelli migratori.*



*Figura 4.45. Incidenza delle specie vegetali nella dieta dei passeriformi catturati a La Fagiana negli autunni dal 2003 al 2006. Il numero totale dei campioni per i quali è stata determinata la specie vegetale è pari a 31.*

Tra tutte le specie vegetali ritrovate nei campioni fecali, la più frequente e la più abbondante in entrambi gli anni, così come nel biennio 2001-2002, è stata la Fitolacca (Tabella 5.9).

Questo risultato è dovuto sicuramente ad una grande disponibilità di questa risorsa nell'area di indagine. È noto che alcune specie di Uccelli adattano la propria dieta alle risorse maggiormente disponibili nel territorio (Jordano e Herrera, 1981; Rey e Gutiérrez, 1996); è anche vero però che gli Uccelli sono in grado di effettuare scelte alimentari correlate a specifiche caratteristiche nutritive dei frutti (Simons e Bairlein, 1990; Bairlein, 1991).

Nel caso della Fitolacca, gli studi condotti in Dogana, hanno permesso di far emergere i meccanismi attraverso i quali la questa pianta realizza il suo primato nelle preferenze alimentari degli Uccelli migratori.



### La Fitolacca: una risorsa per i migratori o un pericolo per l'ambiente?

Lo studio condotto nel biennio 2005-2006 nell'ambito del Progetto Interreg IIIA ha permesso di far luce sulle modalità con le quali la Fitolacca, specie alloctona di origine nordamericana, si inserisce negli ecosistemi autoctoni e realizza il proprio vantaggio competitivo rispetto alle specie locali. Incrociando i dati biometrici degli Uccelli inanellati con i dati sulle preferenze alimentari, sono stati messi in evidenza nella Capinera tassi di ingrassamento maggiori per gli individui che si nutrivano di Fitolacca rispetto a quelli che si nutrivano di altre bacche. Questo risultato ha stimolato la ricerca delle cause che determinano la maggiore efficienza energetica della Fitolacca. In uno studio condotto nel suo originale contesto geografico (Nordamerica – Illinois), tra 22 specie vegetali analizzate, i frutti della Fitolacca sono risultati quelli con il maggior contenuto di zuccheri riducenti, che sono quelli più rapidamente disponibili come fonti di energia.

Un altro parametro chiave per l'importanza di un frutto nella dieta dei migratori è l'energia per unità di massa (escludendo il contenuto in acqua). Anche relativamente a questo parametro la Fitolacca mostra valori elevati se paragonata a molte specie autoctone.

Oltre alla maggiore efficacia della Fitolacca dal punto di vista energetico, la ricerca ha permesso di individuare altre caratteristiche che conferiscono alla specie vantaggi competitivi rispetto alle specie vegetali autoctone.

In primo luogo il periodo di fruttificazione di questa specie copre un periodo molto lungo, in grado di intercettare il passaggio migratorio di un ampio spettro di specie ornitiche, in particolare dei migratori su media distanza, che più di altri integrano la loro dieta con bacche (es.: Capinera, Pettiroso, Turdidi). A ciò vanno aggiunti la sequenzialità nella fruttificazione e nella maturazione dei frutti e la colorazione che riescono ad incrementare la disponibilità dei propri frutti per gli agenti di dispersione.

Questi accorgimenti hanno permesso alla Fitolacca di avere una dispersione continua dei semi da fine agosto ai primi di dicembre (McDonnell et al., 1984; Davidar & Morton, 1986). Il meccanismo con il quale l'introduzione di piante baccifere alloctone, come la Fitolacca nel Parco del Ticino, può alterare i pattern di dispersione delle piante autoctone che fruttificano contemporaneamente è stato descritto da più autori: il vantaggio competitivo delle specie invasive si realizza effettivamente in molti casi con display più attrattivi nei confronti

dei potenziali dispersori (Sallabanks, 1993) o, caso più frequente, con un periodo di fruttificazione più esteso (Meyer, 1998; Cordeiro et al., 2004). Quando una specie aliena è preferita dalla fauna autoctona, come probabilmente è il caso della Fitolacca, la sua invasività ed il suo potenziale impatto negativo sulle comunità invase ne risultano amplificati (Ghazoul, 2002).

Le piante invasive non hanno però unicamente effetti negativi: in alcuni casi hanno permesso la persistenza di popolazioni frugivore su tutto l'arco dell'anno in aree che non avrebbero altrimenti potuto sostenerla (Parry-Jones & Augée, 2001) a causa del declino delle piante autoctone. La Fitolacca potrebbe quindi costituire una importante risorsa per le specie migratrici, tanto da valutare positivamente la sua presenza?

Nel Parco del Ticino questo conflitto conservazionistico non sussiste, poiché basterebbe affiancare al contenimento ed alla rimozione della Fitolacca, il ripristino e il mantenimento delle specie baccifere autoctone (come ad es.: Sanguinella, Sambuco, rovo, Biancospino, Spino cervino).

Indubbiamente, per gestire le invasioni vegetali mediate da interazioni frugivore, sarebbe necessario raccogliere informazioni sull'ecologia delle specie invasive e sui loro sistemi di dispersione, in modo da poter creare modelli spaziali predittivi della loro colonizzazione nelle aree invase e predisporre piani di contenimento (Buckley et al. 2006). Da ciò si evince l'importanza di effettuare studi ecologici come quello condotto nell'ambito del progetto Interreg.



*La Fitolacca è una specie invasiva originaria del Nord America. Il suo successo nella colonizzazione di nuove aree è dovuto al sistema mutualistico di dispersione dei semi che si instaura tra la pianta stessa e gli Uccelli migratori. La Fitolacca offre una preziosa risorsa energetica ai migratori che poi diffondono i suoi semi lungo il loro tragitto migratorio.*

### 4.2.10. Le ricatture

Uno degli obiettivi primari dell'attività di inanellamento, fin dai suoi inizi, alla fine del 1800, è stato quello di far sì che qualcuno potesse ricattare gli Uccelli inanellati in modo da ricavare informazioni sulle loro rotte. Oggi le nuove tecnologie permettono di seguire a distanza alcune specie di Uccelli migratori con apparecchi elettronici, ricostruendo per intero i percorsi e i tempi della migrazione.

Queste tecnologie sono tuttavia applicabili attualmente soprattutto a specie di grandi dimen-

sioni come i rapaci diurni, le cicogne, le oche e le anatre. Per i Passeriformi una insostituibile fonte di informazioni sui percorsi migratori è data dall'inanellamento e dalla ricattura di individui inanellati. La percentuale di individui ricatturati varia da specie a specie, a seconda delle abitudini delle stesse. È molto più facile ad esempio ricatturare specie che si concentrano in habitat isolati e di ridotte dimensioni, magari esibendo comportamenti gregari (ad es.: Rondine, Migliarino di palude nelle zone umide) che ne permettono la cattura di numerosi individui con uno sforzo relativamente modesto.



*Il Migliarino di palude è una delle specie con il tasso di ricattura maggiore, grazie al fatto che durante i periodi di migrazione e svernamento molti individui si concentrano in dormitori comuni nelle zone umide facilitando così la loro cattura.*

Vi sono poi alcune specie (ad es.: il Tordo bottaccio) oggetto di abbattimenti venatori che, in caso di comunicazione del dato agli schemi nazionali, innalzano sensibilmente il numero di informazioni disponibili sui tragitti effettuati.

Le analisi sui dati di ricattura necessitano di un approccio a larga scala, per poter disporre di più dati e per raggiungere una comprensione sufficiente dei movimenti migratori che attraversano una regione. Nel nostro Paese questa operazione ha appena visto il suo compimento con la realizzazione dell'Atlante della Migrazione degli Uccelli in Italia (Spina e Volponi, 2008 a e b), imponente opera costituita da due volumi contenenti le analisi dei dati di inanellamento di 280 specie. In questo paragrafo vengono riportati i dati delle ricatture di individui inanellati in altre stazioni ornitologiche effettuate presso il Parco Lombardo della Valle del Ticino, così come le ricatture esterne di individui inanellati nel Parco del Ticino.

La stazione ornitologica Dogana, nonostante un numero di catture complessive non elevato, ha fatto registrare un numero di ricatture di individui inanellati altrove relativamente alto (Tabella 4.16).

Tra queste, sette hanno interessato individui inanellati all'estero (Figura 4.46), di cui tre, tutti provenienti dalla Repubblica ceca sono state effettuate eccezionalmente in un'unica giornata. Si sono poi verificati sette casi di individui inanellati in Dogana e ricatturati altrove (Tabella 4.17): tra questi spicca la ricattura, effettuata in Finlandia, di una Passera scopaiola inanellata nell'autunno del 2006.

*Tabella 4.16. Dati relativi agli Uccelli inanellati in altre stazioni ornitologiche e ricatturati presso la stazione ornitologica Dogana nel Parco Lombardo della Valle del Ticino.*

Specie	km	gg.	Inan.	Ric.	Località
Cardellino	2	122	17/05/05	16/09/05	Pombia ( NO)
Lù piccolo	20	2	06/10/05	08/10/05	Monate (VA)
Migliarino di palude	387	234	22/02/05	14/10/05	Tour du Valat (Francia)
Capinera	114	4	20/10/05	24/10/05	Baldissero d'Alba (CU)
Cannareccione	297	2	27/04/06	29/04/06	Barcaggio (Corsica, Francia)
Cannaiola verdognola	450	990	22/08/03	08/05/06	Hrase (Slovenia)
Capinera	-	-	*	27/09/06	Italia*
Migliarino di palude	593	912	23/04/04	22/10/06	Lomnice (Rep. Ceca)
Migliarino di palude	527	448	31/07/05	22/10/06	Chudenin (Rep. Ceca)
Pettiroso	765	15	07/10/06	22/10/06	Vosecka bouda (Rep. Ceca)
Merlo	-	-	*	30/10/07	Italia*
Pettiroso	833	182	17/10/07	08/04/08	Mallorca (Spagna)
Rondine	38	231	04/09/07	22/04/08	Fondotoce (VB)
Beccafico	31	5	31/08/08	05/09/08	Arcisate (VA)

\* In attesa di comunicazioni da parte dell'ISPRA

Tra le ricatture di Uccelli inanellati all'estero, vi sono tre ricatture di Migliarino di palude (due individui inanellati nella Repubblica ceca ed uno in Francia), una di Cannareccione (inanellato in Corsica), due di Pettiroso (uno inanellato in Repubblica ceca e l'altro in Spagna) ed una di Cannaiola verdognola (inanellato in Slovenia).

Molto interessante la ricattura, effettuata in data 27 aprile 2006, di un Cannareccione inanellato soli due giorni prima presso la punta settentrionale della Corsica.

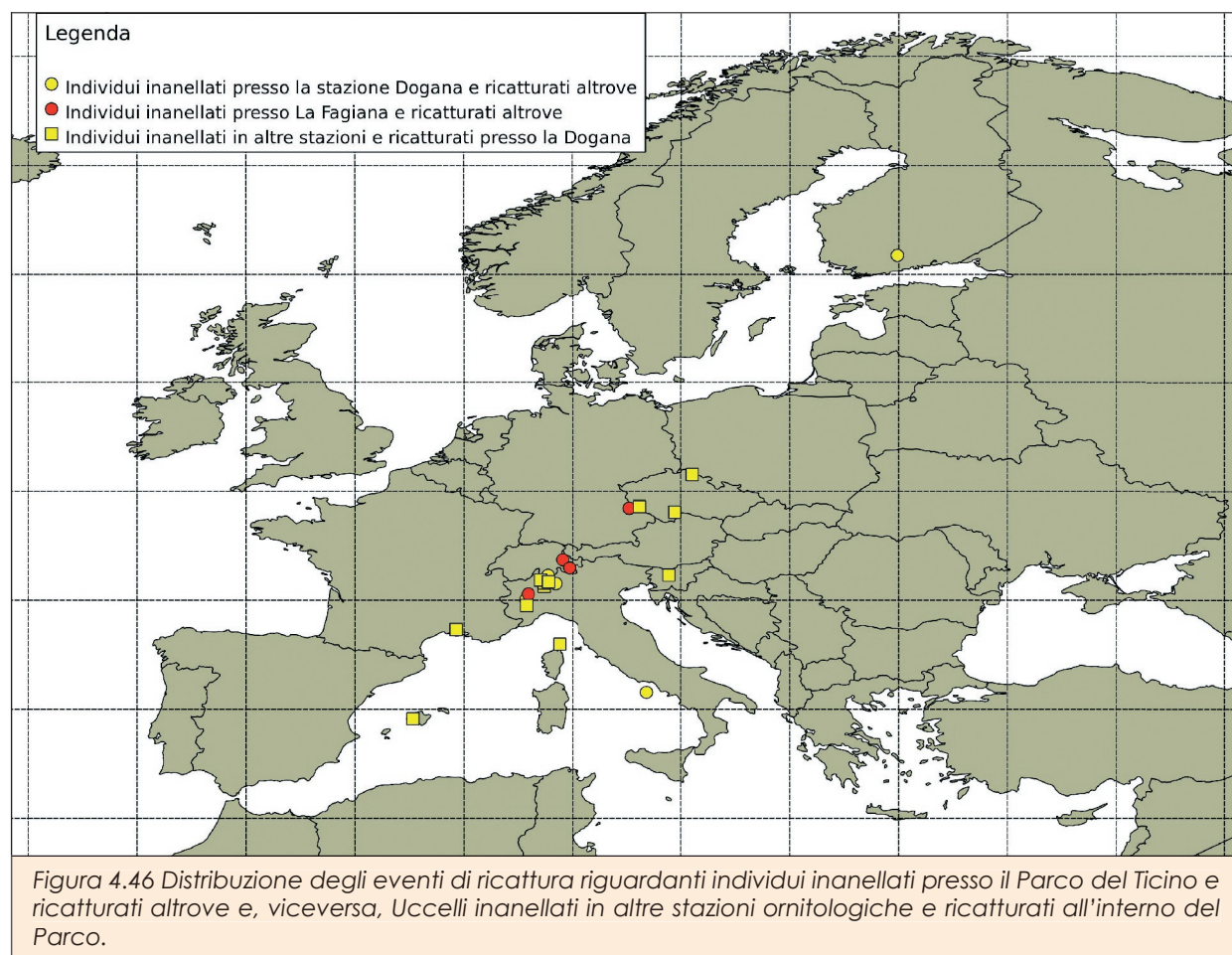
In primavera la migrazione procede più rapidamente e attraverso un percorso più diretto: milioni di individui infatti si trovano ogni anno ad attraversare il Mediterraneo.

Per studiare questo fenomeno è sorto il Progetto Piccole Isole, un progetto internazionale di inanellamento coordinato dall'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica (oggi ISPRA - Istituto Superiore per la Ricerca Ambientale) con stazioni ornitologiche situate su molte isole e sulle coste mediterranee (Montemaggiori e Spina, 2002).

Da segnalare anche la ricattura di una Cannaiola verdognola inanellata ben 990 giorni prima in Slovenia. Questa specie è una delle poche (assieme ad esempio a Bigiarella ed Averla piccola) che, durante la migrazione post-riproduttiva, raggiunge il continente africano passando dalle coste del Mediterraneo orientale. È molto probabile che la stazione Dogana, per la sua posizione sia interessata da entrambi i flussi migratori che transitano per i due lati del bacino del Mediterraneo. Di non minore importanza sono le ricatture italiane, tutte concentrate in un intorno territoriale piuttosto limitato. Queste possono dare utili informazioni sui movimenti locali degli Uccelli nel corso del periodo migratorio, o durante lo svernamento.

Tra le ricatture italiane si registrano due dati relativi a individui di Rondine: uno inanellato il 21 agosto 2005 in Dogana e ricatturato tre giorni dopo presso il Centro studi delle migrazioni di Fondotoce (Verbania). L'altro è stato inanellato proprio in questa località nel settembre 2007 ed è stato ricatturato presso la stazione Dogana l'aprile successivo. Questi dati confermano che l'asse del Ticino rappresenta un'importante direttrice migratoria nella Pianura Padana.

Altri due dati di Uccelli inanellati in Dogana e ricatturati altrove, riguardano individui di Migliarino di palude. Il primo, inanellato nell'ottobre 2005, è stato ricatturato nel febbraio 2008 a Monguzzo, in provincia di Como. Il secondo, inanellato il 22 ottobre 2006, è stato ricatturato quattro giorni



dopo presso la Riserva Naturale Palude Brabbia (VA). Questa specie sverna con contingenti piuttosto numerosi nelle aree umide e negli incolti della Pianura Padana, dove effettua movimenti pendolari tra diverse aree.

Gli altri due dati riguardano un Luì piccolo inanellato presso Travedona (VA) il 6 ottobre 2005 e ricatturato due giorni più tardi presso la stazione Dogana e una Capinera inanellata il 20 ottobre 2005 presso Baldissero d'Alba (CU) e ricatturata quattro giorni dopo in Dogana, dopo aver percorso 114 km nel verso opposto rispetto a quello teorico di migrazione: questo episodio testimonia il fatto che si è ancora lungi dal comprendere a pieno i pattern di spostamento degli Uccelli migratori, in particolare quelli di specie che, come la Capinera, esibiscono comportamenti migratori differenziali piuttosto complessi all'interno della medesima specie.

Minori per numero le ricatture relative a la Fagiana. Al momento della stesura di questo volume sono disponibili le informazioni relative a quattro individui: si tratta di uno Scricciolo e di una Capi-

Tabella 4.17. Dati relativi agli Uccelli inanellati presso il Parco lombardo della Valle del Ticino e ricatturati in altre stazioni ornitologiche.

Staz.	Specie	km	gg.	Inan.	Ric.	Località
D	Rondine	38	3	21/08/05	24/08/05	Fondotoce (VB)
D	Migliarino di palude	45	846	15/10/05	08/02/08	Monguzzo (CO)
D	Passera scopaiola	2000	629	20/10/06	10/07/08	Loyttymaki (Finlandia)
D	Migliarino di palude	18	4	22/10/06	26/10/06	Torbiera Brabbia (VA)
D	Pettirosso	62	202	24/09/07	13/04/08	Bolle di Magadino (Svizzera)
D	Pettirosso	660	186	30/09/08	04/04/09	Ventotene (LT)
D	Pettirosso	92	72	20/10/08	04/01/09	Chieri (TO)
LF	Capinera	170	7	10/04/01	17/04/01	Chur (Svizzera)
LF	Luì piccolo	68	730	14/03/01	16/03/03	Candia Canavese (TO)
LF	Scricciolo	144	25	21/03/02	15/04/02	St. Moritz (Svizzera)
LF	Capinera	512	25	08/04/04	06/05/04	Loibling (Germania)

### 4.3. Didattica e formazione universitaria

L'inanellamento è una tecnica di studio che viene sempre più utilizzata, in diversi contesti, come supporto alle attività di didattica ambientale. Nel corso del progetto Interreg, la stazione di inanellamento Dogana è stata visitata da numerose scuole elementari, medie e superiori dei comuni limitrofi.

Ai bambini e ai ragazzi, gli operatori della stazione hanno mostrato in primo luogo le diverse fasi dell'attività di cattura ed inanellamento. Hanno poi spiegato loro l'affascinante fenomeno della migrazione e l'importanza dell'attività di studio per la realizzazione di azioni finalizzate alla conservazione dei migratori.

L'attività didattica nel corso degli anni non è stata limitata alle scuole primarie e secondarie, ma ha interessato anche alcuni corsi di laurea delle facoltà scientifiche degli atenei lombardi. In questo caso i ragazzi sono stati introdotti all'attività di ricerca con spiegazioni sugli aspetti ecologici, etologici e fisiologici della migrazione e con illustrazione dei metodi di raccolta ed analisi dei dati.

I ricercatori impegnati nelle stazioni ornitologiche del Parco hanno inoltre seguito numerosi lavori di tesi di studenti provenienti dagli atenei di Milano, Milano Bicocca e Varese. Dal 2000 al 2008 sono stati effettuati 15 lavori di tesi su diversi aspetti della migrazione trattati nel corso delle ricerche. Per gli studenti il lavoro di tesi svolto nelle stazioni di inanellamento ha fornito in molti casi il primo approccio allo studio degli Uccelli in natura e ad alcuni aspetti del lavoro di ricerca: impostazione di un progetto di ricerca con formulazione di ipotesi di lavoro, conoscenza delle diverse tecniche di studio della migrazione e di alcuni suoi aspetti (inanellamento, *moonwatch*, esperimenti di orientamento, analisi della dieta), standardizzazione dei metodi di studio, inseri-

mento delle informazioni raccolte sul campo in un database, effettuazione di analisi statistiche per la verifica delle ipotesi.

Le stazioni di inanellamento hanno avuto dunque un ruolo fondamentale nella formazione degli studenti che hanno svolto il loro lavoro di tesi presso il Parco: alcuni di essi hanno poi continuato l'attività intrapresa e svolgono oggi la professione di ornitologi e naturalisti.

#### 4.4. Conclusioni e prospettive future

---

Gli Uccelli rappresentano un gruppo fondamentale nella conservazione della natura in quanto presentano tutte le caratteristiche di un buon indicatore (facilità di riconoscimento, contattabilità, possibilità di calcolare indici quantitativi di popolazione, presenza in tutti i periodi dell'anno, ecc.) e funzionano magnificamente da specie ombrello, la cui preservazione consente la salvaguardia di molte altre specie o *taxa*.

L'Italia si trova in una posizione strategica per lo studio delle migrazioni: ponte naturale tra Europa ed Africa, costituisce complessivamente una direttrice della massima rilevanza per un ampio spettro di specie e per vasti contingenti di migratori che devono superare le barriere ecologiche delle Alpi e del bacino del Mediterraneo (Andaloro et al., 2009).

Il Parco del Ticino è uno dei pochi Enti a supportare regolarmente l'attività di studio della migrazione in maniera strutturata e continuativa attraverso le stazioni di cattura ed inanellamento: questa tecnica può costituire uno strumento di studio molto potente ed efficace, a patto che venga supportata da un robusto approccio scientifico e praticata con procedure standardizzate. Attraverso i numerosi dati raccolti nelle stazioni ornitologiche del Parco sono stati indagati ed approfonditi diversi aspetti dell'ecologia della migrazione, in particolare ecologia della sosta ed effetti dell'inquinamento luminoso sul sistema di migrazioni attraverso il Parco.

Altri argomenti interessati dall'attività di studio condotta nel Parco sono stati l'andamento numerico delle popolazioni migratrici negli anni, la valutazione del loro stato fisiologico, l'individuazione delle diverse popolazioni in transito, la dieta dei migratori e la relazione tra gli ambienti naturali presenti nel Parco e l'efficacia della sosta migratoria.

L'inanellamento è stato al centro del progetto Interreg IIIA "Azioni coordinate e congiunte lungo il fiume Ticino per il controllo a lungo termine della biodiversità" (cfr. Par. Box ), nel quale si è lavorato sull'interazione tra biodiversità ed attività agricola, arrivando a definire e realizzare interventi per migliorare la funzionalità ecosistemica nelle aziende agricole. All'interno del progetto, oltre alla funzione di centro di ricerca, è stato valorizzato il ruolo didattico e formativo dell'inanellamento a scopo scientifico.

Nel corso del progetto e negli anni successivi la sede dell'attività di inanellamento è stata spostata in località Boscaccio a Vizzola Ticino, non lontano dal Centro Parco Dogana e in uno dei luoghi di attuazione delle azioni di miglioramento ambientale previsti dal progetto stesso. L'inanellamento ha pertanto assunto il ruolo di monitoraggio degli effetti degli interventi di miglioramento ambientale.

In futuro con tale attività sarà dunque possibile fare luce sugli esiti dei miglioramenti ambientali messi in campo per incrementare la biodiversità dell'area di proprietà del Parco e i dati raccolti costituiranno un valido strumento di verifica delle azioni pianificate a tavolino. Allo stesso tempo le attività di cattura, grazie alla possibilità di effettuare un esame dei parametri fisiologici dei migratori, permetteranno di tenere sotto osservazione lo stato di salute delle popolazioni migratrici in transito attraverso il Parco. I valori del peso e alcuni indici come il peso corretto per la taglia strutturale si possono considerare indicatori delle condizioni "istantanee" dei migratori, influenzate in generale dalle condizioni climatiche e ambientali esperite durante il tragitto migratorio.

La raccolta a lungo termine di dati biometrici consentirà dunque di valutare l'andamento di tali parametri e di individuare eventuali variazioni significative, corrispondenti ad un peggioramento (o miglioramento) dello stato di salute delle popolazioni migratrici.

Uno degli obiettivi che continuerà ad essere perseguito dalla stazione ornitologica sarà quello di valutare l'efficacia della sosta per i Passeriformi migratori, analizzando contemporaneamente la disponibilità di risorse trofiche in modo da chiarire i legami tra le due variabili. Il successo nella sosta migratoria costituisce un parametro importante per valutare la funzionalità degli ecosistemi presenti nel Parco.

Riguardo agli obiettivi sopra esposti va sottolineato che i dati raccolti nel Parco non dovrebbero avere unicamente un utilizzo a livello locale, ma contribuire ad incrementare le conoscenze sul fenomeno della migrazione a livello regionale e nazionale. A tal fine in Lombardia la Legge Re-

gionale 26 del 1993 auspica la creazione di una rete di osservatori ornitologici (almeno uno per Provincia) finalizzati alla raccolta di dati sulle migrazioni.

A scala nazionale l'I.S.P.R.A. ha fatto e continua a fare un grande sforzo per coordinare e gestire le attività di cattura e inanellamento. Tale sforzo ha portato alla recente pubblicazione di un volume importante – l'Atlante della Migrazione degli Uccelli in Italia (Spina e Volponi, 2008b) – con elaborazioni di base su quasi 300 specie. Ciò che però sembra mancare nel nostro Paese è la costituzione di un network di stazioni di inanellamento supportate economicamente ed operativamente dagli Enti territoriali, che siano in grado di lavorare in rete con metodologie scientifiche standardizzate finalizzate a definire gli andamenti delle specie migratrici, analogamente a quanto accade per le specie nidificanti (progetto MITO2000 - [www.mito2000.it](http://www.mito2000.it)). In quest'ottica costituiscono una fortunata eccezione il Progetto Piccole Isole, progetto di studio della migrazione primaverile nelle piccole isole del mediterraneo, ed il Progetto Alpi, che si occupa invece di studiare la migrazione autunnale nel contesto alpino.

Da quanto detto emerge l'importanza del sostegno che il Parco del Ticino, con il contributo di Regione Lombardia, ha fino ad oggi riservato allo studio delle migrazioni.

Nel Parco del Ticino l'attività svolta assume maggior rilievo se si considera l'importante funzione di formazione universitaria cui le stazioni ornitologiche hanno assolto ospitando diversi studenti degli atenei lombardi durante la realizzazione del proprio lavoro di tesi. Allo stesso modo è da giudicare molto positivamente l'attività didattico-divulgativa realizzata presso i centri ornitologici durante il progetto Interreg IIIA negli anni 2005-2006. Tale attività, per la sua importanza, merita di essere potenziata negli anni a venire, con l'implementazione di una collaborazione stabile tra l'osservatorio ornitologico e le scuole dei comuni aderenti al Consorzio del Parco. Il connubio tra inanellamento e didattica ambientale si è dimostrato assai proficuo in molti contesti, sia in termini di visibilità dell'attività di ricerca sia in termini di efficacia dell'azione didattica.

Con l'attività di inanellamento sarà possibile far crescere nelle nuove generazioni degli abitanti del Parco quella cultura naturalistica che tanto manca al nostro Paese. La collocazione della stazione all'interno di una Zona a Protezione Speciale potrebbe anche essere sfruttata per introdurre i ragazzi all'esistenza di politiche di conservazione sovranazionali ed alla responsabilità che ogni stato ha nel raggiungimento degli obiettivi di conservazione del patrimonio naturale comune.

I dati raccolti nei centri ornitologici del Parco hanno in effetti costituito una importante sorgente di dati per le aree della Rete Natura 2000. Il Parco, come Ente Gestore, ha il dovere di monitorare le componenti più importanti della biodiversità nei siti del network. All'assolvimento di tale compito hanno indubbiamente contribuito i dati di cattura e inanellamento, che hanno portato preziose informazioni su uno dei gruppi animali più importanti e minacciati: gli uccelli migratori.

Per gli anni a venire la linea di azione del Parco in merito allo studio della migrazione sembra quindi delineata: sostenere l'operatività della stazione ornitologica potenziando l'interazione tra l'attività di ricerca e quella didattica. Ciò contribuirà a divulgare ai fruitori del territorio l'operato del centro di inanellamento ed il suo ruolo nello studio e nella conservazione degli Uccelli migratori. Parimenti sarebbe auspicabile che lo sforzo di coordinamento dei centri ornitologici da parte dell'Osservatorio Faunistico Regionale giunga a compimento attraverso la condivisione delle metodologie di lavoro e la produzione di indici sintetici dell'andamento numerico dei contingenti migratori regionali. Solo così sarebbe possibile ottenere una valutazione affidabile dello stato di conservazione degli Uccelli migratori in Lombardia.



## Aiutiamo i nostri amici alati: come ottenere un giardino "ornitologico" con pochi semplici accorgimenti.

Esistono molte specie di Uccelli che frequentano le abitazioni, in particolare giardini, cortili e terrazzi, durante tutto l'anno, scegliendo magari le nostre siepi per porvi il nido o il nostro prato per cercare insetti. In inverno poi, quando dominano il freddo e il gelo e nei boschi e nelle campagne le risorse scarseggiano, molti Uccelli si trasferiscono a ridosso delle case, eleggendole a "dimore invernali". Come fare per rendere utili e accoglienti i nostri spazi per questi graditi ospiti?

Se potessimo realizzare un giardino ideale che soddisfi anche i nostri compagni piumati, dovremmo prevedere la presenza di piante di varia altezza e portamento, che diano fiori e frutti durante tutto l'anno. Ad esempio, cespugli di Biancospino, Sambuco, Prugnolo e, perché no, anche un Rovo sarebbero molto graditi.

Per l'inverno potremmo piantare un Sorbo o un bel Caco, avendo cura di lasciare qualche frutto per i bisogni degli Uccelli.

Potremmo poi mettere a dimora delle siepi, meglio se di Ligustro o Agazzino, specie che creano intrecci molto fitti, ideali per ripararsi o costruire il nido, e che forniscono bacche appetite. Il Fico e la Vite, con i loro frutti dolci e abbondanti, possono soddisfare le esigenze di tutti, dal proprietario del giardino al Merlo, che mangerebbe i frutti più scomodi da raccogliere. Non dovremmo però occupare tutta la superficie a nostra disposizione con alberi o arbusti, ma sarebbe una buona idea lasciare una parte a prato (ottimo per lombrichi e insetti) e una magari incolta, con vegetazione spontanea: moltissime specie di Uccelli trovano nutrimento nei semi di piante erbacee comuni che, di solito, per nostra eccessiva cura, non giungono neanche a fioritura!

Ma se non abbiamo la possibilità di organizzare un giardino, ecco alcuni suggerimenti per chi desidera condividere i propri spazi con gli Uccelli "urbanizzati".

Il periodo di nidificazione, che corrisponde a primavera ed estate, è molto importante, in quanto la maggior parte degli Uccelli si riproduce e quindi costruisce il nido. Tra gli accorgimenti che possiamo adottare, quindi, una bella cassetta nido potrebbe fare al caso nostro.



*Quando si posizionano mangiatoie o cassette nido bisogna sempre ricordarsi di sistemarle in modo da rendere difficoltoso l'accesso ai possibili predatori, come ad esempio i gatti (Foto di Willem Siers / FreeDigitalPhotos.net)*

mangime giusto per gli ospiti che intendiamo intrattenere. Anche le mangiatoie devono essere sistemate in modo da non esporre

al pericolo gli Uccelli che le utilizzeranno, e dovranno essere "apparecchiate" con il cibo adeguato: granaglie per passerai, fringuelli e affini e mangime per insettivori per chi preferisce, come i pet-



*Il Biancospino è una pianta ideale per realizzare un "giardino ornitologico", poiché assicura agli Uccelli un ambiente protetto per la realizzazione del nido e piccole bacche di cui nutrirsi durante la stagione autunnale. Le graziose fioriture primaverili garantiscono la qualità estetica del nostro giardino (Foto di G. Calvi)*

Ne esistono di molti tipi, adatti alle diverse specie di Uccelli, e sono facilmente reperibili presso negozi di animali, garden-center e fai-da-te. Per i più intraprendenti, sono disponibili in rete le istruzioni per costruirsi da sé i nidi artificiali. È importante disporli in posizioni sopraelevate, appesi a un albero o a un muro, in modo da proteggere il nido da predatori molto "comuni", come i gatti, e possibilmente lontani da fonti di disturbo come, ad esempio, luoghi di passaggio molto frequentati. I nidi artificiali sono utilizzati per più stagioni anche dagli stessi individui, è buona norma, in autunno, dare una ripulita alla cassetta o, in alternativa, controllare alla fine dell'inverno che non sia danneggiata o magari abitata da ospiti "indesiderati": i ghiri ad esempio trovano di loro gradimento l'ambiente tranquillo di una cassetta nido!

Un altro aiuto importante, in questo periodo caratterizzato da elevate richieste energetiche, è rappresentato dalla disponibilità di cibo e acqua posizionati in luoghi sicuri e accessibili ai soli Uccelli. Quindi sono benvenuti abbeveratoi e mangiatoie, corredate del



*Le mangiatoie da giardino sono importanti perché vengono costruite in modo da consentire l'accesso solo alle specie di piccole dimensioni. Se provassimo a spargere il cibo su una superficie come un prato o un cortile, richiameremmo sicuramente l'attenzione di Uccelli più grandi e "prepotenti", come Piccioni, Gazze e Cornacchie grigie, tutte specie che sono in grado di cavarsela senza l'aiuto delle nostre mangiatoie! (Foto di Paul Brentnall / FreeDigitalPhotos.net)*

da tutto il vicinato, ottenibile anche in casa con una retina da aglio e una buona dose di burro amalgamato a semi di vario genere (girasole, miglio, canapa, riso), oppure si può riempire la retina con la frutta secca sgusciata e frantumata. Per questo scopo possiamo tranquillamente usare la frutta secca di seconda scelta, magari i gherigli che scartiamo perché anneriti o ammuffiti. Ricordiamoci di non interrompere questa nostra abitudine nel bel mezzo dell'inverno: una volta abituati al nostro aiuto, gli Uccelli vi fanno affidamento e l'interruzione nel corso dell'inverno potrebbe metterli seriamente in difficoltà.

È quindi molto importante controllare che il cibo sia sempre disponibile e, soprattutto, che il movimento di Uccelli da e per la mangiatoria non attiri qualche curioso di troppo!

tiroso o le capinere, un pasto più... proteico. Gli abbeveratoi poi sono ancora più semplici da realizzare: basta un sottovaso con un dito d'acqua, rifornito regolarmente, e avrete dissetato tutti gli Uccelli del vicinato. Anche una fontana poco profonda può essere sufficiente, e una piccola pozza con vegetazione acquatica potrebbe essere una soluzione ideale per inserire una notevole diversificazione ambientale in giardino.

In autunno e all'inizio della primavera molte specie di Uccelli intraprendono un lungo e affascinante viaggio: la migrazione. Questo movimento interessa milioni di individui all'anno, che volano sopra le nostre teste giorno e notte. È sbagliato pensare che questo fenomeno non ci coinvolga, perché anche le città e i paesi sono interessati dalle migrazioni: diventa quindi utile predisporre dei punti di sosta per Uccelli bisognosi di recuperare le forze.

Durante la migrazione, in particolare quella autunnale, è quindi necessario mantenere riserve di cibo ben disponibili, rimpiazzando i nidi artificiali con altre mangiatoie.

In inverno, il nostro contributo per aiutare gli Uccelli a superare le difficoltà tipiche del clima rigido può essere determinante. Attenzione, perché comportamenti ritenuti utili, come ad esempio spargere in cortile o in giardino i residui alimentari accumulati sulle tovaglie, in realtà favoriscono specie come il Piccione o la Cornacchia grigia! Per non sprecare una risorsa comunque utile, possiamo raccogliere le briciole e sistemarle nelle mangiatorie. Aggiungeremo inoltre altre fonti di cibo di sicuro successo tra gli Uccelli infreddoliti.

Ad esempio un pallina di grasso per Uccelli, su cui si poseranno le cince provenienti



*Anche una piccola raccolta di acqua può attirare molti uccelli nel nostro giardino (Foto di Paul Brentnall / FreeDigitalPhotos.net)*



*La redazione raccomanda per la citazione bibliografica di questo volume la seguente dizione:*

*Calvi G., Buvoli L., Tonetti J. e Bonazzi P., 2010. La migrazione degli Uccelli nella Valle del Ticino. Dieci anni di inanellamento. Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino. Arti Grafiche G. Casonato, Vigevano (PV).*

*Il contenuto anche parziale della presente pubblicazione può essere riprodotto solo citando il nome degli autori, il titolo del lavoro e il Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino.*

## 5. BIBLIOGRAFIA

---

- A.A.V.V. 2007a. Il Centro Studi sulle Migrazioni nella Riserva Naturale del Fondo Toce. Ente di gestione dei Parchi e delle Riserve Naturali del Lago Maggiore.
- A.A.V.V. 2007b. Azioni coordinate e congiunte lungo il fiume Ticino per il controllo a lungo termine della biodiversità. Parco Lombardo della Valle del Ticino, Fondazione Bolle di Magadino, Parco Naturale della Valle del Ticino Piemontese, Ente Parchi e Riserve Naturali del Lago Maggiore, Associazione FaunaViva.
- Alerstam, T. & Enkell, P. H. 1979. Unpredictable habitats and the evolution of bird migration. *Oikos* 33: 228-232.
- Alerstam, T. & Hedenström, A. 1998. The development of bird migration theory. *Journal of Avian Biology* 29: 343-369.
- Alerstam, T. & Lindström, Å. 1990. Optimal bird migration: the relative importance of time, energy and safety. In: Gwinner, E. (Ed.), *Bird migration: ecology and ecophysiology*, Springer, Berlin, Germany.
- Andaloro, F., Biscardi, S., Bulgarini, F., Calvario, E., Celada, C., Fraticelli, F., Giordano, A., Massa, B., Montemaggiori, A., Russo, D., Spina, F., Zerunian, S. & Zilli, A. 2009. Verso la Strategia Nazionale per la Biodiversità – Tavolo 8: Tutela delle specie migratrici e dei processi migratori. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Direzione per la Protezione della Natura. Arizaga, J., Barba, E. & Belda, E. J. 2008. Fuel management and stopover duration of Blackcaps *Sylvia atricapilla* stopping over in northern Spain during autumn migration period. *Bird Study* 55(1): 124-134.
- Arizaga, J., Campos, F. & Alonso, D. 2006. Variations in wing morphology among subspecies might reflect different migration distances in Bluethroat. *Ornis Fennica* 83: 162-169.
- Baillie, S. R. & Peach, W. J. 1992. Population limitation in Palearctic-African migrant passerines. *Ibis* 134, Suppl. 1: 120-132.
- Bairlein, F. 1999. Energy and nutrient utilisation efficiencies in birds: a review. In: Adams, N. & Slotow, R. H. (Ed.), *Proceedings of the 22nd international ornithological congress*, Durban, BirdLife South Africa, Johannesburg.
- Bairlein, F. 1990. Nutrition and food selection in migratory birds. In: Gwinner, E. (Ed.), *Bird migration: physiology and ecophysiology*, Springer, Berlin Heidelberg New York.
- Bairlein, F. 1987. Nutritional requirements for maintenance of body weight and fat deposition in the long-distance migratory Garden Warbler, *Sylvia borin* (Boddaert). *Comp. Biochem. Physiol* 86A: 337-347.
- Bairlein, F. 1991. Body mass of garden warblers (*Sylvia borin*) on migration: a review of field data. *Vogelwarte* 36: 48-61.
- Bairlein, F. 1995. European-African Songbird Migration network. *Manual of Field Methods*.
- Bairlein, F. 2002. How to get fat: nutritional mechanisms of seasonal fat accumulation in migratory songbirds. *Naturwissenschaften* 89: 1-10.
- Bairlein, F. & Gwinner, E. 1994. Nutritional mechanisms and temporal control of migratory energy accumulation in birds. *Annual Review of Nutrition* 14: 187-215.
- Bairlein, F. & Simons, D. 1995. Nutritional adaptations in migrating birds. *Isr. J. Zool.* 41: 357-367.
- Bardi, A., Bendini, L., Coppola, F., Fasola, M. & Spina, F. 1983. *Manuale per l'inanellamento degli uccelli a scopo di studio*.
- Batschelet, E. 1981. *Circular statistics in biology*. Academic Press, London.
- Beekman, J. H., Nolef, B. A. & Klaassen, M. 2002. Skipping swans: fuelling rates and wind conditions determine differential use of migratory stopover sites of Bewick's Swans *Cygnus bewickii*. *Ardea* 90: 437-460.

- Bell, C. P. 2000. Process in the evolution of bird migration and pattern in avian ecogeography. *Journal of Avian Biology* 31(2): 258-265.
- Bell, C. P. 2005. The origin and development of bird migration: comments on Rappole and Jones, and an alternative evolutionary model. *Ardea* 93(1): 115-123.
- Bensch, S. 1999. Is the range size of migratory birds constrained by their migratory program? *Journal of Biogeography*, 26, 1225–1235 26: 1225-1235.
- Berry, P., Vanhinsberg, D., Viles, H., Harrison, P., Pearson, R., Fuller, R., Butt, N. & Miller, F. 2001. Impacts on terrestrial environments. In: P.A. Harrison, P.M. Berry & T.P. Dawson (Eds.), *Climate change and Nature Conservation in Britain and Ireland: modelling natural resource responses to climate change (the MONARCH project)*. UKCIP technical report, Oxford. [http://www.ukcip.org.uk/model\\_nat\\_res/model\\_nat\\_res.html](http://www.ukcip.org.uk/model_nat_res/model_nat_res.html), pp. 43-150.
- Berthold, P. 1993. *Bird migration. A general survey*. Oxford University Press, Oxford.
- Berthold, P. 1995. Microevolution of migratory behaviour illustrated by the Blackcap *Sylvia atricapilla*: 1993 Witherby Lecture. *Bird Study* 42: 89-100.
- Berthold, P. 1996. *Control of Bird Migration*. Chapman & Hall, London.
- Berthold, P. 1998. Vogelwelt und Klima: gegenwärtige Veränderungen. *Naturw. Rdsch* 51: 337-346.
- Berthold, P. 1999. A comprehensive theory for the evolution, control and adaptability of avian migration. *Ostrich* 70: 1-11.
- Berthold, P. 2001. *Bird Migration. A General Survey*. Oxford University Press.
- Berthold, P. 2003. *La migrazione degli uccelli. Una panoramica attuale*. Bollati Boringhieri, Torino.
- Berthold, P., Kaatz, M. & Querner, U. 2004. Long-term satellite tracking of White Stork (*Ciconia ciconia*) migration: constancy versus variability. *Journal of Ornithology* 145: 356-359.
- Berthold, P., Mohr, G. & Querner, U. 1990. Steuerung und potentielle Evolutionsgeschwindigkeit des obligaten Teilziehverhaltens: Ergebnisse eines Zweiweg-Selektionsexperiments mit der Mönchsgrasmücke (*Sylvia atricapilla*). *Journal of Ornithology* 131: 33-45.
- Boano, G.; Bonardi, A. & Silvano, F. Nightingale *Luscinia megarhynchos* survival rates in relation to Sahel rainfall *Avocetta*, 2004, 28, 77-85
- Bogliani, G., Agapito Ludovici, A., Arduino, S., Brambilla, M., Casale, F., Crovetto, G. M., Falco, R., Siccardi, P. & Trivellini, G. 2007. Aree prioritarie per la biodiversità nella Pianura Padana lombarda. Fondazione Lombardia per l'Ambiente e Regione Lombardia, Milano.
- Bonazzi, P., Tonetti, J. & Fornasari, L. 2003. La fenologia della migrazione nel Parco del Ticino. In: Fornasari, L. (Ed.), *La migrazione degli Uccelli nella Valle del Ticino e l'impatto di Malpensa*, Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino.
- Both, C., Bouwhuis, S., Lessells, C. M. & Visser, M. E. 2006. Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature* 441: 81-83.
- Bovio, F. 1994. *Le migrazioni nella Valle del Ticino. Parco Piemontese del Ticino*.
- Brichetti, P. & Fracasso, G. 2004. *Ornitologia italiana. Vol. 2 - Tetraonidae-Scolopacidae*. Alberto Perdisa Editore, Bologna.
- Brown, M. E. 1996. Assessing body condition in birds. *Curr. Ornithol* 13: 67-135.
- Bruderer, B. 1997a. The study of bird migration by radar. Part 1. The technical bases. *Naturwissenschaften* 84: 1-8.
- Bruderer, B. 1997b. The study of bird migration by radar. Part 2. Major achievements. *Naturwissenschaften* 84: 45-54.
- Burton, J. F. 1995. *Birds and Climate Change*. Christopher Helm, London.
- Busse, P. 1995. New technique of a field study of directional preferences of night passerine migrants. *Ring* 17 (1-2): 97-116.

- Butler, P. J. & Woakes, A. J. 1990. The physiology of bird flight. In: Gwinner, E. (Ed.), *Bird Migration: Physiology and Ecophysiology*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- Calvario, E., Fraticelli, F., Gustin, M., Sarrocco, S. & Sorace, A. 1989. The Blackcap *Sylvia atricapilla* and the Garden Warbler *Sylvia borin* as pollinators of *Rhamnus alaternus* (Rhamnaceae). *Avocetta* 13: 53-55.
- Calvi, G. 2008. Monitoraggio dell'avifauna migratrice nel Parco Lombardo della Valle del Ticino - Analisi dei dati di inanellamento raccolti nella stazione ornitologica "Dogana" di Vizzola Ticino (VA). Rapporto Tecnico non pubblicato. Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino.
- Calvi, G. & Buvoli, L. 2007. Le indagini faunistiche. In: A.A.V.V., Azioni coordinate e congiunte lungo il fiume Ticino per il controllo a lungo termine della biodiversità, Consorzio Lombardo Valle del Ticino.
- Campedelli, T. & Tellini Florenzano, G. 2002. Indagine bibliografica sull'impatto dei parchi eolici sull'avifauna. Centro Ornitologico Toscano.
- Catry, P., Lecoq, M., Araújo, A., Conway, G., Felgueiras, M., King, J. M. B., Rumsey, S., Salima, H. & Tenreiro, P. 2005. Differential migration of chiffchaffs *Phylloscopus collybita* and *P. ibericus* in Europe and Africa. *J Avian Biol* 36: 184-190.
- Chamberlain, C. P., Bensch, S., Feng, X., Åkesson, S. & Andersson, T. 2000. Stable isotopes examined across a migratory divide in Scandinavian willow warblers (*Phylloscopus trochilus trochilus* and *Phylloscopus trochilus acredula*) reflect their African winter quarters. *Proc. Biol. Sci.* 267(1438): 43-48.
- Choquet, R. & Pradel, R. 2003. User's manual for SODA. Mimeographed document, CEFE/CNRS, Montpellier ( <ftp://ftp.cefe.cnrs.fr/biom/Soft-CR/Archives/>).
- Collinson, N. & Sparks, T. 2005. Nature's calendar – 2004 results for the UK phenology network. *British Wildlife* 16: 251-256.
- Cooch, E. & White, G. 1999. Program MARK: a gentle introduction. <http://canuck.dnr.cornell.edu/misc/cmr/mark/docs/book/>.
- Coppack, T., Pulido, F. & Berthold, P. 2001. Photoperiodic response to early hatching in a migratory bird species. *Oecologia* 128: 181-186.
- Cox, W. G. 1968. The role of competition in the evolution of migration. *Evolution* 22: 180-192.
- Crick, H. Q. P. 2004. The impact of climate change on birds. *Ibis* 146: 48-56.
- Crick, H. Q. P., Dudley, C., Glue, D. E. & Thomson, D. L. 1997. UK birds are laying eggs earlier. *Nature* 388: 526.
- Crick, H. Q. P. & Sparks, T. H. 1999. Climate change related to egg-laying trends. *Nature* 399: 423-424.
- Delingat, J., Dierschke, V., Schmaljohann, H., Mendel, B. & Bairlein, F. 2006. Daily stopovers as optimal migration strategy in a long distance migrating passerine: the northern wheatear (*Oenanthe oenanthe*). *Ardea* 94: 593-605.
- Desholm M., Fox A.D., Beasley P.D.L. & Kahlert J. 2006. Remote techniques for counting and estimating the number of bird-wind turbine collisions at sea: a review. *Ibis*, 148(s1) : 76-89.
- van Dijk, A. J., Roder, F. E., de Marteijn, E. C. L. & Spickman, H. 1990. Summering waders on the Banc d'Arguin, Mauritania: a census in June 1988. *Ardea* 78: 145-156.
- Dolnik, V. R. & Bolshakov, L. V. 1985. Preliminary results of vernal nocturnal bird passage study over arid and mountain areas of central Asia: latitudinal crossing. In: Dolnik, V. R. (Ed.), *Spring nocturnal bird passage over arid and mountain areas of Asia middle and Kazakhstan*, Moscow, USSR, Academy of Sciences.
- Drent, R., Both, C., Green, M., Madsen, J. & Piersma, T. 2003. Pay-offs and penalties of competing migratory schedules. *Oikos* 103: 274-292.
- Duncker, H. 1905. *Wanderzug der Vogel*. Verlag von Gustaf Fisher.

- Dunn, E. H. 2000. Temporal and spatial patterns in daily mass gain of Magnolia Warblers during migratory stopover. *Auk* 117: 12-21.
- Dänhardt, J. & Lindström, Å. 2001. Optimal departure decisions of songbirds from an experimental stopover site and the significance of weather. *Animal Behaviour* 62(2): 235-243.
- Eastwood, E. 1967. Radar ornithology. London, Methuen.
- EEA 2004. Impacts of Europe's changing climate. European Environment Agency.
- Emlen, S. T. & Emlen, J. T. J. 1966. A Technique for Recording Migratory Orientation of Captive Birds. *Auk* 83: 361-367.
- Erni, B., Liechti, F. & Bruderer, B. 2002. Stopover Strategies in Passerine Bird Migration: A Simulation Study. *Journal of Theoretical Biology* 219: 479-493.
- Evans, K. L., Waldron, S. & Bradbury, R. B. 2003. Segregation in the African wintering ranges of English and Swiss Swallow *Hirundo rustica* populations: a stable isotope study. *Bird Study* 50: 294-299.
- Farner, D. S. 1955. The annual stimulus for migration: experimental and physiologic aspects. In: Wolfson, A. (Ed.), *Recent studies in avian biology*, Urbana.
- Faustino, C., Jennelle, C. S., Connolly, V., Davis, A. K., Swarthout, E. C., Cooch, E. G. & Dhondt, A. A. 2004. Mycoplasmal gallisepticum infection dynamics in a House Finch population: empirical analysis of seasonal variation in survival, encounter and transmission rate. *Journal of Animal Ecology* 73: 651-669.
- Fiedler, W. 2003. Recent changes in migratory behaviour of birds: a compilation of field observation and ringing data. In: Berthold, P., Gwinner, E. & Sonnenschein, E. (Ed.), *Avian migration*, Springer, Berlin Heidelberg New York.
- Fisher, I. J., Pain, D. G. & Thomas, V. G. 2006. A review of lead poisoning from ammunition sources in terrestrial birds. *Biological Conservation* 131: 421-432.
- Forchhammer, M. C., Post, E. & Stenseth, N. C. 2002. North Atlantic Oscillation timing of long- and short-distance migration. *Journal of Animal Ecology* 71: 1002-1014.
- Fornasari, L. 1987. Le stazioni di inanellamento in Lombardia. *Sitta* 1: 143-163.
- Fornasari, L., Bonazzi, P., de Carli, E. & Ioele, A. 2003. Il ruolo del Ticino per la Migrazione. In: Fornasari, L. (Ed.), *La migrazione degli uccelli nella Valle del Ticino e l'impatto di Malpensa*, Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino.
- Forstmeier, W. 2002. Benefits of early arrival at breeding grounds vary between males. *Journal of Animal Ecology* 71: 1-9.
- Fransson, T., Jakobsson, S., Johansson, P., Kullberg, C., Lind, J. & Vallin, A. 2001. Bird migration: Magnetic cues trigger extensive refuelling. *Nature* 414: 35-36.
- Frederiksen, M. 2002. The use of data from bird ringing schemes as indicators of environmental change: a feasibility study. European Topic Centre.
- Frugis, S. 1975. Lo studio delle migrazioni in Italia: una cosa seria? *Riv. Ital. Orn.* XLV: 279-287.
- Furness, R. W., Greenwood, J. J. D. & Jarvis, P. J. 1993. Can birds be used to monitor the environment? In: Furness, R. W. & Greenwood, J. J. D. (Eds.), *Birds as monitors of environmental change*. pp. 1-41.
- Gauthreaux, S. A. 1982. The ecology and evolution of avian migration. *Journal of Avian Biology* 168: 6-93.
- Gauthreaux, S. A., Belser, C. G. & van Blaricom, D. 2003. Using a network of WSR-88D weather surveillance radars to define patterns of bird migration at large spatial scales. In: Berthold, P., Gwinner, E. & Sonnenschein, E. (Ed.), *Avian migration*, Berlin, Springer.
- Greenwood, H., Clark, R. G. & Weatherhead, P. J. 1986. Condition bias of hunter-shot mallards (*Anas platyrhynchos*). *Can. J. Zool. Rev. Can. Zool.* 64: 599-601.
- Guglielmo, C. G., Hauerland, N. H. & Williams, T. D. 1998. Fatty acid binding protein, a major protein in the flight muscle of migrating western sandpipers. *Comp. Biochem. Physiol.* 119B: 549-555.

- Hahn, S., Bauer, S. & Liechti, F. 2009. The natural link between Europe and Africa - 2.1 billion birds on migration. *Oikos* 118: 624-626.
- Hedenström, A. 2004. Migration and morphometrics of Temminck's Stint *Calidris temminckii* at Ottenby, southern Sweden. *Ringing & Migration* (2004) 22, 51-58 22: 51-58.
- Hedenström, A. & Alerstam, T. 1997. Optimum fuel loads in migratory birds: distinguishing between time and energy minimization. *J. Theor. Biol.* 189: 227-234.
- Heitmeyer, M. E., Fredrickson, L. H. & Humburg, D. D. 1993. Further evidence of biases associated with hunter-killed mallards. *J. Wildl. Manage.* 57: 733-740.
- Helbig, A. J. 2003. Evolution of bird migration: a phylogenetic and biogeographic perspective. In: Berthold, P., Gwinner, E. & Sonnenschein, E. (Ed.), *Avian migration*, Springer, Berlin Heidelberg New York.
- Helbig, A. J., Berthold, P. & Wiltschko, W. 1989. Migratory orientation of Blackcaps (*Sylvia atricapilla*): population-specific shifts of direction during the autumn. *Ethology* 82: 307-315.
- Hengeveld, R. 1993. What to do about the North American invasion by the Collared Dove? *Journal of Field Ornithology* 64: 477-489.
- Herrera, C. M. 1984. A Study of Avian Frugivores, Bird-Dispersed Plants, and Their Interaction in Mediterranean Scrublands. *Ecological Monographs* 54(1): 1-23.
- Hobson, K. A. 1999. Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: A review. *Oecologia* 120: 314-326.
- Hume, I. D. & Biebach, H. 1996. Digestive tract function in the longdistance migratory garden warbler, *Sylvia borin*. *Journal of Comparative Physiology B* 166: 388-395.
- Hunt, W. J., Jackman, R. E., Jenkins, J. M., Thelander, C. G. & Lehman, R. 1992. Northward post-fledging migration of Californian Bald Eagles. *J. Raptor Res.* 26: 19-23.
- Hüppop, O. & Hüppop, K. 2003. North Atlantic Oscillation and timing of spring migration in birds. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 270: 233-240.
- Igual, J. M., Forero, M. G., Tavecchia, G., Gonzalez-Solis, J., Martinez-Abraín, A., Hobson, K. A., Ruiz, X. & Oro, D. 2005. Short-term effects of data loggers on Cory's Shearwater (*Calonectris diomedea*). *Marine Biology* 146: 319-624.
- Jordano, P. & Herrera, C. M. 1981. The frugivorous diet of Blackcap *Sylvia atricapilla* populations wintering in southern Spain. *Ibis* 123: 502-507.
- Jouventin, P. & Weimerskirch, H. 1990. Satellite tracking of Wandering Albatrosses. *Nature* 343: 746-748.
- Kaiser, A. 1993. A new multi-category classification of subcutaneous fat deposits in songbirds. *J. Field Ornithol.* 64: 246-255.
- Karasov, W. H. & Pinshow, B. 1998. Changes in lean mass and in organs of nutrient assimilation in a long-distance passerine migrant at a springtime stopover site. *Physiological Zoology* 71: 435-448.
- Kerlinger, Moore, 1989. P. K. & Moore, F. 1989. Atmospheric structure and avian migration. In: Power, D. M. (Ed.), *Current Ornithology*, Plenum Press, New York.
- Klaassen, M. & Biebach, H. 2000. Flight altitude of trans-Sahara migrants in autumn: a comparison of radar observations with predictions from meteorological conditions and water and energy balance models. *J. Avian Biol.* 31: 47-55.
- Kokko, H. 1999. Competition for early arrival in migratory birds. *J. Anim. Ecol.* 68: 940-950.
- Kokko, H. T., Gunnarsson, G., Morrell, L. J. & Gill, J. A. 2006. Why do female migratory birds arrive later than males? *Journal of Animal Ecology* 75: 1293-1303.
- Kolunen, H. & Peiponen, V. A. 1991. Delayed autumn migration of the swift *Apus apus* from Finland in 1986. *Ornis Fennica* 68: 81-92.

- Kullberg, C., Henshaw, I., Jakobsson, S., Johansson, P. & Fransson, T. 2007. Fuelling decisions in migratory birds: geomagnetic cues override the seasonal effect. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 274: 2145-2151.
- Kullberg, C., Lind, J., Fransson, T., Jakobsson, S. & Vallin, A. 2003. Magnetic cues and time of season affect fuel deposition in migratory thrush nightingales (*Luscinia luscinia*). *Proc. Biol. Sci.* 2003 February 22, 270(1513): 373-378.
- Kuyt, E. 1992. Aerial radio-tracking of Whooping Cranes migrating between Wood Buffalo National Park and Aransas National Wildlife Refuge, 1981-84.
- Lack D. 1954. The natural regulation of animal numbers. Oxford University Press.
- Lack, D. 1968. Bird migration and natural selection. *Oikos* 19: 1-9.
- Lank, D. B. 1989. Why fly by night? Inferences from tidally-induced migratory departures of sandpipers. *J. Field Ornithol.* 60: 154-161.
- Lebreton, J. D., Burnham, K. P., Clobert, J. & Anderson, D. R. 1992. Modelling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. *Ecological Monographs* 62: 67-118.
- Lee, S. J., Witter, M. S., Cuthill, I. C. & Goldsmith, A. R. 1996. Reduction in escape performance as a cost of reproduction in gravid starlings, *Sturnus vulgaris*. *Proc. R. Soc. Lond. B* 263: 619-624.
- Lepczyk, C. A., Murray, K. G., Winnett-Murray, K., Bartell, P., Geyer, E. & Work, T. 2000. Seasonal fruit preferences for lipids and sugars by American robins. *Auk* 117: 709-717.
- Liechti, F., Bruderer, B. & Paproth, H. 1995. Quantification of nocturnal bird migration by moonwatching: comparison with radar and infrared observations. *J. Field Ornithol.* 66: 457-468.
- Lind, J., Fransson, T., Jacobsson, S. & Kullberg, C. 1999. Reduced take off ability in robins due to migratory fuel load. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 46: 65-70.
- Lindström, Å. 1991. Maximum fat deposition rates in migrating birds. *Ornis Scand.* 22: 12-19.
- Lundgren, B. O. & Kiessling, K. H. 1988. Comparative aspects of fibre types, areas, and capillary supply in the pectoralis muscle of some passerine birds with differing migratory behaviour. *J. comp. Physiol. B* 158: 165-173.
- Madsen, J. 1995. Impacts of disturbance on migratory waterfowl. *Ibis* 137 (Suppl. 1): 67-74.
- Martin, G. R. 1990. *Birds by night*. Poyser, London.
- Mayr, E. 1926. Die Ausbreitung des Girlitz (*Serinus canaria serinus* L.). Ein Beitrag zur Tiergeographie. *J Ornithol* 74: 571-671.
- Mayr, E. & Meise, W. 1930. Theoretisches zur Geschichte des Vogelzuges. *Der Vogelzug* 1: 149-172.
- Merkel, F. H. & Wiltsccko, W. 1965. Magnetismus und Richtungsfinden zugunruheriger Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*). *Vogelwarte* 23: 71-77.
- Metcalfe, N. B. & Ure, S. E. 1995. Diurnal variation in flight performance and hence potential predation risk in small birds. *Proc. R. Soc. Lond. B* 261: 395-400.
- Mills, A. M. 2005. Protogyny in autumn migration: do male birds "play chicken"? *The Auk* 122(1): 71-81.
- Milá, B., Wayne, R. K. & Smith, T. B. 2008. Ecomorphology of migratory and sedentary populations of the Yellow-rumped warbler (*Dendroica coronata*). *The Condor* 110: 335-344.
- Montemaggiore, A. & Spina, F. 2002. Il Progetto Piccole Isole (PPI): uno studio su ampia scala della migrazione primaverile attraverso il Mediterraneo. In: Bricchetti, P. & Gariboldi, A. (Ed.), *Manuale di Ornotologia*. Volume 3, Edagricole, Bologna.
- Mora, C. V., Davison, M., Wild, J. M. & Walker, M. M. 2004. Magnetoreception and its trigeminal mediation in the homing pigeon. *Nature* 432: 508-511.

- Morbey, Y. E. & Ydenberg, R. C. 2001. Protandrous arrival timing to breeding areas: a review. *Ecology Letters* 4: 663-673.
- Moreau, R. E. G. 1972. The Palearctic-African bird migration systems. Academic Press, London.
- Muheim, R., Moore, F. R. & Phillips, J. B. 2006a. Calibration of magnetic and celestial compass cues in migratory birds - a review of cueconflict experiments. *J. Exp. Biol.* 209: 2-17.
- Muheim, R., Phillips, J. B. & Åkesson, S. 2006b. Polarized light cues underlie compass calibration in migratory songbirds. *Science* 313(5788): 837-839.
- Muheim, R., Åkesson, S. & Phillips, J. B. 2008. Response to R. Wiltschko et al. (*J. Ornithol.*): Contradictory results on the role of polarized light in compass calibration in migratory songbirds. *J. Ornithol.* 149, 659-662 149: 659-662.
- Mukhin, A., Chernetsov, N. & Kishkinev, D. 2008. Acoustic information as a distant cue for habitat recognition by nocturnally migrating passerines during landfall. *Behav. Ecol.* 19(4): 716-723.
- Møller, A. P. & Merilä, J. 2004. Analysis and interpretation of long-term studies investigating responses to climate change. *Advances in Ecological Research* 35: 111-129.
- Møller, A. P., Rubolini, D. & Lehikoinen, E. 2008. Populations of migratory bird species that did not show a phenological response to climate change are declining. *PNAS* 105(42): 16195-16200.
- Newton, I. 2004. Population limitation in migrants. *Ibis* 146: 197-226.
- Newton, I. 2006. Can conditions experienced during migration limit the population levels of birds? *Journal of Ornithology* 147: 146-166.
- Newton, I. 2007. Weather-related mass-mortality events in migrants. *Ibis* 149: 453-467.
- Newton, I. 2008. *The Migration Ecology of Birds*. Academic Press. London, U.K.
- Newton, I., Hobson, K. A. & D, A. 2006. An investigation into the provenance of northern bullfinches *Pyrrhula p. pyrrhula* found in winter in Scotland and Denmark. *Journal of Avian Biology* 37(5): 431-435.
- Nisbet, I. C. T. 1959. Calculation of flight directions of birds observed crossing the face of the moon. *Wilson Bulletin* 71: 237-243.
- Parmesan, C. & Yohe, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.
- Parrish, J. D. 1997. Patterns of Frugivory and Energetic Condition in Nearctic Landbirds During Autumn Migration. *Condor* 99: 681-697.
- Pauley, S. M. 2004. Lighting for the Human Circadian Clock. Recent Research Indicates That Lighting Has Become a Public Health Issue. *Medical Hypotheses* 63: 558-596.
- Pennycook, C. J. 1989. *Bird flight performance*. Oxford University Press, Oxford.
- Penteriani, V. 1998. L'impatto delle linee elettriche sull'avifauna. Serie Scientifica WWF Toscana. WWF.
- Perez-Tris, J., R, R. C. & Tellería, J. L. 1999. A method for differentiating between sedentary and migratory blackcaps *Sylvia atricapilla* in wintering areas of southern Iberia. *Bird Study* 46: 299-304.
- Perez-Tris, J. & Tellería, J. L. 2001. Age-related variation in wing shape of migratory and sedentary Blackcaps *Sylvia atricapilla*. *Journal of Avian Biology* 32: 207-213.
- Piersma, T. & Jukema, J. 1990. Budgeting the flight of a long-distance migrant changes in nutrient reserve levels of Bar-tailed Godwits at successive spring staging sites. *Ardea* 78(12): 215-338.
- Pirovano C., Barbaruolo S., Galassi S. & Perego A. 2005. Fiume Ticino: ponte ecologico d'Europa. Dossier. FAI, Italia Nostra e WWF.
- Pirovano, A. & Cocchi, R. 2008. Linee Guida per la mitigazione dell'impatto delle linee elettriche sull'avifauna. INFS-Ministero dell'Ambiente della tutela del territorio e del mare.
- Pulido, F. & Berthold, P. 2003. Quantitative genetic analysis of migratory behaviour. In: Berthold, P., Gwinner, E. & Sonnenschein, E. (Ed.), *Avian Migration*, Springer, Berlin Heidelberg New York.



- Pulido, F., Berthold, P. & Noordwijk, A. J. V. 1996. Frequency of migrants and migratory activity are genetically correlated in a bird population: evolutionary implications. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 93: 14642-14647.
- Rappole, J. H. 1995. *The ecology of migrant birds - a neotropical perspective*. Smithsonian Institution, Washington.
- Rappole, J. H. 2005. Evolution of old and new world migration systems: a response to Bell. *Ardea* 93(1): 125-131.
- Rappole, J. H. & Jones, P. 2002. Evolution of old and new world migration systems. *Ardea* 90(3): 525-527.
- Rappole, J. H. & Tipton, A. R. 1992. The evolution of avian migration in the Neotropics. *Ornitol Neotrop* 3: 45-55.
- Rayner, J. M. V. 1990. The mechanisms of flight and bird migration performance. In: Gwinner, E. (Ed.), *Bird migration. The physiology and ecophysiology*, Springer, Berlin Heidelberg New York.
- Rayner, J. M. V. 1985. Bounding and undulating flight. *J. Theor. Biol.* 117: 47-77.
- Rehfish, M. M. & Crick, H. Q. P. 2003. Predicting the impact of climate change on Arctic Breeding waders. *Wader Study Group Bulletin* 100: 86-95.
- Rey, P. J. & Gutiérrez, J. E. 1996. Pecking of olives by frugivorous birds: a shift in feeding behaviour to overcome gape limitation. *J. Avian Biol.* 27: 327-333.
- Ritz, T., Thalau, P., Phillips, J. B., Wiltschko, R. & Wiltschko, W. 2004. Resonance effects indicate a radical-pair mechanism for avian magnetic compass. *Nature* 429: 177-180.
- Robinson, R. A., Baillie, S. R. & Crick, H. Q. P. 2007. Weather-dependent survival: implications of climate change for passerine population processes. *Ibis* 149: 357-364.
- Robinson, R. A., Learmonth, J. A., Hutson, A. M., Macleod, C. D., Sparks, T. H., Leech, D. H., Pierce, G. H., Rehfish, M. M. & Crick, H. Q. P. 2005. *Climate Change and Migratory Species*. BTO Research Report. British Trust for Ornithology.
- Root, T. L., Price, J. T., Hall, K. R., Schneider, S. H., Rosenzweig, C. & Pounds, J. A. 2003. Fingerprints of global warming on plants and animals. *Nature* 421: 57-60.
- Rowan, W. 1925. Relation of light to bird migration and developmental changes. *Nature* 115: 494-495.
- Rubolini, D., Spina, F. & Saino, N. 2004. Protandry and sexual dimorphism in trans-Saharan migratory birds. *Behavioral Ecology* 15: 592-601.
- Ruggieri, L. 2004. L'eolico come energia rinnovabile: un grande pasticcio. In: *Quaderni di EuroBird-Net*. EBN Italia.
- Safriel, U. N. 1995. The evolution of Palearctic migration - the case for southern ancestry. *Isr. J. Zool.* 41: 417-431.
- Salewski, V. & Bruderer, B. 2007. The evolution of bird migration - a synthesis. *Naturwissenschaften* 94: 268-279.
- Schaub, M. & Jenni, L. 2000. Fuel deposition of three passerine bird species along the migration routes. *Oecologia* 122: 306-317.
- Schaub, M., Liechti, F. & Jenni, L. 2004. Departure of migrating European robins, *Erithacus rubecula*, from a stopover site in relation to wind and rain. *Anim. Behav.* 67: 229-237.
- Schaub, M., Pradel, R., Jenni, L. & Lebreton, J. D. 2001. Migrating birds stop over longer than usually thought: an improved capture-recapture analysis. *Ecology Letters* 82: 852-859.
- Schwilch, R., Mantovani, R., Spina, F. & Jenni, L. 2001. Nectar consumption of warblers after long-distance flights during spring migration. *Ibis* 143: 24-32.
- Seebohm, H. 1901. *Birds of Siberia*. Murray, London.
- Senar, J. C., Leonart, J. & Metcalfe, N. B. 1994. Wing-shape variation between resident and transient wintering Siskins *Carduelis spinus*. *Journal of Avian Biology* 25: 50-54.

- Simons, D. & Bairlein, F. 1990. Neue Aspekte zur zeitlichen Frugivorie der Gartengrasmücke (*Sylvia borin*). *Journal für Ornithologie* 131: 381-402.
- Snow, B. & Snow, D. 1988. *Birds and berries*. T & AD Poyser, Carlton.
- Sparks, T. H. & Braslavská, O. 2001. The effects of temperature, altitude and latitude on the arrival and departure dates of the Swallow *Hirundo rustica* in the Slovak Republic. *International Journal of Biometeorology* 45: 212-216.
- Spendelov, P. 1985. Starvation of a flock of chimney swifts on a very small Caribbean island. *The Auk* 102: 387-388.
- Spina, F. & Volponi, S. 2008a. *Atlante della Migrazione degli Uccelli in Italia*. 1. Non-Passeriformi. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Istituto Superiore per la protezione e la Ricerca Ambientale.
- Spina, F. & Volponi, S. 2008b. *Atlante della Migrazione degli Uccelli in Italia*. 2. Passeriformi. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Istituto Superiore per la protezione e la Ricerca Ambientale.
- Strandberg, R. & Alerstam, T. 2007. The strategy of fly-and-forage migration, illustrated for the osprey (*Pandion haliaetus*). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 61: 1865-1875.
- Taverner, P. A. 1904. A discussion of the origin of migration. *The Auk* 21: 322-333.
- Thompson, P. M. & Ollason, J. C. 2001. Lagged effect of ocean climate change on Fulmar population dynamics. *Nature* 413: 417-420.
- Thomson, A. L. 1926. *Problems of Bird-Migration*. H.F. & G. Witherby. London.
- Tonetti, J., Fontana, S., Comi, E., Marogna, S., Patrignani, G. & Fornasari, L. 2003. Ecologia della sosta nel Parco del Ticino. II. Componente vegetale nella dieta dei Passeriformi migratori. In: Fornasari, L. (Ed.), *La migrazione degli Uccelli nella Valle del Ticino e l'impatto di Malpensa*, Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino.
- Vahatalo, A. V., Rainio, K., Lehikoinen, A. & Lehikoinen, E. 2004. Spring arrival of birds depends on the North Atlantic Oscillation. *Journal of Avian Biology* 35: 210-216.
- Walcott, C., Gould, J. L. & Kirschvink, J. C. 1979. Pigeons have magnets. *Science* 205: 1027-1029.
- Walsberg, G. E. 1988. Evaluation of a nondestructive method for determining fat stores in small birds and mammals. *Physiol. Zool.* 61: 153-159.
- Walther, G. R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J. C., Fromentin, J. M., Hoegh-
- Guldberg, O. & Bairlein, F. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416: 389-395.
- Webster, M. S., Marra, P. P., Haig, S. M., Bensch, S. & Holmes, R. T. 2002. Links between worlds: unraveling migratory connectivity. *Trends in Ecology & Evolution* 17: 76-83.
- Wilson, E. O. 1992. *The diversity of life*. Harvard University Press, Cambridge.
- Wiltshko, R., Munro, U., Ford, H. & Wiltshko, W. 2008a. Contradictory results on the role of polarized light in compass calibration in migratory songbirds. *J. Ornithol.* 149: 607-614.
- Wiltshko, R., Munro, U., Ford, H. & Wiltshko, W. 2008b. Response to the comments by R. Muheim, S. Åkesson and J.B. Phillips to our paper "Contradictory results on the role of polarized light in compass calibration in migratory songbirds". *J. Ornithol.* 149: 663-664.
- Wiltshko, W. & Wiltshko, R. 1996. Magnetic orientation in birds. *The Journal of Experimental Biology* 199: 29-38.
- Winkler, H. & Leisler, B. 2005. To be a migrant: ecomorphological burdens and chances. In: Greenberg, R. & Marra, P. (Ed.), *Birds of Two Worlds: The Ecology and Evolution of Migratory Birds*, Princeton University Press.
- Witter, M. S., Cuthill, I. C. & Bonser, R. 1994. Experimental investigations of mass-dependent predation risk in the European starling *Sturnus vulgaris*. *Anim. Behav.* 48: 201-222.

- Zehnder, S., Åkesson, Liechti, F. & Bruderer, B. 2001. Nocturnal autumn bird migration at Falsterbo, south Sweden. *Journal of Avian Biology* 32: 239-248.
- Zink, R. M. 2002. Towards a framework for understanding the evolution of avian migration. *Journal of Avian Biology* 33: 433-436.
- Åkesson, S., Morin, J., Muheim, R. & Ottosson, U. 2001. Avian orientation at steep angles of inclination: experiments with migratory white-crowned sparrows at the magnetic North Pole. *Proc. R. Soc. Lond. B* 268: 1907-1913.
- Ferrer, M. & Janss, G. (Ed.). 1999. *Birds and power lines*. Quercus, Madrid.
- Fornasari, L. (Ed.). 2003. *La migrazione degli Uccelli nella Valle del Ticino e l'impatto di Malpensa*. Regione Lombardia, Parco Lombardo della Valle del Ticino.
- Møller, A. P., Berthold, P. & Fiedler, W. (Ed.). 2004. *Birds and climate change*. Academic Press, Amsterdam.
- Rich, C. & Longcore, T. (Ed.). 2006. *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. Island Press.
- Wernham, C. V., Toms, M. P., Marchant, J. H., Clark, J. A., Siriwardena, G. M. & Baillie, S. R. (Ed.). 2002. *The Migration Atlas: movements of the birds of Britain and Ireland*. T & A D Poyser, London.

