

Riserva naturale Bolle di Magadino: effetti del traffico aereo sull'avifauna

Lorenzo Fornasari e Gianpiero Calvi

Fauna Viva, Viale Sarca 78, I-20125 Milano

l.fornasari@faunaviva.it

Riassunto: Allo scopo di quantificare il disturbo dovuto alla presenza dell'aeroporto, parallelamente a rilevamenti sugli uccelli sono stati condotti rilievi del disturbo acustico per mezzo di un fonometro. La situazione rilevata dei movimenti e della tipologia dei velivoli presenti all'aeroporto di Locarno-Magadino (essenzialmente monomotori) determina un impatto accettabile sull'avifauna svernante (uccelli acquatici), tendenzialmente ininfluenza su quella nidificante oggi nell'area agricola, mentre potrebbe avere un effetto di allontanamento per specie delicate che non riescono a nidificare, come ad esempio il Falco di palude o l'Airone rosso, sebbene l'habitat sia potenzialmente idoneo. L'impatto è invece incisivo sui passeriformi migratori, sia in primavera, sia in autunno. Le osservazioni effettuate sui Passeriformi in sosta migratoria indicano che le specie migratrici più osservate interrompono le loro attività in maniera significativamente superiore in presenza di disturbo, con una evidente influenza sul *time-budget*. Nel periodo post-riproduttivo si registrano alterazioni nel comportamento già a picchi di pressione sonora di soli 60 dB. Il controllo della biomassa e dell'adiposità ha rivelato che il disturbo (sia come numero di voli sia come intensità del rumore) ha effetti cumulativi sullo stato fisiologico dei migratori, influenzando in modo negativo le condizioni corporee di Pettiroso, Lui piccolo e Migliarino di palude in particolare quando si considerano i voli transitati nelle prime ore della giornata, quando gli uccelli sono più attivi. Per i migratori di passo la situazione attuale appare oltre la soglia di un impatto trascurabile.

Parole chiave: Conflitti aviazione-uccelli, conservazione degli uccelli, migrazione, sito di sosta.

Natural reserve Bolle di Magadino: Effects of aviatory activity on birds.

Abstract: In order to establish the disturbance caused by the presence of the nearby airport, and in conjunction with a survey of bird populations, measurements of noise disturbance levels were recorded using a phonometer. The determined effect, based on acquired aircraft movements and their typology (essentially single-engined aircraft) at the Locarno-Magadino airport, can be defined as acceptable on wintering avifauna (waterfowl), basically non influential on breeding avifauna today mainly in agricultural areas, while it could have a deterrent effect on delicate species that are then unable to breed, such as the Marsh Harrier or the Purple Heron, despite availability of a potentially suitable habitat. On the other hand, it was found that the impact on migratory Passeriformes was incisive, both in spring and in autumn. Observations made on Passeriformes during migratory stopovers indicate that the most common migratory species interrupt their activities in a significantly superior manner in the presence as opposed to absence of disturbances, with evident influence on the *time-budget*. In post-reproductive periods behavioral alterations are observed starting from sound pressure peaks as low as 60 dB. Weight and adiposity measurements indicated that disturbance factors (such as number of flights and noise intensity) have cumulative effects on the physiological state of migratory birds, negatively affecting corporal conditions of the Robin, the Common Chiffchaff and Reed Bunting, particularly when considering early morning flights, when the birds are most active. For passing migratories, the present situation appears to be beyond negligible level.

Keywords: Conflicts aviation-birds, bird conservation, bird migration, stop-over ecology

INTRODUZIONE

L'importanza delle Bolle di Magadino per la protezione degli uccelli, è conosciuta da molto tempo ed aveva portato a una prima forma di tutela già nel 1949 (ANTONIETTI 1964, FOSSATI 2003), consolidata definitivamente nel 1975 con l'istituzione della riserva naturale. I dati raccolti finora – in particolare sull'avifauna migratrice – dimostrano che la riserva naturale delle Bolle di Maga-

dino svolge un ruolo di estrema rilevanza nel ciclo biologico di molte specie di uccelli (SUTER 1975, RAMPAZZI 1991, LARDELLI 2001). Le specie di uccelli nidificanti e gli ospiti invernali che provengono dall'Europa orientale e settentrionale testimoniano del valore a livello nazionale dell'area, che è attraversata da flussi migratori intensi, principalmente in senso Est-Ovest, nel periodo autunnale, e in senso inverso nel periodo primaverile. Le campagne di inanellamento portate avanti negli ultimi



Fig. 1: Con 1 e 2 è indicata rispettivamente la posizione della pista asfaltata e della pista inerbata dell'aeroporto. Le lettere indicano i diversi settori della riserva (BR: Bolla rossa; BC: Bolle centrali; P: Piattono). (Foto E. Rezzonico).

30 anni testimoniano che quest'area costituisce un punto di sosta fondamentale per il recupero delle riserve di grasso necessarie al completamento della migrazione per un alto numero di specie di Passeriformi (LARDELLI & MINDER, 1982, SCHAUB & JENNI 2001, LARDELLI 2006). Specialmente per questa funzione ecologica la riserva è stata definita di importanza internazionale e iscritta nell'elenco dei siti RAMSAR nel 1982. Nella riserva nidificano 10 specie importanti per il Ticino (SIT) e 13 specie prioritarie di conservazione a livello regionale e nazionale (SPR) (SCANDOLARA & LARDELLI 2007).

Dagli anni '40 del secolo scorso esiste un aeroporto confinante con l'area delle Bolle di Magadino (fig. 1). Con attività di volo sia militari sia civili, dal 1949 in poi ha conosciuto un'evoluzione costante dei movimenti, giunti ad un culmine al termine degli anni '80 con circa 63'000 movimenti civili e 13'000 militari annui. Gli aerei che utilizzano le due piste (una asfaltata militare e l'altra civile in erba) sono dei monomotori tipo Piper (ca. 60% dei movimenti), bimotori (5%), turboelica (12%), jet (0.1%), turboelica militari (16%), elicotteri civili e militari (6%). A causa del regime dei venti, l'80% dei movimenti di decollo avviene in direzione Locarno, verso la riserva. Durante le fasi di decollo e di avvicinamento, gli apparecchi sorvolano gli ambienti della riserva a bassa quota (fascia tra 40-100 m).

Obiettivi dello studio

Nell'ambito di un progetto di aggiornamento delle infrastrutture aeroportuali, promosso dal Cantone Ticino,

proprietario della parte civile, in cui si prevede l'allungamento della pista in duro verso Est di 170 m e la posa di un impianto di illuminazione-segnalazione della stessa pista, è stato eseguito nel periodo 2001-2003, su richiesta della Commissione Scientifica della Fondazione Bolle di Magadino, uno studio per verificare l'impatto dei movimenti aerei sull'avifauna delle Bolle.

Lo studio è stato finanziato dal Cantone Ticino e, in accordo con la Fondazione Bolle di Magadino, affidato all'Associazione FaunaViva, forte di precedenti esperienze sull'Aeroporto di Milano Malpensa (FORNASARI 2003). Nel presente lavoro sono riassunte le principali metodologie utilizzate e i risultati ottenuti, contenuti nel rapporto FORNASARI & CALVI (2003). Lo studio si è concentrato sugli effetti, diretti e indiretti, provocati dal disturbo.

Riguardo il problema del rischio di incidenti, le statistiche messe a disposizione sulle collisioni tra uccelli e velivoli (AEROPORTO CANTONALE LOCARNO 1997) segnalano che l'aerodromo di Locarno-Magadino è allineato (secondo i riferimenti contenuti in BRUDERER 1976) con gli aeroporti più sicuri da questo punto di vista, nonostante la presenza di uccelli dei gruppi "problematici" in tutto il corso dell'anno. Questi aspetti della convivenza tra uccelli e aerei non sono stati affrontati in questo studio, sebbene i valori riscontrati suscitino perplessità tra gli specialisti del settore e meritino probabilmente un riesame o un aggiornamento (BRUDERER com pers).

Stato delle conoscenze sugli effetti del disturbo sull'avifauna

Sebbene la letteratura disponibile sugli effetti del disturbo sull'avifauna sia piuttosto vasta e analizzata in diverse review (ad es. KEMPF & HÜPPOP 1996, KOMENDA-ZEHNDER & BRUDERER 2002), gli studi sui Passeriformi sono pochi e limitati. Il disturbo provocato dall'effetto sagoma e/o dal rumore rappresenta il principale aspetto della coesistenza dal punto di vista degli uccelli. In estrema sintesi, è provato che il disturbo provocato dalle aeromobili ha un effetto negativo sugli uccelli, in particolare sugli Anseriformi, non "abituati" al transito dei velivoli, mentre uccelli sottoposti a disturbo in maniera costante mostrano reazioni molto limitate. Le modalità di reazione al disturbo analizzate in letteratura comprendono risposte fisiologiche e risposte comportamentali. I dati relativi al disturbo durante la migrazione si limitano a pochi casi in cui si sono osservate alterazioni nel comportamento di Passeriformi dovute alla presenza di velivoli particolarmente rumorosi. Le osservazioni svolte a Gibilterra sul comportamento indotto nei Passeriformi migratori da esercitazioni compiute con Jet militari, con effetti di dispersione durante la migrazione notturna primaverile (HILGERLOH 1990), suggeriscono che il disturbo può causare, in casi estremi, effetti drastici. Un caso di fuga dovuto all'avvicinarsi di un aereo a motore è stato registrato relativamente a taccole e storni (DIETRICH *et al.* 1989). Alcuni lavori comunque indicano che i Passeriformi sono in grado di acclimatarsi rispetto a disturbi acustici anche rilevanti e persistenti (ad es. BUSNEL 1978). Per contro in KOMENDA-ZEHNDER & BRUDERER (2002) sono riportati diversi casi eclatanti di disturbo e alterazione del comportamento osservati da ornitologi attivi in passato presso la stazione di inanelamento delle Bolle.

Il disturbo provocato sugli individui in sosta migratoria dal transito di qualunque tipo di velivolo può sortire effetti molto diversi, più o meno rilevabili direttamente. Il disturbo può innanzitutto provocare reazioni comportamentali facilmente osservabili (ad es. KOMENDA-ZEHNDER & BRUDERER 2002), con una conseguente alterazione del *time-budget*. Con il termine *time-budget* si intende un sistema di indici in grado di caratterizzare la distribuzione dell'utilizzo del tempo da parte di un soggetto. Per determinare il *time-budget* vengono effettuati studi in cui viene rilevato l'utilizzo del tempo ad intervalli regolari e in base ad un sistema di classificazione predeterminato. Ciò può influire sull'efficacia della sosta migratoria, diminuendo la quantità di tempo dedicata alle attività trofiche. A parità di durata della sosta, ciò si tradurrà in un probabile minore recupero delle riserve energetiche e, quindi, in una minor probabilità di successo del viaggio migratorio. In linea teorica, questo effetto può venire compensato da un prolungamento della sosta, che a sua volta potrebbe riflettersi in cambiamenti di densità nell'area di stop-over con possibilità di competizione intra e inter-specifica (v. ad es. ROLANDO 1986), da una lato, e in un prolungamento dei tempi della migrazione, come pure nell'aumento di esposizione ai rischi locali di predazione, dall'altro (CAMBIAGHI *et al.* 2003).

La risposta comportamentale più drastica può essere, al contrario, l'allontanamento dall'area di sosta, vale a dire un accorciamento dei tempi di sosta, che avrebbe evidentemente un effetto sinergico con l'alterazione del *time-budget*. Seppure la maggior parte degli studi su questo argomento riguardi uccelli acquatici di grandi e medie dimensioni, simili risposte drastiche sono state riscontrate almeno in due casi su piccole specie di migratori (WERNER & SCHUSTER 1985, HILGERLOH 1990). Uno stimolo di disturbo può scatenare processi fisiologici quali scariche ormonali e variazioni della frequenza cardiaca anche in assenza di una reazione visibile; le scariche di ormoni dello stress accelerano il metabolismo, orientandolo verso processi catabolici (Komenda-ZEHNDER & BRUDERER 2002). A parità di tutte le altre condizioni, ciò comporterebbe evidentemente l'aumento di consumo di energia, diminuendo quindi l'efficacia delle attività di foraggiamento. In effetti, il rumore di per sé può causare un veloce aumento della frequenza cardiaca (BROWN & GLIK 1971 in GRANACHER 1985). Le eventuali, successive risposte comportamentali implicherebbero evidentemente una perdita di energia aggiuntiva (HUBERT & HUEPPOP 1993 in KEMPF & HUEPPOP 1998).

Per i migratori, la cattiva condizione corporea derivata da continue interruzioni durante il foraggiamento e dall'aumento del consumo di energia può dare effetti a distanze considerevoli (DAVIDSON & ROTHWELL 1993). A lungo andare si riducono le probabilità di sopravvivenza e il successo riproduttivo dei singoli individui, ma anche di intere popolazioni (KOMENDA-ZEHNDER & BRUDERER 2002), fatto che ne può addirittura influenzare la persistenza. Considerata la portata e la mole di questi fenomeni, è tuttavia difficile ottenerne una dimostrazione oggettiva con indagini effettuate in una singola stazione (KOMENDA-ZEHNDER & BRUDERER 2002).

METODI

Programma di lavoro

A livello di area di sosta, si possono cercare dimostrazioni di una effettiva influenza del disturbo derivato dal traffico aereo riguardo ai seguenti parametri: a) le variazioni nell'efficacia della sosta dei migratori, attraverso la misura di indicatori di condizione sui singoli uccelli catturati nell'ambito delle operazioni di inanelamento; b) i meccanismi implicati in tali variazioni, sia fisiologici che comportamentali; c) le variazioni nella durata della sosta attraverso i dati di ricattura.

Sulla base dell'analisi bibliografica preliminare è stato definito e concordato il seguente programma di lavoro:

1. Rilevamenti sul comportamento degli uccelli presenti nella zona Ramsar della Bolla rossa nel corso del periodo invernale, condotti parallelamente al rilievo del disturbo acustico per mezzo di un fonometro.
2. Rilevamenti sullo stato fisiologico dei migratori in sosta negli habitat delle Bolle di Magadino durante il periodo di migrazione primaverile, unitamente al rilievo del disturbo acustico e del traffico aereo e al rilevamento di dati comportamentali.

3. Rilevamenti sulla distribuzione dell'avifauna nidificante nel Piano di Magadino, con particolare attenzione al sedime aeroportuale e alle zone immediatamente circostanti.
4. Rilevamenti sullo stato fisiologico dei migratori in sosta negli habitat delle Bolle di Magadino durante il periodo di migrazione autunnale, unitamente al rilievo del disturbo acustico e del traffico aereo e al rilevamento di dati comportamentali.

Rilevamenti su traffico aereo e rumore

Il rilevamento del traffico aereo è stato effettuato mediante osservazione diretta dei velivoli in transito da e per l'aeroporto, da stazioni di osservazione limitrofe alle aree di rilevamento sull'avifauna: Bolla rossa per gli uccelli acquatici svernanti; Bolle centrali per i Passeriformi migratori (fig. 1). Non sono stati effettuati rilevamenti di traffico e rumore per quanto riguarda le indagini sull'avifauna nidificante all'interno del sedime aeroportuale. Il sorvolo da parte di un aereo può venire considerato sia un indicatore di tipo diretto, nel caso esistano disturbi al comportamento degli uccelli provocati da interferenze di tipo visivo (il cosiddetto "effetto sagoma"), sia un indicatore di tipo indiretto per la sua correlazione con la rumorosità dei velivoli. Collegati alla presenza di velivoli che sorvolano l'area in esame, possiamo infatti considerare diversi parametri descrittivi della pressione sonora, colloquialmente definita come "rumore".

Per disporre di dati necessari a valutare l'effetto del rumore sull'avifauna è stato fatto uso di un fonometro *Larson & Davies 824*, dotato di microfono da $\frac{1}{2}$ " a campo libero a condensatore polarizzato tipo 2541. A intervalli regolari durante l'utilizzo il fonometro è stato sottoposto a calibrazione mediante il calibratore CAL-200. Una capacità di memoria di 2 MByte ha permesso la memorizzazione giornaliera dei dati, quotidianamente scaricati al

termine del rilevamento mediante l'apposito software di gestione 824 PC-CE. Il fonometro è stato impostato in modo da registrare a intervalli il "livello equivalente istantaneo" (*Short Leq*, di qui in avanti *SLeq*), considerando come "istante" l'intervallo di 1 secondo. Partendo da questa registrazione "continua", l'applicazione di un software interpretativo apposito (*Noise & Vibration Works 1.26*) ha consentito l'ottenimento di due indicatori istantanei per ciascun evento di sorvolo: a) livello equivalente istantaneo massimo, MAX (di seguito MAX); b) Sound Exposure Level (di seguito SEL). MAX corrisponde al picco di rumore, mentre SEL indica l'energia sonora complessiva dell'evento in un intervallo di tempo di ampiezza variabile centrato sul picco di rumore e delimitato, prima e dopo, dal momento in cui è raggiunto il valore in dB del picco sottratto di 10 dB (fig. 2).

Gli indicatori relativi ai singoli eventi sono stati utilizzati per le analisi delle variazioni del comportamento di uccelli acquatici presenti in inverno, Passeriformi migratori rispetto a quelli residenti. A partire da questi "indicatori istantanei" sono anche stati costruiti degli indicatori per fascia oraria, utilizzati nelle analisi dei dati derivati da cattura e inanellamento. In tal senso sono stati considerati potenziali "indicatori del disturbo cumulativo": a) la somma dei MAX; b) la somma dei SEL; c) il numero di voli con picco superiore a 60 dB, d) a 70 dB, e) a 80 dB. Sono stati invece considerati indicatori potenziali del disturbo "cronico": f) la percentuale di tempo con valori di *SLeq* superiore a 50 dB; g) la percentuale di tempo con valori di *SLeq* superiore a 60 dB; h) la percentuale di tempo con valori di *SLeq* superiore a 70 dB. Per le rappresentazioni grafiche e per le successive analisi statistiche le fasce orarie sono state indicate con le due cifre relative all'ora, considerando tutta l'ora successiva, approssimata per difetto (ad es. la fascia delle 14 indica il periodo dalle 14:00:00 alle 14:59:59).

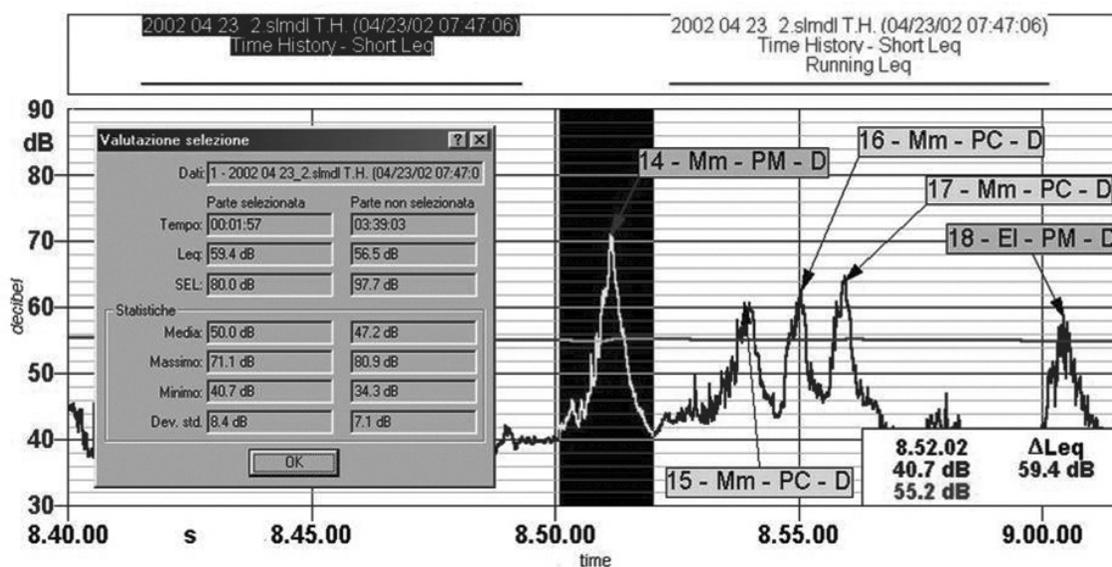


Fig. 2: Esempio di elaborazione effettuata con il software di gestione "Noise & Vibration Works 1.26". L'andamento del *SLeq* (linea sinuosa) presenta picchi identificabili come il transito di un velivolo utilizzando i dati delle osservazioni su campo. Per ognuno dei picchi presenti nell'immagine sono indicati il numero progressivo giornaliero del volo, il tipo di velivolo (Mm: monomotore; El: elicottero), la pista interessata (PM: pista militare asfaltata; PC: pista civile inerbata), il tipo di movimento (D: decollo). La casella "valutazione selezione" contiene i parametri calcolati dal programma per l'evento selezionato, tra cui MAX e SEL.

Tipologia e altezza di volo dei velivoli

Per associare il rumore percepito all'altezza di volo dei velivoli, nei due periodi di migrazione, il rilevamento del traffico aereo è stato effettuato mediante osservazione diretta dei velivoli in transito da e per l'aeroporto con l'ausilio di fotocamera digitale FujiFilm FinePix 6900. Per ogni aeromobile sono stati rilevati: numero progressivo giornaliero del volo; ora di passaggio del velivolo (approssimata al minuto); tipo di velivolo (monomotore ad elica, bimotore ad elica, elicottero, turbogetto, aliante o monomotore trainante un aliante); fase di volo del velivolo (atterraggio, decollo o sorvolo); pista dell'aerodromo utilizzata (pista militare asfaltata o pista civile in erba); direzione dei voli che attraversano le Bolle in decollo (se dopo il decollo viene compiuta virata in direzione nord, sud o non viene compiuta virata).

La fotocamera è stata collocata su cavalletto in posizione fissa, in modo da inquadrare nel campo dell'immagine riprodotta il velivolo in transito e dei riferimenti geografici fissi (fig. 3). Quest'ultimi sono un pioppo di altezza nota, localizzato ai margini del canneto tra la stazione di inanellamento e la Bolla Rossa e il profilo dei monti retrostanti (Monti Motti).

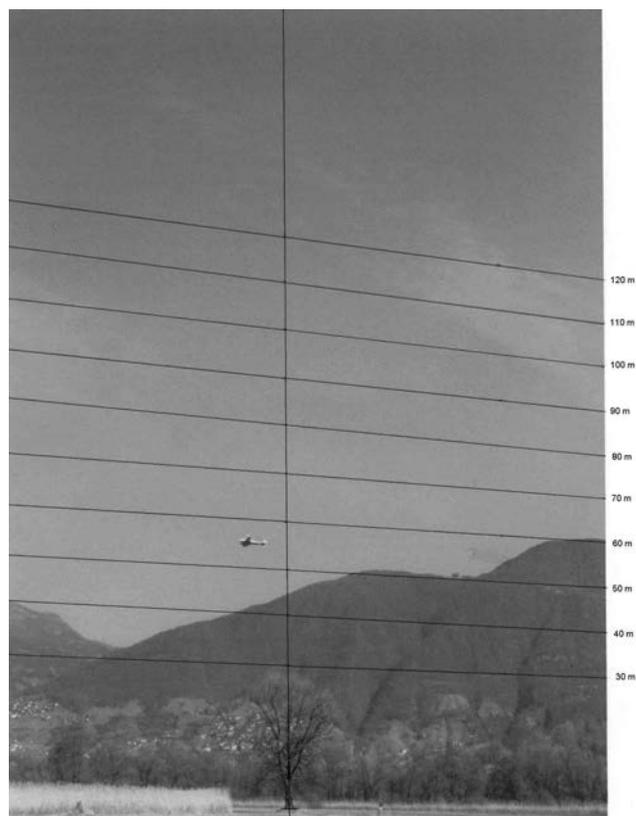


Fig. 3: Stima delle quote di sorvolo dei velivoli in transito attraverso l'altezza conosciuta del grande pioppo e dei monti retrostanti.

Sulla base delle fotografie scattate è stato in seguito possibile ricavare per via trigonometrica le quote degli aerei in transito, al momento del sorvolo del riferimento di altezza nota (pioppo al centro della fig. 3).

Durante le indagini condotte sull'avifauna svernante, per ciascun passaggio aereo avvenuto durante i rilievi

sono stati raccolti i seguenti parametri: a) tipologia del velivolo (monomotore, bimotore, monomotore+aliante, aliante, elicottero, modellino telecomandato); b) tipologia del passaggio (decollo, atterraggio, sorvolo); c) variabili relative al disturbo (v. sopra). In questo caso non si dispone del dato relativo all'altezza di volo.

Risposte comportamentali degli uccelli acquatici svernanti

A causa del cattivo tempo negli inverni 2001/02 e 2002/03, sono state condotte a termine con successo le sole campagne di rilevamento di gennaio e febbraio 2003. I rilevamenti sono stati effettuati dal capanno di osservazione presente al centro della sponda settentrionale della Bolla rossa (cf. fig. 1). Ad ogni sessione erano contemporaneamente presenti tre rilevatori, dei quali due osservavano il comportamento degli uccelli dividendosi il campo visivo e il terzo accudiva il fonometro. I rilevamenti sono stati effettuati nelle fasce di maggiore attività aerea del mattino, tra le 9.00 e le 12.00. All'inizio e ad intervalli di mezzora si procedeva ad un conteggio completo degli individui visibili, separando le diverse specie presenti ed indicando la frequenza (numero di individui sul totale) dei diversi comportamenti. Le categorie comportamentali previste erano: a) riposo; b) spostamento in acqua; c) esplorazione; d) alimentazione; e) pulizia; f) altro (p.es. corteggiamento; copula; aggressione; allontanamento, ossia involo e fuga).

Una scheda differente è stata compilata al transito di velivoli sopra alla zona di osservazione. Le categorie previste in questo caso erano: a) nessuna reazione; b) attenzione; c) spostamento in acqua; d) immersione; e) rifugio tra le canne; f) fuga; g) involo (spostamento nell'ambito dell'area di osservazione); h) involo (spostamento fuori dall'area di osservazione). Sono inoltre stati osservati e registrati casi di interruzione del corteggiamento.

In entrambi i tipi di scheda, per permettere un rilevamento "istantaneo" delle reazioni, i comportamenti degli uccelli venivano registrati per classi di risposta percentuale sulla base dei seguenti intervalli:

1	0%	Nessuna risposta (nessuno spostamento).
2	0.1-1.0%	Spostamenti registrati per singoli individui.
3	1.1-12.5%	Spostamenti di pochi individui.
4	12.6-37.5%	Intervallo di risposta simmetrico intorno al valore del 25%.
5	37.6-62.5%	Intervallo di risposta simmetrico intorno al valore del 50%.
6	62.6-87.5%	Intervallo di risposta simmetrico intorno al valore del 75%.
7	87.6-100%	Spostamento pressoché totale.

I dati così convertiti in ranghi sono stati utilizzati, per ciascuna specie esaminata, per l'esecuzione del test non parametrico di Mann-Whitney per dati non appaiati (vedi ad es. RUNYON & HABER 1967). Un'eventuale differenza statisticamente significativa indicherà una maggiore frequenza di ranghi elevati in una delle serie di dati, ossia una maggiore frequenza del comportamento valutato.

Per verificare dal punto di vista statistico se effettiva-

mente le reazioni di “spostamento”, “involo” e “fuga” fossero dovute al transito dei velivoli, sono state prese come termine di paragone le categorie comportamentali “movimento” ed “esplorazione” registrate nelle schede compilate in assenza di disturbo. Quest’ultima è stata assimilata alla precedente (in modo conservativo) poiché l’effetto visivo dell’esplorazione si traduce in un movimento, la cui attribuzione a questa categoria comportamentale dipende da un giudizio soggettivo, vale a dire una maggiore tendenza allo spostamento degli uccelli rilevati in quella condizione.

Rilevamento dell’avifauna nidificante

Il rilevamento dell’avifauna nidificante in tutta l’area del Piano di Magadino è stato effettuato utilizzando una versione speditiva della tecnica dei campionamenti puntiformi, con 10 minuti di durata e una sola visita (FORNASARI *et al.* 1992; 2002). I punti d’ascolto sono stati eseguiti in ciascuna delle unità di 500 metri di lato identificabili in base alla griglia chilometrica riportata in cartografia (Carta Nazionale della Svizzera in scala 1:25000, foglio 1313 Bellinzona). I 145 rilevamenti sono stati eseguiti tra l’alba e le 10:00 nel periodo compreso tra il 20 maggio 2002 e il 28 giugno 2002. Per potere stimare il numero di coppie nidificanti sulla base delle osservazioni effettuate in ciascuna stazione di rilevamento, al numero di uccelli osservati sono stati uniti dei semplici codici relativi alle attività in corso o al sesso e l’età degli individui (v. FORNASARI *et al.* 2002).

Questi rilevamenti sono stati accompagnati dal rilevamento dei dati ambientali nel raggio di 100 m dal centro di ciascun punto, in base alle categorie ambientali standardizzate Corine (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES 1995).

Nell’area occupata dall’Aerodromo cantonale e nelle zone immediatamente limitrofe si è inoltre proceduto al rilevamento delle popolazioni di uccelli nidificanti mediante una versione ridotta della tecnica del mappaggio (IBCC, 1969), con l’esecuzione di otto visite tra il 3 giugno e il 13 giugno 2002. Su questa base è possibile produrre una stima del numero complessivo di coppie nidificanti all’interno dell’Aerodromo per ciascuna delle specie presenti.

Indagini eseguite nel periodo di migrazione

Le osservazioni comportamentali, i rilievi fonometrici e le osservazioni sull’andamento del traffico aereo sono stati condotti dal giorno 19 marzo al 30 aprile e dal 19 agosto al 28 ottobre. Le attività di cattura e inanellamento presso la stazione della Bolla rossa sono state effettuate a partire dal 14 marzo al 2 maggio 2002 e dal 13 agosto al 29 ottobre 2002.

Osservazioni comportamentali e rilievi dell’attività aviatoria

Per quanto riguarda le osservazioni comportamentali dei Passeriformi presenti nell’area nel corso del periodo di migrazione, è stata utilizzata la tecnica di campionamento del *Focal sampling* (ALTMANN 1974). Tale tecnica consiste nell’effettuare osservazioni prolungate sugli individui avvistati, al fine di determinare le attività com-

portamentali in cui essi sono intenti.

Durante il periodo primaverile, l’osservazione, per essere ritenuta utile allo scopo della ricerca, doveva essere prolungata fino al passaggio di un aeromobile, quando veniva registrata la possibile reazione del medesimo individuo.

Le osservazioni venivano riportate su una scheda in cui venivano registrati i seguenti dati: numero progressivo dell’osservazione; ora di inizio dell’osservazione (con approssimazione al minuto); specie di appartenenza dell’individuo osservato; attività svolta dall’individuo prima del disturbo (riposo, comportamento di esplorazione del territorio, alimentazione, pulizia, comportamento territoriale, e canto); reazione al passaggio di un velivolo (nessun tipo di reazione -l’individuo prosegue senza interruzione nell’attività che stava svolgendo-, interruzione dell’attività, comportamento di attenzione nei confronti del velivolo in transito, comportamento di allarme, spostamento dal luogo in cui si trovava prima del passaggio del velivolo, fuga e allontanamento dal luogo in cui si trovava); ora del passaggio del velivolo rispetto al quale si è osservata la reazione (con approssimazione al minuto). Quando possibile, le osservazioni sui singoli individui si sono protratte anche nel corso di passaggi di più aeromobili successivi.

Per poter sottoporre i dati di comportamento ad analisi statistiche, durante la stagione post-riproduttiva la raccolta di tali dati è avvenuta con schede concepite in modo da costruire il *time-budget* delle specie osservate. Una volta stabilito il contatto visivo con l’individuo, il suo comportamento “istantaneo” veniva registrato regolarmente ad intervalli standardizzati di 60 secondi, fino a che questo scompariva dal campo visivo.

In questo caso sono state utilizzate le seguenti categorie comportamentali: Riposo; Esplorazione; Alimentazione; Pulizia; Comportamento territoriale; Canto; Interruzione dell’osservazione (quest’ultima veniva registrata sempre come ultimo evento della scheda). Inoltre, in seguito alla comparsa di una fonte di disturbo si sono registrate le categorie: Nessuna reazione (continuazione dell’attività); Attenzione; Allarme; Spostamento; Fuga. Allo scopo di confrontare statisticamente la frequenza di risposta, l’“Interruzione dell’osservazione” è stata considerata analoga alle categorie di risposta “Spostamento” e “Fuga”. In questo modo è stato possibile pianificare, in base ai dati autunnali, test del χ^2 tra uccelli osservati in assenza o presenza di disturbo dovuto al traffico aereo. Nello svolgimento delle osservazioni in primavera si è raccolto un campione adeguato all’analisi per Pettiroso *Erithacus rubecula*, Capinera *Sylvia atricapilla*, Luì grosso *Phylloscopus trochilus*, Luì piccolo *Phylloscopus collybita* e Migliarino di palude *Emberiza schoeniclus*. A queste specie in autunno si è aggiunta la Cannaiola *Acrocephalus scirpaceus*. In entrambe le stagioni per confronto sono state raccolte osservazioni su specie presenti con popolazioni residenti sufficientemente cospicue: Cinciarella *Cyanistes caeruleus*, Cinciallegra *Parus major*, Codibugnolo *Aegithalos caudatus*.

Operazioni di inanellamento

Nell'area delle Bolle di Magadino, presso le Bolle centrali, sono posizionati in maniera standardizzata 8 transetti di "reti foschia" (fig. 4). Inoltre, nell'ambito del progetto, è stata attivata una seconda stazione di inanellamento presso la località Piattono, che ha operato in maniera discontinua nel corso della stagione, inizialmente con due ed infine con quattro transetti di reti. Ciascuna di queste reti è costituita da un telaio di fili robusti che sostengono una rete di nylon molto sottile che forma, in corrispondenza ad ogni filo orizzontale del telaio, una tasca. Le reti sono di colore nero per divenire poco visibili, se non del tutto invisibili, con lo sfondo azzurro del cielo o verde-scuro della vegetazione. Per questo vengono montate in zone ombreggiate o in stretti corridoi tra gli arbusti: gli uccelli non vedendole vi urtano contro cadendo nella tasca che loro stessi aprono. L'impatto con la rete non causa danni all'animale per la particolare morbidezza del materiale.



Fig. 4: Disposizione delle reti presso le Bolle centrali. Nella foto sono indicati i numeri della prima e dell'ultima rete di ciascun transetto. Il quadrato nero (in basso) indica la posizione della stazione di inanellamento.

Gli uccelli catturati sono stati collocati in appositi sacchetti di tela o di stoffa, in modo che potessero respirare restando fermi al buio, e trasportati al punto di inanellamento in posizione centrale tra i transetti, dove sono stati identificati, marcati con anello della centrale svizzera di inanellamento e misurati. I controlli sono stati eseguiti con la frequenza standardizzata di un'ora, per evitare che gli uccelli rimanessero troppo tempo nelle reti e per disporre di dati confrontabili. Successivamente si è proceduto alle varie misurazioni biometriche, effettuate secondo metodiche standardizzate in campo europeo e adeguate alla salvaguardia dello stato dei singoli animali (BAIRLEIN 1995). In particolare sono stati raccolti:

- la lunghezza dell'ala, secondo il metodo della corda massima;
- la lunghezza della III remigante primaria;
- il peso, ottenuto mediante bilance elettroniche con precisione di 0.1 g;
- il livello di accumulo adiposo secondo il metodo KAISER (1993), scala da 0 a 8.

Ciascun individuo era riconoscibile in base al numero dell'anello utilizzato. Questo da un lato evitava doppie misurazioni, dall'altro consentiva il controllo delle variazioni della massa corporea avvenute su singoli individui nell'ambito della stessa giornata o tra giorni successivi. I dati raccolti sono stati sottoposti ad analisi statistiche, in particolare mediante le tecniche della regressione lineare semplice e multipla, al fine di mettere in relazione tassi di ingrassamento e livelli di disturbo.

Per l'esecuzione delle analisi statistiche sono state selezionate come specie target tutte quelle con oltre 50 catture, ripartite su più giorni (ovvero non concentrate in una sola giornata), in una o nell'altra stagione esaminata. In questo modo sono state selezionate da sottoporre all'analisi, per valutare l'influenza degli indicatori di disturbo (aggregati per fascia oraria), sette specie per la primavera e otto per l'autunno (v. oltre).

Il parametro scelto come indicatore delle condizioni dei singoli individui (la "variabile dipendente" delle analisi) è la massa corporea, la cui variazione è stata corretta per la taglia strutturale e per altri parametri con una potenziale influenza sul suo andamento, indipendente da quella del disturbo.

La raccolta dei dati sul traffico aereo e sul rumore riguarda infatti una delle possibili fonti di variazione nel successo del recupero adiposo da parte degli individui in sosta migratoria. Questo parametro è influenzato da diversi altri possibili fattori. In particolare

- le condizioni meteorologiche sono alla base di variazioni a breve termine nella disponibilità di cibo in particolare per la componente animale, nonché di possibili variazioni comportamentali da parte degli uccelli stessi;
- a medio termine, la stagionalità delle risorse vegetali e animali può mettere ondate migratorie successive in condizioni diverse anche a parità di situazione meteorologica;
- la presenza di popolazioni diverse, con possibili differenze di biometria, di comportamento e di attitudini alla migrazione.

Per ragioni di spazio e di semplicità di discussione verranno presentati solo i risultati relativi alla migrazione autunnale. L'interpretazione dei dati primaverili è complicata dalle condizioni meteorologiche estremamente variabili verificatesi nella primavera del 2002 e dal mancato funzionamento del fonometro in alcuni periodi.

Per escludere gli effetti "mascheranti" provocati dalla presenza di individui residenti, che da un lato sono acclimatati al disturbo e che dall'altro non necessitano di grasso come carburante per la migrazione, si è deciso di restringere le elaborazioni a periodi di maggiore frequenza di catture, eliminando gli individui catturati all'inizio o alla fine del periodo di migrazione, potenzialmente appartenenti a popolazioni nidificanti o svernanti. La percentuale di individui eliminata è stata sempre del 10% delle catture. Quando la specie fosse prevalentemente nidificante e migratrice, si è quindi eliminato il 10% iniziale (ad es. Cannaiola), quando fosse prevalentemente migratrice e svernante il 10% finale (ad es.

Migliarino di palude), quando fosse sia nidificante che svernante il 5% iniziale e il 5% finale (ad es. Pettiroso e Capinera). Non sono stati esclusi individui per le specie completamente migratrici nell'area (ad es. Balia nera *Ficedula hypoleuca* e Beccafico *Sylvia borin*).

Per eliminare l'influenza di parametri differenti dal disturbo sulla variazione della massa corporea, si è inoltre tenuto conto come segue di diversi fattori:

A) Tra tutti, la taglia influisce in maniera sostanziale (vedi BROWN, 1996). In questo caso si è utilizzato la lunghezza della terza remigante primaria, come parametro indicativo della taglia.

B) Già nelle analisi preliminari abbiamo verificato che la massa corporea cresce con l'ora della giornata (v. oltre), fatto naturale in un'area di sosta ed ingrassamento. Nelle variabili considerate si è quindi inserita anche la fascia oraria.

C) Anche la situazione meteorologica è determinante per l'andamento della massa. Nel caso delle operazioni di campo è stata registrata ad ogni ora della giornata la temperatura (°C) e la copertura del cielo (in ottavi). Come indicatori delle condizioni meteorologiche si sono considerate la temperatura massima registrata (T_{MAX}) e la copertura media (C_{MED}). Sia nel caso della migrazione pre-riproduttiva che in quella post-riproduttiva le due variabili sono risultate correlate negativamente ($r=-0.468$; $p=0.002$ con $N=42$ ed $r=-0.187$; $p=0.129$ con $N=67$). Per tenere conto del normale andamento stagionale delle temperature e delle deviazioni da una diminuzione graduale, è stato calcolato per ogni giorno il residuo di T_{MAX} dalla sua regressione rispetto al giorno, numerato in ordine progressivo dall'inizio dell'attività. Questa nuova variabile (T_{RES}) è, in entrambe le stagioni, correlata in modo ancor più significativo ($r=-0.590$; $p<0.01$ con $N=42$ ed $r=-0.480$; $p<0.01$ con $N=67$) a C_{MED} ; è quindi stata assunta come variabile indicativa delle condizioni meteorologiche della giornata.

D) Infine, è provato che influenzato negli uccelli la massa è influenzata dallo stato di muta (SCHAUB & JENNI 2000a, 2000b). Per ovviare all'influenza di questo fattore sono stati utilizzati solo gli individui in stato di muta "0".

La procedura statistica utilizzata è l'analisi della covarianza (Type III) (FIELD 2000). Questa tiene conto della presenza di alcune covariate, cioè di variabili misurate prima e indipendentemente dalla variabile dipendente, e a questa correlate. Per le ragioni precedentemente espresse, le variabili utilizzate sono state: Massa (variabile dipendente); T_{RES} (covariata); Ora di cattura (covariata); Terza remigante primaria (covariata); Parametri del disturbo (covariata). Le covariate sono state inserite nell'ordine indicato, tenendo fisse le prime tre variabili e inserendo di volta in volta uno dei parametri del disturbo come ultima covariata.

La procedura descritta è stata applicata limitando inizialmente l'analisi al disturbo verificatosi nell'ora precedente a quella di cattura. È possibile però che il disturbo provocato dal traffico aereo abbia un effetto cumulativo, vale a dire che il suo effetto si prolunghi per più di un'ora e quindi che gli eventi che si verificano in ore consecutive influenzino insieme le condizioni misurate

sui soggetti catturati.

Per verificare l'esistenza di questo effetto sono stati presi in considerazione, ove i dati erano sufficienti, uccelli catturati in singole fasce orarie, rispetto al disturbo cumulativo delle ore precedenti. Specie per specie, sono stati selezionati i campioni più numerosi nell'intervallo intorno a mezzogiorno (tra le 11:00 e le 13:00) e alla fine della giornata (dalle 16:00 in poi). L'obiettivo era in questo caso di valutare il cambiamento nel valore della correlazione tra l'indice di condizione e l'indicatore del disturbo aggiungendo a quest'ultimo i dati di un'ora alla volta, retrocedendo fino alla prima ora di misurazione (le 7:00 del mattino). Si specifica che le fasce orarie sono indicate approssimate per difetto, quindi ad esempio la fascia delle 7 indica l'intervallo tra le 7:00 e le 7:59.

Per ottenere un indice di condizione depurato della varianza dovuta a: a) dimensione corporea, b) ora di cattura e c) condizioni meteorologiche, è stato calcolato il residuo della massa (P_{RES}) rispetto a queste tre variabili sottoponendo i dati ad un'analisi di regressione. P_{RES} è poi stato messo in relazione con il disturbo aereo, in particolare con il numero complessivo di voli registrati, con la somma dei MAX e con la somma dei SEL .

Infine, sono state valutate le variazioni di massa corporea nelle autocature, vale a dire i controlli del "peso" sugli stessi soggetti catturati più volte. La variazione di massa giornaliera viene evidentemente stimata in maniera più precisa se i dati derivano da misure ripetute sullo stesso soggetto. Per aggiungere un riscontro oggettivo alle indicazioni che derivano dalle analisi appena descritte, sono state prese in considerazione le variazioni di massa mostrate dai soggetti catturati e ricatturati nel corso della stessa giornata (escludendo dall'analisi gli individui con altre ricatture avvenute a intervalli superiori ai 5 giorni, presumibilmente residenti).

Tra la primavera e l'autunno complessivamente sono disponibili i dati su 81 individui di 10 specie. Di questi ben 58 sono di Pettiroso tra cui 41 riferiti alla migrazione pre-riproduttiva. Solo quest'ultima parte del campione è stata ritenuta sufficiente per procedere ad analisi statistica.

I risultati dell'analisi della regressione operata sulle specie più catturate (v. tab. 8), ci autorizzano ad approssimare l'incremento giornaliero di massa ad un fenomeno lineare, quindi a calcolare per ogni soggetto una variazione di massa oraria, così da rendere i dati relativi ai diversi individui confrontabili tra loro, indipendentemente dall'intervallo di tempo trascorso tra cattura e ricattura. Poiché la variazione di massa (indicata come Δp) in questo caso è stimata sulla ripetizione della misura esattamente sugli stessi individui, non è necessario procedere ad una correzione della massa per la taglia strutturale. Rimane invece il problema della correzione per le condizioni meteorologiche, che in particolare in primavera sono risultate disomogenee lungo il periodo di attività; per questo è stato calcolato il residuo del Δp orario rispetto alle condizioni meteorologiche rappresentate da T_{RES} . Questo parametro è da qui in poi denominato Δp_{RES} .

In modo analogo al calcolo della variazione della massa,

anche per il disturbo sono stati ottenuti i valori medi orari relativi agli intervalli tra cattura e ricattura, per i tre parametri cumulativi “numero eventi”, “Sum SEL” e “Sum MAX”.

Questi tre indicatori sono stati indipendentemente inseriti come variabili indipendenti nel calcolo di una regressione lineare in cui la variabile dipendente era Δp_{RES} .

L'interpretazione dei dati delle autocatture a più giorni di distanza non ha fornito elementi aggiuntivi significativi all'analisi e non viene quindi descritta.

RISULTATI E DISCUSSIONE

In questa sezione sono presentati i principali risultati ottenuti nelle indagini di campo e nelle successive elaborazioni. La discussione è svolta in modo conciso, sia per contenere la lunghezza del contributo, sia perché la letteratura rilevante è stata ampiamente esaminata in fase di progettazione (v. FORNASARI E CALVI 2003), come si desume dalla sezione metodologica.

Risposte comportamentali degli uccelli acquatici svernanti

In totale sono state compilate 119 schede in condizioni “non disturbate” (82 tra il 15 e il 25 gennaio e 37 tra il 10 e il 20 febbraio) e 186 schede relative al disturbo provocato dai velivoli (115 in gennaio e 71 in febbraio). Le analisi successive sono state limitate alle specie con più di 50 osservazioni complessive. Per queste sette specie (su un totale di 15 specie acquatiche registrate), il numero medio di individui osservati ad ogni occasione è riportato in tab. 1. La specie mediamente più numerosa è risultata la Moretta *Aythya fuligula*, seguita dallo Svasso maggiore *Podiceps cristatus* e dal Moriglione *Aythya ferina*.

Tabella 1: Numero di osservazioni comportamentali (N) e numerosità media (Media) in condizioni non disturbate (Non disturbo) e in condizioni di disturbo (Disturbo) per le sette specie considerate.

Specie		Non disturbo		Disturbo	
		N	Media	N	Media
Svasso maggiore	<i>Podiceps cristatus</i>	111	52.1	145	63.9
Cormorano	<i>Phalacrocorax carbo</i>	113	29.4	93	29.8
Alzavola	<i>Anas crecca</i>	93	20.6	109	24.5
Germano reale	<i>Anas platyrhynchos</i>	60	5.4	40	7.1
Moriglione	<i>Aythya ferina</i>	114	51.5	149	53.8
Moretta	<i>Aythya fuligula</i>	114	102.2	150	103.9
Folaga	<i>Fulica atra</i>	93	5.2	76	5.9

Durante i campionamenti sono stati osservati complessivamente 152 velivoli, di cui 122 soggetti a rilevamento fonometrico. Per la gran parte si tratta di monomotori (87, il 71.3%) e in misura minore di elicotteri (26, il 21.3%). I bimotori risultano la categoria che produce il maggior disturbo acustico (tab. 2a), benché il loro nu-

mero sia decisamente esiguo rispetto alle altre categorie di velivoli (solo due osservazioni). Gli elicotteri, nonostante potenzialmente producano un disturbo maggiore, vengono rilevati con livelli di rumore inferiori a causa di una maggior quota di volo e, in parte, di rotte che tendono ad evitare la zona protetta. Un approfondimento dell'analisi relativamente ai monomotori (tab. 2b) dimostra che i velivoli in fase di decollo producono un maggiore disturbo acustico rispetto a quelli in atterraggio o sorvolo (tra loro omogenei).

Tabella 2a,b: Valori medi (Media), minimi (Min.), massimi (Max.) e deviazione standard (Dev.std.) dei due indici di disturbo (SEL e MAX) provocati a) dalle diverse tipologie di velivoli, b) in differenti condizioni di passaggio sopra l'area di rilevamento. N: numero di velivoli misurati; SEL: sound exposure level; MAX: livello di equivalente istantaneo massimo (vedi Metodo).

Tipologie		SEL				
		N	Media	Dev.std.	Min.	Max.
a) Velivoli	Monomotore	87	78.6	7.328	51.4	94.6
	Bimotore	2	82.5	0.849	81.9	83.1
	Elicottero	26	73.4	8.436	54.7	85.8
	Monomotore+alianti	6	75.6	2.729	73.0	79.9
	Modellino telecom.	1	74.8	-	74.8	74.8
b) Condizioni di passaggio per monomotori	Decollo	50	80.9	6.108	51.4	94.6
	Atterraggio	16	72.9	6.309	65.2	83.8
	Sorvolo	5	74.0	5.088	67.2	80.0

Tipologie		MAX				
		N	Media	Dev.std.	Min.	Max.
a) Velivoli	Monomotore	87	69.5	9.106	47.9	89.6
	Bimotore	2	75.8	1.273	74.9	76.7
	Elicottero	26	60.7	9.289	39.1	77.5
	Monomotore+alianti	6	64.4	2.613	61.6	67.3
	Modellino telecom.	1	61.5	-	61.5	61.5
b) Condizioni di passaggio per monomotori	Decollo	50	72.3	7.030	47.9	89.6
	Atterraggio	16	61.9	7.724	51.5	77.2
	Sorvolo	5	63.3	7.248	55.2	73.5

In 132 casi su 186 schede di osservazione compilate a seguito del transito di un velivolo, sono state registrate reazioni da parte dell'avifauna. La percentuale di osservazioni con almeno una reazione al disturbo provocato dal passaggio è molto bassa nel Cormorano *Phalacrocorax carbo* (10.6%), più elevata nello Svasso maggiore *Podiceps cristatus* (60.4%), intermedia nelle anatre (dal 34.0% della Moretta *Aythya fuligula* al 46.2% dell'Alzavola *Anas crecca*). La percentuale di individui che ha mostrato un qualche tipo di reazione è risultata al massimo del 20.1%, nell'Alzavola. Le reazioni hanno riguardato il 18% circa degli individui osservati nello Svasso maggiore *Podiceps cristatus* e nel Germano reale *Anas platyrhynchos*, il 12% nel Moriglione *Aythya ferina*, l'11% nella Moretta *Aythya fuligula*, il 7% nella Folaga *Fulica atra* e il 4% nel Cormorano *Phalacrocorax carbo* (tab. 3).

Tabella 3. Numero medio di individui per tipologia di reazione (NoR: nessuna reazione; Att: attenzione; Spo: spostamento; Imm: Immersione; Rif: rifugio tra le canne; Fug: fuga; InB: spostamento in volo su breve distanza; InL: spostamento in volo su lunga distanza).

Specie	NoR	Att	Spo	Imm	Rif	Fug	InB	InL
Germano reale	5.82	0.00	1.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Moretta tabaccata	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Folaga	5.89	0.19	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Svasso maggiore	52.48	4.87	6.45	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
Cormorano	28.46	0.17	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alzavola	19.60	0.77	3.73	0.00	0.21	0.00	0.21	0.00
Moriglione	47.14	0.37	6.17	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
Moretta	92.22	0.94	10.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Queste percentuali risultano basse rispetto ai valori riportati in letteratura per le specie acquatiche, con alterazioni del comportamento (vigilanza, immersione, fuga) normalmente nel 50-100 % dei casi in oche, anatre e edredoni come reazione al passaggio di velivoli (FORSHAW 1983, SOSSINKA E NIEMANN 1994, WARD *et al.* 1994, STOCK 1990, RIDDINGTON *et al.* 1996, MOSBECH & BOERTMAN 1999). Del resto, KOMENDA-ZEHNDER & BRUDERER (2002) hanno ampiamente documentato il verificarsi della “abituazione” (in senso biologico) degli uccelli acquatici ad un disturbo contenuto e ripetuto, quale può esser un costante passaggio di velivoli ad una frequenza oraria media relativamente costante, tale da portare ad una assenza di reazione o comunque ad una intensità di reazione moderata. Quando i mezzi aerei compaiono regolarmente nel tempo gli uccelli possono abituarsi, con una graduale scomparsa delle reazioni visibili (ad es. KUESTERS & VAN RADEN, 1986, SMIT & VISSER 1993, KEMPF & HUEPPOP 1996).

Confrontando i comportamenti osservati nelle cinque specie presenti con gruppi di individui svernanti, si osserva che tre mostrano una differenza significativa nel senso di una maggiore frequenza di spostamento in condizioni genericamente disturbate (tab. 4): Svasso maggiore, Alzavola e Moretta. Inoltre, il confronto relativo al Moriglione offre un risultato analogo al limite della significatività.

Tabella 4: Tendenza allo spostamento negli individui osservati in assenza o presenza di disturbo. Sono indicati il numero di schede di osservazione compilate in assenza (N_1) e in presenza (N_2) di velivoli e la significatività della differenza al test di Mann-Whitney (Z): (*) $p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$. Sono indicate inoltre la percentuale di schede con spostamenti contemporanei al transito di velivoli (schede positive) e la percentuale degli individui coinvolti (individui positivi).

Specie	N_1	N_2	Z	p	Schede positive	Individui positivi
Svasso maggiore	139	111	-3'638	<0.001***	60.4%	17.8%
Cormorano	85	113	-1'119	0.230 ns	10.6%	4.3%
Alzavola	105	93	-3'287	<0.001***	46.2%	20.1%
Moriglione	144	114	-1'919	0.055 (*)	40.3%	12.3%
Moretta	144	114	-3'673	<0.001***	34.0%	11.2%

Si è riscontrata una comparsa delle risposte a valori di SEL superiori ai 60 dB per le specie più sensibili e sopra ai 70 dB per quelle meno sensibili. Valutando mediante la correlazione non parametrica di Spearman il legame tra “rango degli spostamenti” e disturbo acustico, si evidenzia invece un'influenza significativa del rumore (SEL e MAX) su Moriglione (SEL: $\rho = 0.223$, $p = 0.018$, $N = 112$; MAX: $\rho = 0.192$, $p = 0.042$, $N = 112$) e Cormorano (SEL: $\rho = 0.259$, $p = 0.035$, $N = 66$; MAX: $\rho = 0.283$, $p = 0.021$, $N = 66$). Ciò significa che, per queste specie, voli più rumorosi inducono un aumento della frequenza degli spostamenti.

Da un punto di vista generale, questo risultato e quelli dei paragrafi precedenti indicano un'influenza del disturbo acustico e della sua intensità, nel senso di un modesto aumento dell'inquietudine degli uccelli osservati, tradotto in un incremento della mobilità che quasi mai assume i caratteri drastici della fuga o dell'involo. Sono infatti solo 3 su 144 schede compilate, i casi in cui sono stati osservati fuga e involo. Nella fattispecie, il 24 gennaio alle 11:26, il passaggio di un monomotore in fase di decollo (SEL 67.5; MAX 59.3) ha provocato lo spostamento completo (in acqua) di 25 alzavole, lo spostamento di circa il 25% di 65 svassi maggiori (rilevata “attenzione” per il restante 75%), e l'immersione di 3 folaghe sulle 9 presenti. Il 13 febbraio l'unico passaggio rilevato di un aereo da modellismo (SEL 74.8; MAX 61.5) ha provocato l'immersione di circa il 25% di 44 moriglioni presenti (nessuna reazione registrata tra Svasso maggiore, Cormorano, Moretta e Folaga). Infine, il 17 febbraio, alle 12.00, un altro monomotore in fase di decollo (SEL 84.0; MAX 78.2) ha provocato il 25% di attenzione e il 75% di spostamento su un totale di 30 svassi maggiori, il 10% di involo e il 50% di rifugio tra le canne su 10 alzavole.

La casistica di “spostamento” completo di gruppi di uccelli presenti racchiude un campione di 13 schede, distribuite in sei giorni di osservazione. Complessivamente, questi 13 casi mostrano che la risposta completa si è osservata solo con SEL di almeno 67 dB e MAX di almeno 51.5 dB. La percentuale di casi cresce drasticamente quando il SEL supera i 90 dB e il MAX gli 80 dB (fig. 5). Questo campione comprende due casi con il passaggio di più aerei in rapida successione (in un caso 2, in un altro 4), che hanno provocato lo spostamento completo ed evidente di tutti gli individui di tutte le specie presenti.

L'unico turbogetto rilevato (per il quale non si dispone dei dati acustici), ha analogamente provocato lo spostamento completo di molte specie presenti (Germano reale, Moriglione, Folaga) e del 25% degli svassi maggiori. Il passaggio simultaneo di un monomotore, in transito a bassa quota, e di un elicottero ha provocato lo spostamento completo di Svasso maggiore, Moriglione e Moretta (94, 45 e 128 individui).

Questo sembra suggerire la necessità di un elemento di “sorpresa” o di eccezionalità rispetto ad un disturbo noto e contenuto, per provocare risposte consistenti; ciò si è verificato circa nel 10% dei casi. Gli elicotteri compaiono in misura minore dei monomotori nei casi di

individuati in base ai dati pregressi, sia nella migrazione pre-riproduttiva sia in quella post-riproduttiva. La stessa relazione si ottiene per la Passera scopaiola e, in misura inferiore, per la Capinera. Per quanto riguarda i migratori transahariani, si ottiene una relazione significativa per il Lui grosso nella stagione primaverile, per Cannaiola e Balia nera in quella autunnale (tab. 9).

I risultati sono analoghi qualora si utilizzi anziché la massa tal quale la massa corretta per la taglia (utilizzando la terza remigante primaria come indicatore della taglia strutturale).

Tabella 9: Varianza spiegata dai modelli di regressione della biomassa sull'ora di cattura per le specie esaminate nella migrazione pre- e post-riproduttiva e loro livello di significatività statistica (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$). Per ciascuna stagione sono esaminate le specie migratrici che hanno registrato oltre 50 catture.

Specie	Migrazione pre-riproduttiva			Migrazione post-riproduttiva		
	N	R ²	p	N	R ²	p
Passera scopaiola	58	0.387	0.002 **	222	0.289	<0.001 ***
Pettiroso	1288	0.319	<0.001 ***	862	0.395	<0.001 ***
Capinera	315	0.121	0.030 *	191	0.145	0.045 *
Lui piccolo	202	0.329	<0.001 ***	406	0.364	<0.001 ***
Migliarino di palude	201	0.199	0.005 **	636	0.367	<0.001 ***
Codirosso	53	0.260	0.058 ns	-	-	-
Lui grosso	223	0.464	<0.001 ***	-	-	-
Beccafico	-	-	-	68	0.110	0.370 ns
Cannaiola	-	-	-	750	0.178	<0.001 ***
Balia nera	-	-	-	172	0.281	<0.001 ***

Effetti del disturbo sull'efficacia della sosta - in base all'analisi della covarianza sui dati del disturbo nell'ora precedente, delle specie esaminate solo due hanno mostrato un'influenza significativa del disturbo sulla variabilità della massa corporea: il numero di voli influisce negativamente sulla massa degli uccelli nell'ora successiva nella Passera scopaiola ($F=6.131$, $p=0.015$) e nel Lui piccolo ($F=7.214$, $p=0.008$). In particolare si osserva un mancato incremento per singolo volo pari al 16-27% dell'incremento medio orario complessivamente mostrato dalle due specie (tab. 10).

Per la Passera scopaiola risultano significative le analisi della covarianza su gran parte della altre variabili cumulative (in particolare la percentuale di tempo sopra i 50 dB; $F=9.173$, $p=0.003$). Valori del test F molto vicini alla significatività si ottengono anche per il Beccafico (ad es. $\%T > 50\text{dB}$: $F=3.953$, $p=0.057$). Anche se non sempre in modo significativo, il disturbo prodotto nell'ora precedente quella della misurazione della massa è risultato comunque genericamente correlato in maniera negativa alla massa stessa (con la sola eccezione della Balia nera).

Tabella 10: Incremento orario della massa corporea (grammi/ora) secondo le analisi della regressione lineare discusse in precedenza (v. tab. 9), confrontato con la variazione media oraria di massa determinata dal disturbo aereo unitario (all'analisi della covarianza: numero di voli); *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$.

Specie	Incremento orario (g/h)	R ²	p	Mancato incremento (g/h)	p	Mancato incremento (%)
Passera scopaiola	0.136	0.339	<0.010**	-0,0370	0.015 *	-27,2%
Pettiroso	0.148	0.429	<0.010**	-0,0070	0.380	-4,7%
Cannaiola	0.097	0.266	<0.010**	-0,0002	0.986	-0,2%
Beccafico	0.076	0.160	0.227	-0,0195	0.408	-12,2%
Capinera	0.031	0.062	0.609	+0,0002	0.993	-
Lui piccolo	0.080	0.412	<0.010**	-0,0130	0.008 **	-16,3%
Migliarino di palude	0.159	0.359	<0.010**	-0,0090	0.290	-5,7%

I dati offrono campioni sufficientemente numerosi per la valutazione degli effetti del disturbo cumulativo per la fascia delle ore 17, relativamente al Pettiroso ($N=21$), alla Cannaiola ($N=19$), al Lui piccolo ($N=26$) e al Migliarino di palude ($N=128$). Per Pettiroso, Cannaiola e Lui piccolo, è possibile ripetere l'analisi su un campione di dimensioni congrue per la fascia delle 11 ($N=35$, $N=24$ e $N=20$), per il Migliarino di palude per la fascia delle 12 ($N=32$).

Non sono state rilevate influenze significative del disturbo cumulativo sulla Cannaiola, in nessuno dei due casi. Si rilevano invece influenze negative significative del disturbo cumulativo su Pettiroso (numero eventi, somma dei SEL e somma dei MAX, campione delle 11), Lui piccolo (somma dei SEL e somma dei MAX, campione delle 11; numero eventi, somma dei SEL e somma dei MAX, campione delle 17) e Migliarino di palude (somma dei SEL e somma dei MAX, campione delle 12).

In questi casi, si osserva che la correlazione negativa tra la condizione degli uccelli e il disturbo cresce con il numero di fasce orarie prese in considerazione.

A titolo di esempio, nella fig. 11 è mostrato per il Lui piccolo l'andamento della correlazione tra P res e numero di sorvoli negli individui esaminati alle 17: la correlazione progredisce con il numero di fasce orarie considerate e diviene significativa quando nel computo entrano le prime ore del mattino ($r=-0.395$; $p=0.046$ ad 8 ore di disturbo cumulativo). Il dato è del tutto analogo per quanto riguarda gli altri indici del disturbo: a 10 ore la correlazione con il numero di voli è di -0.458, con la somma dei SEL di -0.479, con la somma dei MAX di -0.467 (sempre con $p < 0.05$).

A titolo di esempio, nella fig. 11 è mostrato per il Lui piccolo l'andamento della correlazione tra P res e numero i sorvoli negli individui esaminati alle 17: la correlazione progredisce con il numero di fasce orarie considerate e diviene significativa quando nel computo entrano le prime ore del mattino ($r=-0.395$; $p=0.046$ ad 8 ore di disturbo cumulativo). Il dato è del tutto analogo per

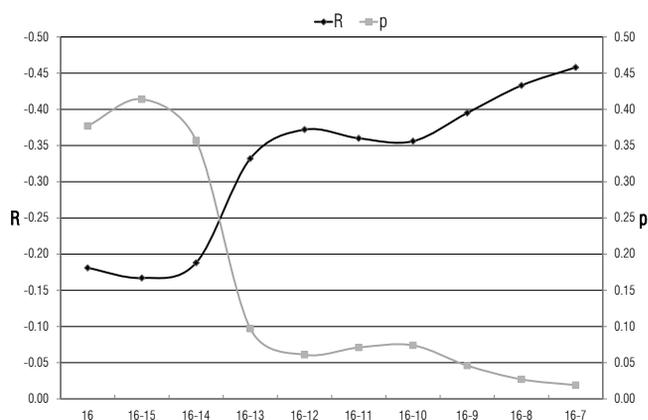


Figura 12: Andamento progressivo della correlazione P RES vs disturbo per il Lui piccolo - campione delle ore 17 (Numero di voli, in basso, N=26). La linea scura rappresenta l'andamento dell'indice di correlazione "R" di Pearson tra indicatore di condizione P RES e indicatore cumulativo del disturbo nelle fasce orarie via via considerate (un'ora, due ore, tre ore, ecc.). La linea chiara rappresenta la significatività statistica "p" (correlazione significativa a valori di p inferiori allo 0.05).

quanto riguarda gli altri indici del disturbo: a 10 ore la correlazione con il numero di voli è di -0.458, con la somma dei SEL di -0.479, con la somma dei MAX di -0.467 (sempre con $p < 0.05$).

Il legame con il disturbo provocato dal traffico aereo nelle prime ore del mattino è evidente negli altri 3 campioni, illustrati in tabella 11 (sono mostrati i dati relativi alla somma dei SEL): nel campione di Pettiroso e di Lui piccolo delle 11 l'incremento in valore assoluto della correlazione è evidente da subito e progredisce fino a divenire significativo cumulando il disturbo di 4 ore. Nel Migliarino di palude, nel campione delle ore 12 l'andamento della correlazione tra condizione dell'individuo e indice del disturbo è invece irregolare; il legame diventa significativo quando è cumulato il disturbo di 5 ore.

Tabella 11: Valore progressivo della correlazione tra disturbo cumulato e indice di condizione. In grassetto sono evidenziati i valori significativi.

Specie e fascia oraria	Fasce orarie	R	p	N
Pettiroso h 11	h 10	-0,169	0,389	28
	h 10-9	-0,207	0,321	25
	h 10-8	-0,326	0,112	25
	h 10-7	-0,426	0,048	22
Lui piccolo h 11	h 10	-0,103	0,686	18
	h 10-9	-0,344	0,331	10
	h 10-8	-0,402	0,250	10
	h 10-7	-0,792	0,034	7
Migliarino di palude h 12	h 11	-0,360	0,071	26
	h 11-10	-0,251	0,216	26
	h 11-9	-0,278	0,178	25
	h 11-8	-0,254	0,220	25
	h 11-7	-0,450	0,031	23

Le 2 considerazioni che derivano da questi risultati sono:
 a) l'effetto del disturbo appare cumulativo (casi significativi in tre specie su quattro);

b) ha una maggiore influenza il disturbo che si verifica nelle prime ore della giornata (i campioni delle 11 e delle 12 mostrano correlazioni negative significative su intervalli brevi, di una-due ore, il campione delle 17 mostra i valori di correlazione più elevati su intervalli molto più lunghi, quando tra l'altro entrano nell'analisi i dati di disturbo delle ore mattutine).

Per verificare l'influenza che il traffico delle prime ore del mattino ha sulla condizione degli individui in sosta, sono stati presi in esame gli individui catturati dalle ore 10 in poi e se ne è confrontata la condizione con i parametri del disturbo relativi alle prime ore di traffico (singole fasce orarie delle 7, delle 8 e delle 9). Il numero di individui utile è di 370 per il Migliarino di palude, 222 per il Pettiroso, 157 per la Cannaiola e 143 per il Lui piccolo.

I risultati mostrano l'esistenza di una correlazione significativa (in molti casi altamente significativa) tra P res ed il traffico delle prime ore del mattino per tre specie su quattro. In particolare le correlazioni più alte si riscontrano per il traffico delle ore 8 (tab. 12).

Tabella 12: Correlazione tra la condizione degli individui (P res) alle 10 e il disturbo cumulativo (numero di voli) in ciascuna delle tre fasce orarie precedenti; *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$. Il quadro risulta analogo prendendo in considerazione i parametri SumMAX e SumSEL (dati non mostrati).

Specie	N	Ore 7		Ore 8		Ore 9	
		R	p	R	p	R	p
Pettiroso	205	-0.076	0.278	-0.212	0.002**	-0.055	0.434
Cannaiola	155	0.079	0.329	0.012	0.884	0.034	0.671
Lui piccolo	136	-0.180	0.036*	-0.281	0.001**	-0.114	0.187
Migliarino di palude	328	-0.127	0.021*	-0.176	0.001**	-0.085	0.122

La fascia oraria delle 8 è probabilmente la più sensibile perché si tratta della prima con traffico intenso, tra l'altro caratterizzata ancora da una mobilità relativamente elevata degli uccelli come dimostrato dall'andamento generale delle catture.

Molto rilevante è il fatto che sia emerso un effettivo disturbo del traffico mattutino anche per specie la cui condizione non mostrava una relazione significativa con i parametri del disturbo misurati nella sola ora precedente la cattura (Pettiroso e Migliarino di palude).

Per avere una stima del disturbo causato dal traffico aereo nelle prime ore del mattino, confrontabile poi con quella ricavata per il traffico nell'ora precedente la cattura, abbiamo eseguito anche su questi dati l'analisi della covarianza. E' stato così possibile verificare l'ipotetico mancato incremento orario di biomassa corrispondente ad ogni volo. Nei casi significativi si osserva un mancato incremento per singolo volo pari a circa il 25% dell'in-

cremento medio orario complessivamente mostrato dalle tre specie (tab. 13).

Tabella 13: Incremento orario della massa corporea (g/h: grammi / ora) secondo le analisi della regressione lineare discusse in precedenza (v. tab. 11) confrontato con la variazione media oraria di massa determinata dal disturbo aereo unitario nella fascia oraria delle 8 (covarianza: numero di voli); *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$.

Specie	Incremento orario (g/h)	R	p	Mancato incremento unitario (g/h)	p	Mancato incremento (%)
Pettirosso	0.148	0.429	<0.01 **	-0.0354	0,002 **	-23.9%
Cannaiola	0.097	0.266	<0.01 **	+0.0048	0,783	-
Lui piccolo	0.080	0.412	<0.01 **	-0.0240	0,001 **	-29.9%
Migliarino di palude	0.159	0.359	<0.01 **	-0.0360	0,001 **	-22.6%

La stima dell'importanza delle variabili cumulative descrittive del disturbo sulla variazione della massa corporea dei migratori in sosta è confermata in maniera inequivocabile dall'esame delle autocatture di Pettirosso. Tutti gli indicatori (numero di voli, SumSEL, SumMAX) hanno mostrato in effetti un legame negativo, significativo alla regressione lineare, con l'incremento di massa (tab. 14, fig. 13).

Tabella 14: Modelli di regressione lineare per i tre parametri del disturbo (*: $p < 0.05$)

Variabili indipendenti	R	g.l.	F	p
Aerei / ora	-0.379	35	5.88	0.021 *
Somma SEL / ora	-0.372	35	5.64	0.023 *
Somma MAX / ora	-0.376	35	5.78	0.022 *

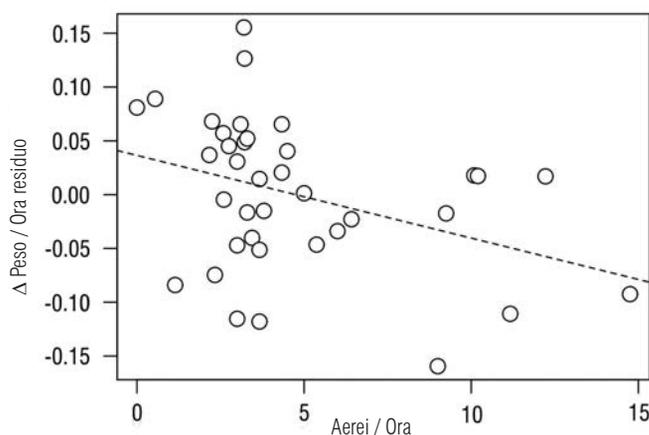


Figura 13: Diagramma di dispersione e modelli di regressione relativamente all'indice Δp res rispetto al disturbo espresso come numero medio di voli nelle ore precedenti (ricatture infra-giornaliere di Pettirosso in primavera).

CONCLUSIONI

I dati raccolti durante questa ricerca hanno confermato l'effettiva importanza della riserva quale sito di sosta per i Passeriformi migratori. A questo va aggiunto la concentrazione di uccelli acquatici presenti in inverno e la ricca diversità di nidificanti.

La convivenza con l'aeroporto di Locarno-Magadino non è priva di conseguenze su ognuno di questi gruppi. L'attività attuale, determinata dal numero di movimenti e dal tipo di velivoli, mostra impatti significativi (riassunto anche in CATTANEO 2006).

In base ai dati raccolti, allo stato attuale tale attività sembra accettabile per i gruppi ecologici degli uccelli nidificanti e svernanti. Naturalmente non disponiamo di informazioni sull'assenza di specie potenzialmente nidificanti allontanate e incompatibili con i sorvoli aerei a bassa quota, quali per es. Ardeidi o Falco di palude.

Per contro, sugli uccelli migratori, l'impatto è oggi significativo. Per il disturbo misurato, sia come numero di voli sia come pressione sonora nell'ora precedente a quella di cattura, i risultati delle analisi indicano una diffusa relazione negativa tra sorvoli e la massa corporea. L'analisi della covarianza ha fornito risultati statisticamente significativi su due specie (Lui piccolo e Passera scopaiola), per le quali questo effetto biologico è stato misurato con un "mancato incremento di biomassa per unità di disturbo" compreso tra il 15 e il 25% dell'incremento di biomassa orario dimostrato dai migratori.

Gli effetti sono più evidenti se si considera il disturbo cumulativo nel corso della giornata. Si è potuto procedere a tale analisi su campioni di sole quattro specie (Pettirosso, Cannaiola, Lui piccolo e Migliarino di palude) per le fasce centrali e finali della giornata. Influenze significative sono state riscontrate in tre specie su quattro per le ore meridiane (11-12), dimostrando che l'accumulo di massa corporea (tranne che nella Cannaiola) è condizionato negativamente dal livello complessivo di disturbo nelle 3-5 ore precedenti. In generale la correlazione diviene significativa quando nell'analisi si considera il disturbo relativo alle prime ore della giornata (fasce delle 7 e delle 8). Correlazioni significative sono state ottenute per due fattori: il numero di voli e la pressione sonora. Correlazioni regolarmente più elevate con uno o l'altro di questi due fattori dimostrerebbero l'influenza maggiore del disturbo acustico, nel secondo caso, o probabilmente di quello visuale, nel primo. La mancanza di un pattern comune rende impossibile discriminare quale dei due meccanismi del disturbo sia predominante. Già BRUDERER & ZEHNDER (2002) sottolineavano come gli stimoli uditivi siano difficilmente separabili da quelli visivi. L'esistenza di un disturbo cumulativo infragiornaliero è comunque confermato dalle variazioni di biomassa dimostrate da pettirossi ricatturati nel corso della stessa giornata. Correlazioni negative significative dello stesso ordine di grandezza sono state ottenute con tutti e tre gli indicatori generali del disturbo: numero di voli, SEL e picchi di Short Leq.

È evidente che il successo nella migrazione deriva direttamente dall'efficacia delle soste. Per i migratori di

passo, l'impatto è rilevante e una corretta politica di salvaguardia delle popolazioni coinvolte richiederebbe l'adozione di misure mitigative.

La situazione attuale appare oltre la soglia di un impatto trascurabile. Eventuali aumenti della pressione esercitata su queste popolazioni di uccelli migratori appaiono quindi come un rischio da evitare.

RINGRAZIAMENTI

Questo scritto riassume i contenuti del rapporto di impatto relativo a un progetto di ampliamento dell'Aerodromo cantonale di Locarno. L'impostazione della ricerca, le campagne di rilevamento e le analisi sono state possibili grazie al lavoro di molte persone e alla partecipazione di cinque studenti che con questi dati hanno potuto presentare con successo la loro tesi di laurea presso l'Università di Milano (Jacopo Bestetti, Vincenzo Loseto), l'Università di Milano Bicocca (Giampiero Calvi, Martha Manfredi, Elisabetta Rossi) e l'Università di Pavia (Maura Cattaneo).

Il progetto di ricerca è stato redatto da Lorenzo Fornasari in collaborazione con la Fondazione Bolle di Magadino (R. Lardelli e N. Patocchi) e le autorità aeroportuali (D. Pedrioli). Il programma di lavoro e rilevamento è stato discusso con i ricercatori della stazione ornitologica svizzera di Sempach (Prof. Dr. B. Bruderer, PD Dr. L. Jenni, Dr. N. Zbinden). L'attività di campo è stata coordinata da Paolo Bonazzi dell'Associazione Fauna-Viva. Responsabile delle attività di inanellamento presso la stazione delle Bolle di Magadino è stato Roberto Lardelli con Chiara Scandolaro, per conto della Fondazione Bolle di Magadino; ringraziamo lui e i moltissimi inanellatori e collaboratori che hanno partecipato alle attività di cattura, senza cui non sarebbe stato possibile questo lavoro. All'attività di rilevamento fonometrico e valutazione del disturbo acustico ha collaborato la Società Consulenze Ambientali S.p.A. Suggerimenti sulle elaborazioni dei dati per il rapporto tecnico sono stati forniti dal PD Dr. Lukas Jenni. La commissione scientifica della Fondazione Bolle di Magadino ha eseguito una lettura critica del rapporto.

Nicola Patocchi e Marco Moretti hanno eseguito la prima revisione di questa sintesi. Giuseppe Bogliani, Mauro Jermini e Francesca Palli hanno eseguito un prezioso lavoro di revisione che ha consentito di snellire e razionalizzare il presente contributo.

BIBLIOGRAFIA

AEROPORTO CANTONALE LOCARNO 1997. Analisi dei conflitti tra avifauna e movimenti aerei 1955 - 1997. Documento di lavoro interno. Locarno.

ALTMANN J. 1974. Observational study of behavior - Sampling methods. *Behaviour*, 49: 227-267.

ANDERSEN D.E., RONGSTAD O.J. & MYTTON W.R. 1989. Response of nesting red-tailed hawks to helicopter overflights. *Condor*, 91: 296-299.

ANTONIETTI A. 1964. Le Bolle di Magadino. *Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali*, 57: 11-30.

BAIRLEIN F. 1995. *Manual of Field Methods*. European-African Songbird Migration Network. Vogelwarte Helgoland, Wilhelmshaven, Germany.

BROWN M.E. 1996. Assessing body condition in birds. *Current Ornithology*, 13: 67-135.

BRUDERER B. 1976. Daten zum Vogelschlagproblem in der Schweiz. *Angewandte Ornithologie*, 5: 1-12.

BUSNEL R.G. 1978. Introduction in Fletcher J.L. & Busnel R.G. (eds.), *Effects of noise on wildlife*. Academic Press, 7-22.

CAMBIAGHI V., TONETTI J., ATZORI L., DE CARLI E., FORNASARI L. 2003. Efficienza degli habitat naturali del Parco del Ticino come area di sosta per i 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. Rapporto, 169 pp.

CATTANEO M. 2006. Bolle: aerei ed uccelli, una convivenza pacifica? L'esempio del Pettiroso. *Ficedula*, 36: 6-11.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES 1995. CORINE Land Cover. OPOCE (Office des publications officielles des Communautés européennes).

DAVIDSON N.C. & ROTHWELL P.I. 1993. Human disturbance to waterfowl on estuaries: conservation and coastal management implication of current knowledge. *Wader Study Group Bulletin*, 68: 97-105.

DIETRICH K., KOEPFF C., VON DER MÜHLEN G. & STEIOF K. 1989. Untersuchungen über die Auswirkung von Modellflugbetrieb auf das Verhalten von Wiesenvögeln. Unveröffentlichtes Gutachten, 76 pp.

FIELD A. 2000. *Discovering statistics using SPSS for Windows*. London.

FORNASARI L., BOTTONI L., MASSA R., FASOLA M., BRICHETTI P. & VIGORITA V. 1992. Atlante degli uccelli svernanti in Lombardia. Regione Lombardia e Università degli Studi di Milano, 248 pp.

FORNASARI L., DE CARLI E., BRAMBILLA S., BUVOLI L., MARITAN E. & MINGOZZI T. 2002. Distribuzione dell'avifauna nidificante in Italia: primo bollettino del progetto di monitoraggio MITO 2000. *Avocetta*, 26: 59-115.

FORNASARI L. 2003. La migrazione degli uccelli nella Valle del Ticino e l'impatto di Malpensa. Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino. 157 pp.

FORNASARI L. & CALVI G. 2003. Progetto aggiornamento infrastrutture (progetto 2000): Stima dell'impatto sull'avifauna delle Bolle di Magadino. Direzione Aeroporto cantonale di Locarno. Rapporto conclusivo, 250 pp.

FORSYTH W.D. 1983. Numbers, distribution and behaviour of Pink-footed Geese in Lancashire. *Wildfowl* 34: 64-76.

FOSSATI A. 2003. *Gli investigatori della natura*. Dipartimento del Territorio. Armando Dadò Editore, 432 pp.

FOWLER J. & COHEN L. 1993. *Statistica per ornitologi e naturalisti*. Franco Muzzio Editore, Padova. 130 pp.

GLASER R. L., HORSEPOOL K., SIMHAI N. E. YOSEF R. 1998. The effects of disturbance on migrant waders at Eilat, Israel. *Sandgrouse*, 20: 30-35.

GRANACHER A. 1985. Untersuchungen zum Einfluss von Fluglärm auf Produktivität, Verhalten und Mortalität in der Mastputenhaltung. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover, 128 pp.

- HILGERLOH G. 1990. Ungewöhnliches Verhalten von Zugvögeln in Gibraltar: Störung durch Flugzeuge. *Journal of Ornithology*, 131: 311-316.
- IBCC 1969. Recommendations' for an international standard for mapping method in bird census work. *Bird Study*, 16: 248-255.
- JAKOBI W.E. 1975. Luftverkehr und Vogelverhalten. *Falke*, 22: 78-81.
- KAISER A. 1993. A new multi-category classification of subcutaneous fat deposit of songbirds. *Journal of Field Ornithology*, 64: 246-255.
- KELLER V., ZBINDEN N., SCHMID H. & VOLET B. 2001. Lista Rossa degli uccelli nidificanti minacciati in Svizzera. Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio, Berna & Stazione ornitologica di Sempach. Collana UFAFP "Ambiente-Esecuzione", 68 pp.
- KELLER V., GERBER A., SCHMID H., VOLET B., & ZBINDEN N. 2010. Lista Rossa Uccelli nidificanti. Specie minacciate in Svizzera, stato 2010. Ufficio federale dell'ambiente, Berna, e Stazione ornitologica svizzera, Sempach. Pratica ambientale n. 1019: 53 pag.
- KEMPF N. & HÜPPOP O. 1996. Auswirkungen von Fluglärm auf Wildtiere: ein kommentierter Überblick. *Journal of Ornithology*, 137: 101-113.
- KEMPF N. & HÜPPOP O. 1998. Wie wirken Flugzeuge auf Voegel? Eine bewertende Uebersicht. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 30: 17-28.
- KOMENDA-ZEHNDER S. & BRUDERER B. 2002. Einfluss des Flugverkehrs auf die Avifauna – Literaturestudie. Schriftenreihe Umwelt Nr 344, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 100 pp.
- KOOLHAAS A., DEKINGA A. & PIERSMA T. 1993. Disturbance of foraging Knots by aircraft in the Dutch Wadden Sea in August-October 1992. *Wader Study Group Bulletin*, 68: 20-22.
- KUESTER E. & VAN RADEN H. 1986. Zum Einfluss von Tiefflug, Schiessbetrieb und anderen anthropogenen Störungen auf Vögel im Wattenmeer bei List/Sylt. Teil 1: Untersuchungen an Ringelgänsen. *Vogel und Luftverkehr*, 6: 75-89.
- LARDELLI R. & MINDER T. 1982. Primi risultati sullo studio della migrazione autunnale alle Bolle di Magadino. *Boll. Soc. tic. sci. nat.* 70: 6367.
- LARDELLI R. 2001. L'importanza delle Bolle di Magadino per gli uccelli. In: AAVV, Contributo alla conoscenza delle Bolle di Magadino. Fondazione Bolle di Magadino, 270 pp.
- LARDELLI R. 2006. La migrazione degli uccelli attraverso il Ticino: analisi delle ricatture degli uccelli inanellati. *Bollettino Società ticinese Scienze naturali*, 94: 17-24.
- MOSBECH A. & BOERTMAN D. 1999. Distribution, abundance and reaction to aerial surveys of post-breeding king eider (*Somateria spectabilis*) in western Greenland – Arctic, 52: 188 – 203.
- NIEMANN J. & SOSSINKA R. 1991. Zum Einfluss von militärischen Übungen auf die Vogelwelt im international bedeutsamen Feuchtgebiet "Weserstaustufe Schlüsselburg". *Rapporto*, 50 pp.
- RAMPAZZI F. 1991. I Laro-Limicoli alle Bolle di Magadino. *Ficedula*, 2: 7-13.
- RIDDINGTON R., HASSALL M., LANE S. J., TURNER P. A. & WALTERS R. 1996. The impact of disturbance on the behaviour and energy budget of Brent Geese *Branta b. bernicla*. – *Bird Study*, 43: 269-279.
- ROLANDO A. 1986. Interspecific territoriality and spatial distribution in the genus *Philoscopus* in north-western Italy. *Avocetta*, 10:87-96.
- RUNYON R.P. & HABER A. 1976. *Fundamentals of behavioral statistics*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- SCANDOLARA C. & LARDELLI R. 2007. Strategia cantonale per lo studio e la protezione degli uccelli. Dipartimento del Territorio, 83 pp.
- SCHAUB M. & JENNI L. 2000A. Body mass of six long-distance migrants passerine species along the autumn migration route. *Journal für Ornithologie*, 144: 441-460.
- SCHAUB M. & JENNI L. 2000B. Fuel deposition of three passerine bird species along the migration route. *Oecologia*, 122: 306-317.
- SCHAUB M. & JENNI L. 2001. Variation of fuelling rates among sites, days and individuals in migrating passerine birds. *Functional Ecology*, 15: 584 - 594.
- SMIT C.J. & VISSER J.M. 1993. Effects of disturbance on shorebirds: a summary of existing knowledge from the Dutch Wadden Sea and Delta Area. *Wader Study Group Bulletin*, 68: 6-19.
- SOSSINKA R. & NIEMANN J. 1994. Störungen von Entenvögeln durch Hubschrauber nach Untersuchungen an der Weserstaustufe Schlüsselburg. – *Artenschutzreport* 4: 19-21.
- STOCK M. 1990. Studies on the effects of disturbance on staging brent geese: a progress report. – *IWRB Goose Reserve Group Bulletin*, 11-18.
- STOCK M. & HOFEDITZ F. 1994. Beeinflussen Flugbetrieb und Freizeitaktivitäten das Aktivitätsmuster von Ringelgänsen (*Branta bernicla*) im Wattenmeer? *Artenschutzreport*, 4: 13 – 19.
- SUTER W. 1975. L'importance des "Bolle di Magadino" pour les migrants. *Nos Oiseaux*, 33: 324.
- VISSER G. 1986. Verstorving en reacties van overtijende vogels op de Noordvaarder (Terschelling) in samenhang met de omgeving. *RIN rapport* 86/17, Texel.
- WARD D.H., STEHN R.A. & DERKSEN D.V. 1994. Response of staging brant to disturbance at the Izembek Lagoon, Alaska. *Wild.Soc.Bull.*22:220-228.
- WERNER H. & SCHUSTER S. 1985. Flugsportveranstaltungen direkt neben wertvollem Naturschutzgebiet. – *Bericht Deutsche Sektion International Rat Vogelschutz*, 25: 151-154.