

1.1. Il «moonwatch».

Lo studio della migrazione notturna osservando la luna piena

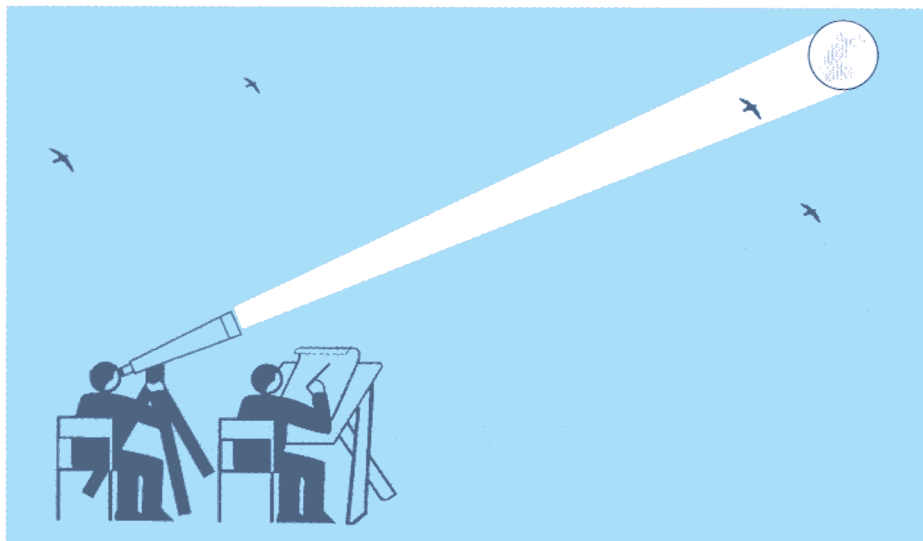
Roberto Lardelli e Felix Liechti

Gli studi sulla migrazione degli uccelli sono iniziati alla metà dell'Ottocento, ma hanno avuto effettivamente un grande sviluppo solo dopo la diffusione dell' inanellamento, introdotto nel 1889 dal danese Mortensen.

La cattura e la relativa marcatura degli uccelli, descritte ampiamente nel precedente volume del manuale (Spina, in Brichetti & Gariboldi 1997), hanno permesso di seguire gli spostamenti degli uccelli, di identificare le rotte di migrazione, le aree di sosta ed i quartieri di svernamento.

In tempi recenti la ricerca con questo metodo si è orientata ad indagare i più svariati aspetti dell'ecologia e della fisiologia della migrazione, non può però dare risposta ad alcuni degli interrogativi più importanti, ad es. come si spostano gli uccelli, come sono influenzati dalle condizioni meteorologiche, come reagiscono di fronte alle grandi barriere naturali, come avviene la migrazione su ampio fronte e come questa è condizionata dalla topografia, ecc.

La maggior parte delle specie in movimento (secondo una stima grossolana oltre 2/3: molti acquatici, i limicoli, i rapaci notturni, la quasi totalità dei passeriformi migrato-



Moonwatch.

ri a lungo raggio) si sposta di notte. I primi ad accorgersi di questa particolarità sono stati in passato i guardiani e gli operatori dei fari costieri contro i quali si infrangevano gli uccelli, attratti dalla sorgente luminosa. Spettacolare il passaggio che si osserva ancora oggi lungo le coste atlantiche, a Gibilterra ed in Scandinavia a Falsterbo. Il movimento notturno può essere percepito anche ascoltando i richiami emessi dagli uccelli in volo (Dierschke 1989).

Un grande contributo per lo studio della migrazione di notte è stato offerto dall'introduzione del radar, a partire dagli anni '50. Questa tecnica è estremamente utile poiché, specialmente con le apparecchiature sofisticate utilizzate oggi, permette di seguire con precisione la direzione e l'altitudine di volo, di misurare la massa e persino la frequenza del battito alare di ogni singolo individuo (Bloch *et al.* 1981). Con questo strumento possono essere effettuati rilievi con grande dettaglio e valutati gli effetti della topografia e delle condizioni meteorologiche sulla migrazione.

Il radar presenta però un grosso limite. È uno strumento dal costo molto elevato e la sua gestione dispendiosa. Richiede inoltre personale specializzato e non permette generalmente di effettuare rilievi contemporanei su una vasta superficie.

Poco più di un secolo fa, gli ornitologi americani Scott e Chapman hanno per primi effettuato delle osservazioni notturne utilizzando telescopi astronomici puntati contro la luna piena. Questa tecnica, che per praticità chiameremo «moonwatch», è stata applicata però la prima volta da Loverly (1951).

Nella primavera 1948 utilizzando una metodologia standardizzata è stata studiata la migrazione su larga scala negli Stati Uniti. Questa indagine mostrò chiaramente che la situazione meteorologica generale presente sul Nordamerica giocava un ruolo importante sulla direzione di migrazione.

Per l'osservazione degli uccelli furono utilizzati dei cannocchiali rivolti contro il disco lunare nelle notti di plenilunio. Si considerarono per la prima la direzione del movimento come pure le classi di grandezza degli uccelli, come indicatori relativi della loro distanza dall'osservatore. Purtroppo questo metodo non permetteva ancora un'effettiva definizione dell'altitudine di migrazione, non essendo ancora possibile stabilire con precisione i limiti di visibilità in relazione alle dimensioni corrispondenti.

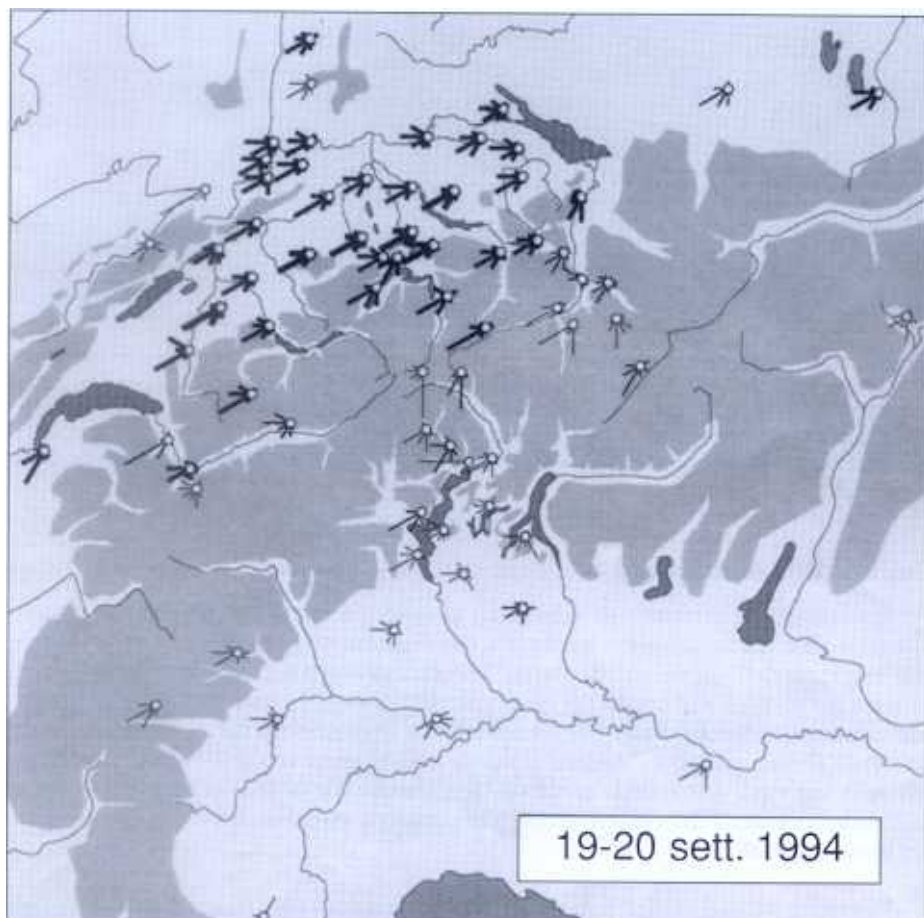
Per colmare queste lacune, alcuni ricercatori russi tentarono di stimare le dimensioni degli uccelli confrontandole con quelle apparenti di un cratere lunare, e di conseguenza di valutare le distanze fra l'osservatore e l'individuo in volo (Bolshakov 1985). Le distanze furono calcolate sulla base delle dimensioni reali degli uccelli riconosciuti, poiché non erano ancora disponibili misure comparative. Per la determinazione delle altitudini di volo, risultate spesso superiori ai 5 km, gli osservatori, tenendo conto dell'inclinazione della luna, devono aver osservato individui oltre i 7 km di distanza (Dolnik 1990); in base alle prove effettuate in Svizzera riteniamo che queste distanze siano state nettamente sovrastimate.

Caratteristiche del metodo utilizzato attualmente

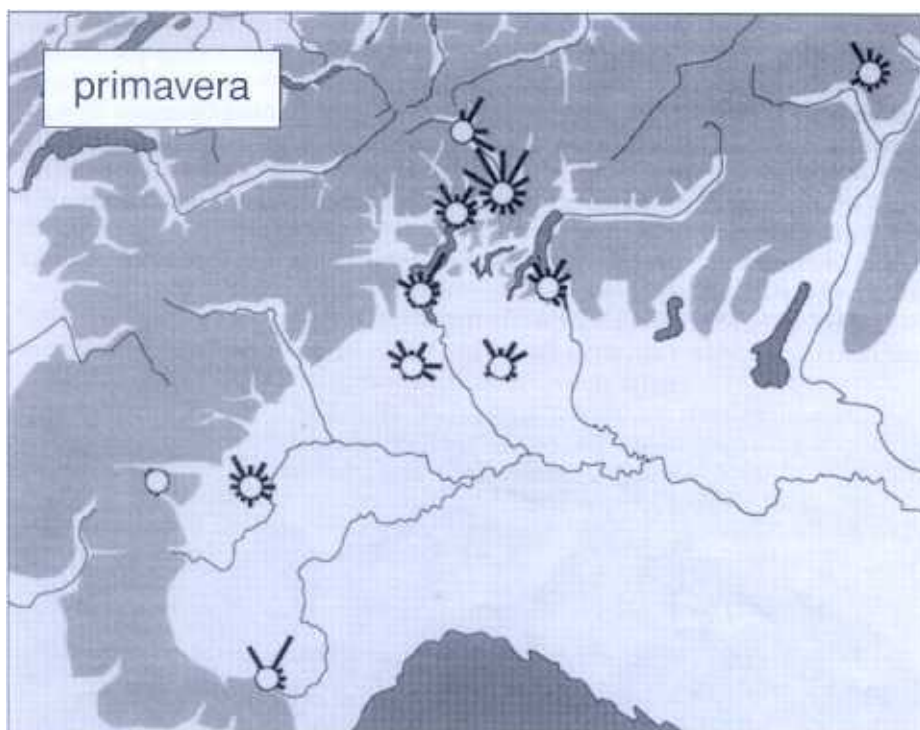
Lo studio della migrazione notturna è stato ampiamente studiato in Svizzera e nell'area alpina con l'uso del radar a partire dagli anni '50 (Bruderer 1971; Bruderer & Liechti 1990). È attualmente uno dei principali temi di ricerca alla Stazione ornitologica di Sempach, che ha esteso il suo interesse all'intera area mediterranea centro-

occidentale, per comprendere l'effetto delle grandi barriere naturali sugli spostamenti transcontinentali degli uccelli. Negli ultimi anni in quest'ottica è stata perfezionata una nuova metodologia di moonwatching.

Nell'autunno 1994 e nella primavera 1995 oltre 600 persone dalla Germania all'Italia settentrionale hanno partecipato ad un primo progetto per studiare la migrazione notturna attraverso le Alpi (Liechti *et al.* 1995b; Liechti *et al.* 1996a; Liechti *et al.* 1996b). Uno successivo, non ancora concluso, che spazia dall'Italia alla Spagna meridionale, ha l'obiettivo di capire come gli uccelli si trasferiscono dall'Europa in Africa e come ritornino in primavera sulle sponde settentrionali del Mediterraneo. La metodologia adottata è stata calibrata con test comparativi, ed è proposta in questa monografia come metodo standardizzato per le ricerche successive.



Distribuzione delle direzioni di volo nella notte 19-20 settembre 1994 (23.00-01.00). L'intensità MTR è indicata dalla larghezza del tratto: sottile MTR<1.000; medio 1.000-2.000; grosso 2.000-4.000; molto grosso 4.000-8.000 uccelli/h/km. L'intensità di migrazione a sud delle Alpi è risultata meno di 1/4 rispetto a quella del nord delle Alpi.



Direzioni di volo osservate nell'Italia settentrionale nella primavera 1995. La carta riporta solo le indicazioni della direzione. L'intensità di migrazione è risultata significativamente superiore a sud delle Alpi rispetto al nord, dove peraltro i dati non hanno permesso nel 1995 un confronto attendibile a causa delle negative condizioni meteorologiche. In primavera le direzioni hanno una componente principale orientata verso nord ma denotano anche un'importante influenza della topografia.

Calcolo della direzione di volo

Per determinare la direzione di volo di un uccello il moonwatcher identifica i punti d'ingresso e d'uscita dal disco lunare. La direzione relativa si esprime con la misura dell'ampiezza dell'angolo (α), compreso fra la traiettoria traslata sul centro della luna ed il raggio relativo alle ore 12 del quadrante dell'orologio a lancette (che è utilizzato come strumento di confronto). Per il calcolo della direzione effettiva è necessario considerare l'elevazione (β) e l'Aziut (δ) della luna al momento dell'evento (il passaggio della sagoma). Assumendo come costante l'altitudine di volo nel breve momento dell'attraversamento del cono illuminato la direzione effettiva di volo (γ) è calcolata nel modo seguente:

$$\frac{w}{v} = \pm \tan(\alpha); \quad \frac{v}{u} = \sin(\phi); \quad \frac{w}{u} = \mp \tan(\gamma) \quad (1)$$

Sostituendo w con $v \cdot \tan(\alpha)$ e v con $u \cdot \sin(\beta)$ si ottiene

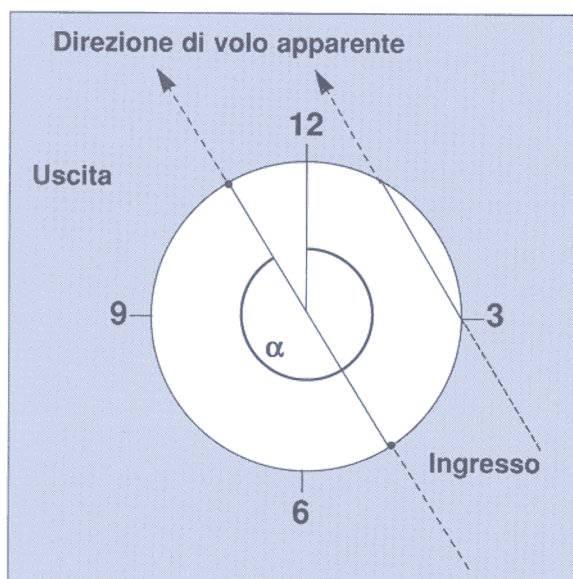


Immagine del disco lunare (luna piena) e determinazione della direzione di volo relativa. Per indicare i punti di ingresso e di uscita lunare è stato utilizzato lo schema orario di un orologio a lancette (le traiettorie che non attraversano il centro vengono successivamente traslate). α indica l'angolo compreso fra la traiettoria e il raggio che indica il mezzogiorno (es. ingresso 3, uscita 11, ciò che determina un angolo di 330°).

$$\tan(\gamma) = -\tan(\alpha) \cdot \sin(\beta) \quad (2)$$

Se si considera la periodicità della tangente si ottiene per la direzione di volo rispetto all'Azimut della luna,

per $\alpha < 90^\circ$ oppure $\alpha > 270^\circ$

$$\gamma = 180^\circ - \arctan[\tan(\alpha) \cdot \sin(\beta)]$$

per $90^\circ < \alpha < 270^\circ$

$$\gamma = -\arctan[\tan(\alpha) \cdot \sin(\beta)] \quad (3)$$

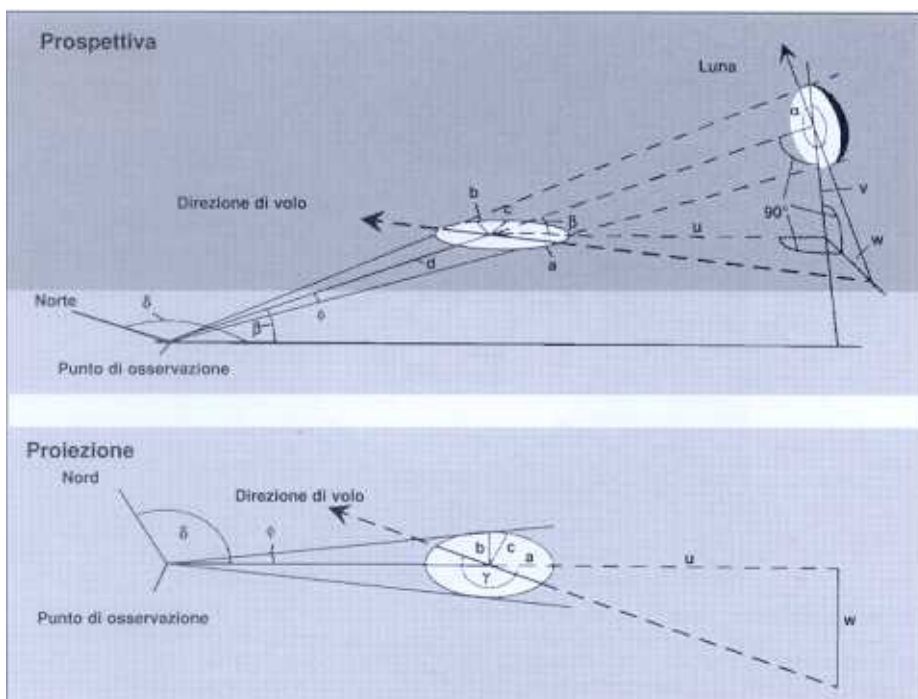
per $\alpha = 90^\circ$ (rispettivamente 270°) vale $\alpha = \gamma$

Per ottenere l'effettiva direzione (R_G) rispetto al nord

$$(R_G) = \gamma + \delta \quad (4)$$

Calcolo dell'intensità di migrazione

L'intensità di migrazione si misura utilizzando la «Migration Traffic Rate» (MTR). Questo indice definisce il numero di individui che durante un'ora attraversano un segmento di 1 km, posto idealmente in modo perpendicolare alla direzione di migrazione.



Prospettiva e proiezione della traiettoria descritta da un individuo in volo contro il disco lunare. L'ellisse bianca al centro rappresenta la sezione conica dello spazio tenuto sotto osservazione rispetto allo spazio di volo degli uccelli (vedi testo).

In passato il flusso è stato spesso indicato utilizzando come base 1 miglio terrestre = 1.609 km (Lowery 1951).

Per calcolare l'intensità di migrazione, si considera la sezione conica che il piano di volo di un uccello determina intersecando il cono visivo. Questa sezione è sempre un'ellisse e la sua eccentricità dipende dall'elevazione della luna. Ciò significa che la lunghezza del segmento tenuto sotto osservazione dipende dalla distanza (d) e dalla direzione di volo dell'uccello. La probabilità che un migratore transiti contro il disco lunare è maggiore se questo vola perpendicolarmente all'asse maggiore dell'ellisse, minore se perpendicolarmente a quello minore (b). Come grandezza di riferimento per il calcolo dell'intensità di migrazione si utilizza perciò il diametro dell'ellisse ($2c$) perpendicolare alla direzione di volo γ .

Il raggio c è calcolato nel modo seguente:

$$a = \frac{b}{\sin(\beta - \phi)} \quad b = d \cdot \tan(\phi);$$

$$c = \frac{a \cdot b}{\sin(\phi) \cdot \sqrt{b^2 + a^2 \cdot \tan^2(\gamma - 90^\circ)}} \quad (5)$$

La probabilità che un individuo si muova nel cono con una determinata direzione è proporzionale all'asse dell'ellisse $2c$. Per il calcolo della MTR ogni singola osserva-

zione deve essere successivamente ponderata con il fattore $1/2c$. Così si calcola la MTR per un preciso intervallo temporale (Δt) come somma ponderata di ogni singola osservazione nell'intervallo di tempo (n):

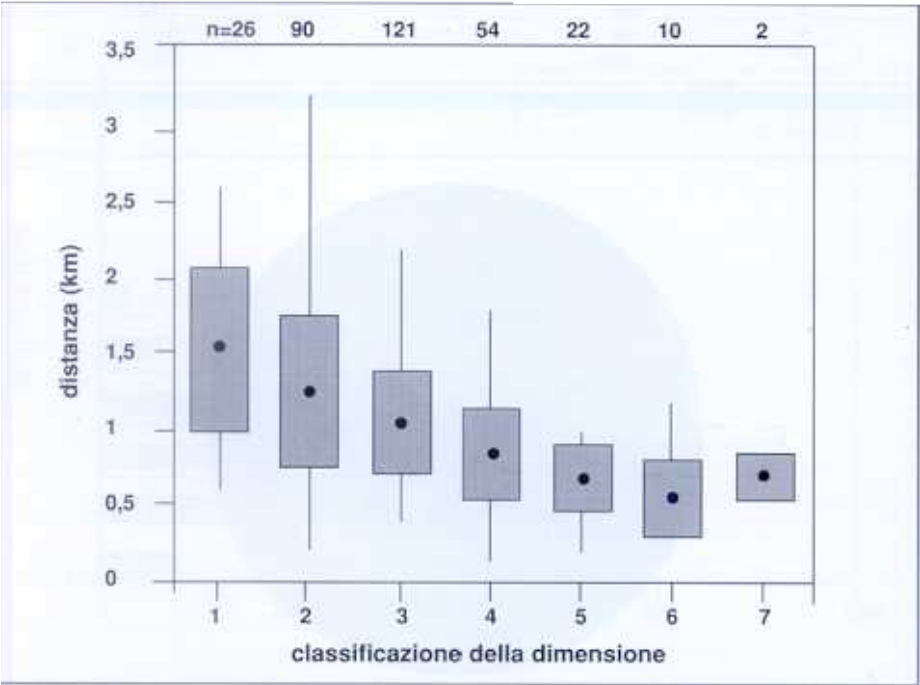
$$MTR = \frac{60}{\Delta t} \cdot \sum_{i=0}^n \frac{1}{2 \cdot c_i} \tag{6}$$

(Δt in minuti)

Più la luna è bassa sull'orizzonte, maggiormente varia il fattore di ponderazione relativo alla direzione di volo. Le osservazioni effettuate con elevazione della luna inferiore a 15° devono essere considerate con prudenza, poiché anche piccoli scarti nella stima della direzione apparente possono portare a significative differenze nel calcolo della direzione (Nisbet 1959). Nell'analisi dei dati la Stazione ornitologica svizzera non considera le osservazioni effettuate in queste condizioni.

Stima delle distanze, limiti di visibilità ed errori

Per stimare le distanze degli uccelli, e di conseguenza delle altitudini di volo, ci si basa sul principio del confronto fra la dimensione apparente (ampiezza del cono sotto il quale si osserva un uccello, in relazione ad un'ampiezza conosciuta) e la distanza effettiva dall'osservatore.



Stima della dimensione delle sagome degli uccelli in transito davanti al disco lunare in relazione alla distanza dall'osservatore misurata con il radar. Punti neri: distanza media, rettangoli: deviazione standard; linee verticali: variabilità del campione; numeri: dimensione del campione.

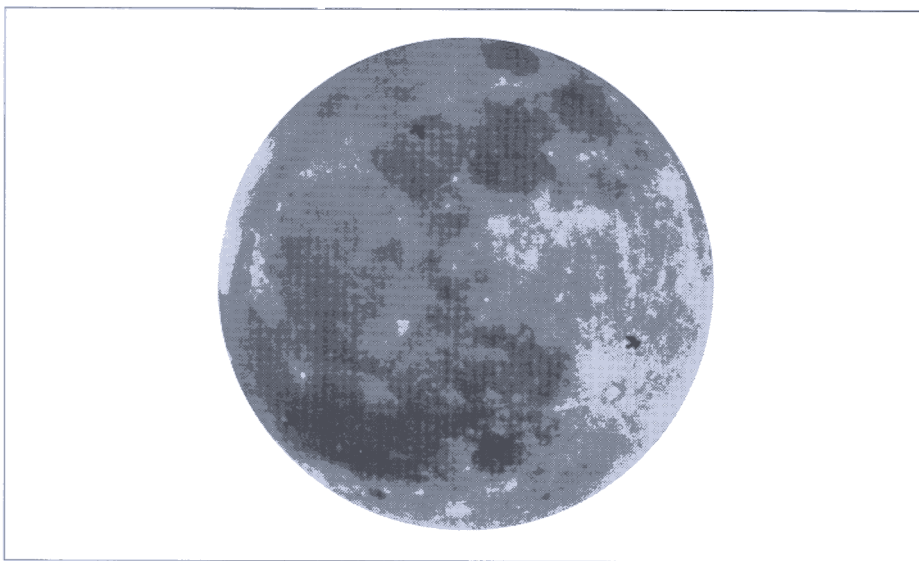
Per stabilire questo valore empirico sono state effettuate nel corso del 1993 alcune osservazioni sperimentali combinate moonwatch-radar, seguendo individui di taglia e di distanza conosciute. È stato perciò possibile «tarare» le osservazioni e fissarne la distanza media partendo dalla classe di grandezza. I valori medi sono riassunti nella tabella 1.1.

Il cratere Tycho è utilizzato come unità di ampiezza visiva: si trova nella parte inferiore della luna ed è generalmente molto ben identificabile da qualsiasi rilevatore o ornitologo poiché è il cratere più evidente ed è evidenziato da più linee convergenti verso di esso.

La distanza massima di un individuo osservato contro la luna è stata determinata con

TAB. 1.1. Classi di grandezza visiva delle sagome confrontate a quella del cratere Tycho e distanze relative utilizzate per i calcoli della distanza

Classe di grandezza	Dimensione visiva in relazione al cratere Tycho	Distanza in m
1	Puntiforme, molto piccolo	1.500
2	1/4	1.250
3	1/2	1.000
4	=	800
5	2x	700
6	4x	500
7	>4x	300



Fotografia della luna con tre uccelli in volo con una dimensione corrispondente alla classe 4 (stessa dimensione del cratere Tycho, visibile in basso a destra). Distanza = 800 m.

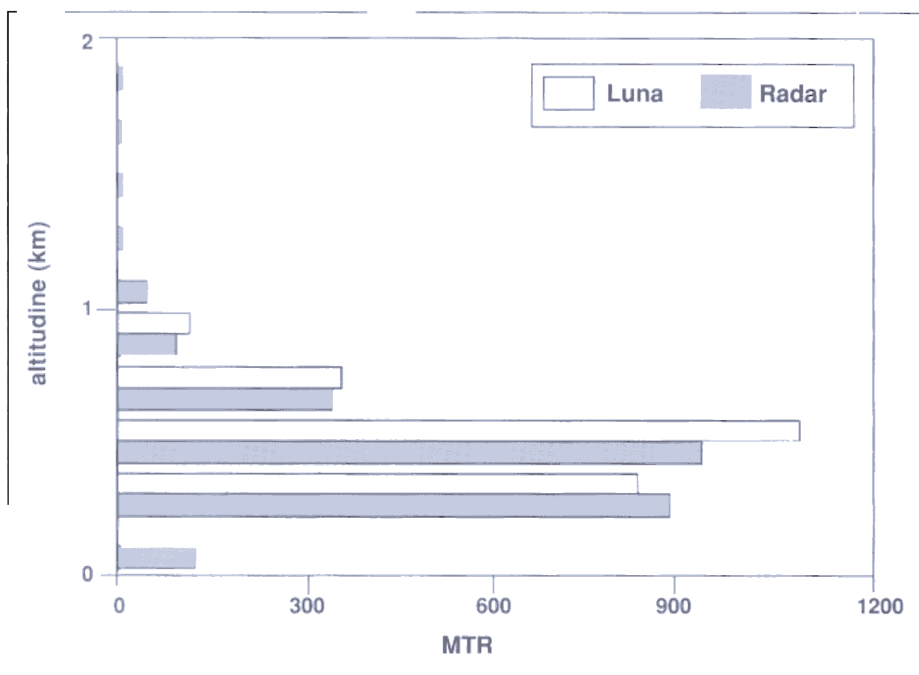
il radar in 3,2 km (in Svizzera) ed in 3,5 km (nel deserto israeliano). Come mostrano le registrazioni effettuate con quest'ultimo strumento, gli uccelli in migrazione volano anche a distanze superiori, e di conseguenza escono dalle possibilità di rilevamento con il moonwatch.

La classificazione della dimensione delle ombre non permette di stabilire in modo lineare ed assoluto la distribuzione verticale dei flussi migratori. Tuttavia, un confronto effettuato nell'autunno 1994 con le misure del radar ha permesso di constatare una generale corrispondenza nei risultati nelle fasce altimetriche comprese fra 200 ed i 1.500. Al di sotto dei 200 metri invece i valori ottenuti col moonwatch vanno considerati con prudenza poiché il volume del cono visivo, nella sua parte inferiore è molto piccolo (Liechti *et al.* 1996) e determina valori di estrapolazione poco significativi.

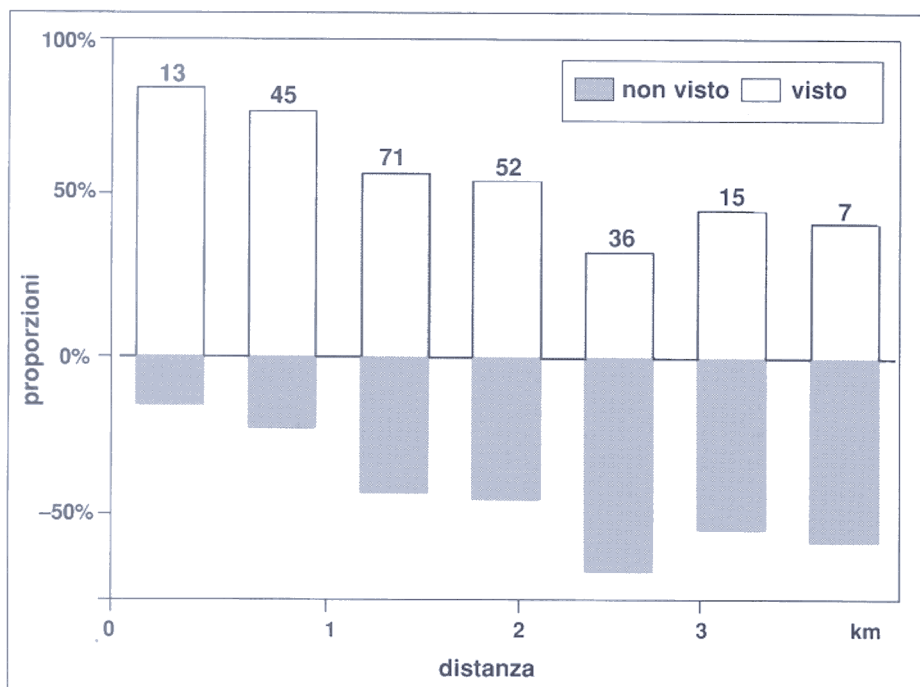
Osservando contemporaneamente il disco lunare con il cannocchiale e con un apparecchio a raggi infrarossi (che registra ogni movimento) si è potuto dimostrare che il numero di individui non rilevati dall'osservazione diretta cresce con l'aumentare della distanza di volo. Sfuggono all'osservazione soprattutto quegli individui che transitano sul margine del disco, mentre con il crescere della distanza non si percepiscono anche quelli che transitano al centro (Liechti *et al.* 1995a).

È stato pure studiato l'influsso dell'ingrandimento sulle possibilità di individuazione delle ombre. Non sono state constatate differenze fra gli ingrandimenti 20× e 30×.

Per esperienze dirette, con l'aumento dell'ingrandimento cresce il pericolo di mancare gli individui che volano al margine del disco lunare poiché l'occhio non può tene-



Distribuzione verticale degli individui osservati contemporaneamente con il radar e con il moonwatch (utilizzando come base le classi di dimensione; cfr. tab. 1.1.). I rilievi sono stati eseguiti il 22.8.1994 ($n = 74$) ed il 22.9.1994 ($n = 33$).



Proporzione di individui visti/non visti con il cannocchiale fra quelli effettivamente transitati davanti al disco lunare. Risultati dei rilievi contemporanei con l'apparecchio a raggi infrarossi (IR), con il cannocchiale (40x) e con il radar (misura della distanza). Tutti gli uccelli sono stati registrati dall'IR mentre con il cannocchiale una proporzione crescente con l'aumentare delle distanze è stata mancata.

re contemporaneamente sotto controllo l'intero specchio lunare. Un ingrandimento inferiore a 20× diminuisce il limite di visibilità degli individui, in particolare di quelli della classe 1. Nessuna differenza è stata constatata fra le differenti marche di cannocchiali utilizzati.

Durante il Progetto Luna '94 il 75% dei collaboratori ha utilizzato un ingrandimento 30×. La migrazione notturna che attraversa l'Europa centrale è costituita per l'80% da piccoli passeriformi (Bloch *et al.* 1981; Bruderer & Liechti 1990). Errori nella classificazione della distanza sulla base della stima della dimensione dovrebbero essere inferiori rispetto alle differenze di attribuzione alle singole classi di grandezza da parte degli osservatori.

Influsso dei singoli osservatori

Le differenze constatate fra i diversi moonwatchers dipendono più dal grado di esperienza che dalle capacità di osservazione dei singoli.

Effettuando osservazioni contemporanee (6 persone nello stesso punto in uno spazio di 10 m - 3 persone hanno osservato contemporaneamente) sono state contate durante 18 intervalli di 10 minuti complessivamente 626 sagome. I quattro osservatori con maggior esperienza hanno osservato 86-96% di tutti gli uccelli visibili mentre le due

persone alla prima esperienza hanno avuto rispettivamente una resa dell'80 e dell'81%. Lo scarto fra le direzioni osservate era trascurabile, mentre l'attribuzione alle classi superava raramente una classe, ciò che comporta uno scarto massimo fra le distanze del 10-20%. Alle prime esperienze il moonwatcher tende a sottostimare un po' la dimensione delle ombre. Questa tendenza si corregge rapidamente con l'esperienza ma produce una leggera sottostima dell'intensità della migrazione. Per i moonwatchers che rilevano in solitudine deve essere calcolata inoltre una sottostima del 30%.

Limiti e vantaggi del metodo

Il moonwatch ha lo svantaggio di poter essere utilizzato al massimo 5-6 giorni ogni mese (ma può essere ripetuto in anni successivi) e solo in condizioni meteorologiche favorevoli con la luna visibile e sufficientemente alta sull'orizzonte ($> 15^\circ$). Non si presta quindi per le regioni con frequenti periodi perturbati o per quelle con la nebbia frequente.

Il metodo ha peraltro molti vantaggi data la facilità con il quale può essere praticato, anche da non addetti ai lavori:

- può essere utilizzato teoricamente ovunque;
- ha costi molto limitati o nulli e permette, coinvolgendo molti osservatori e birdwatchers di raccogliere contemporaneamente dati su ampi territori (cfr. Lowery 1951; Liechti *et al.* 1996a; Liechti *et al.* 1996b);
- si presta inoltre ad integrare altri metodi di studio della migrazione (osservazioni sul campo, inanellamento e come detto in precedenza con il radar).

Domande aperte ed ipotesi di indagine per la ricerca nel Mediterraneo centrale

Quale ruolo svolge la penisola nella migrazione su ampio fronte in autunno ed in primavera?

Come cambia la migrazione in primavera ed autunno in funzione della stagione (al passaggio dei migratori a lunghissima distanza e quelli a media e corta distanza)?

Qual è il ruolo sulla migrazione notturna esercitato dall'orografia (Alpi, Appennini) e dalla topografia (piccola scala)?

Come vengono sorvolate le regioni costiere e le piccole isole?

Metodi di osservazione

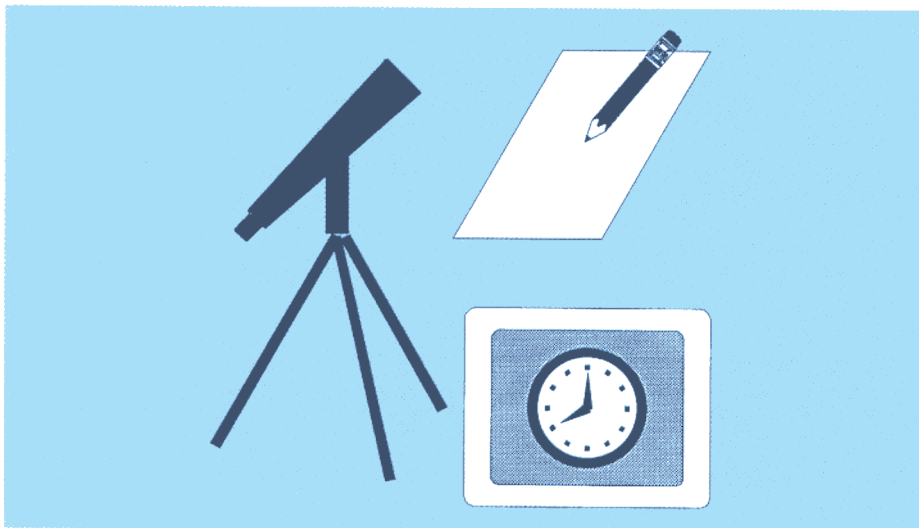
Punto d'osservazione

Le osservazioni possono essere effettuate da una qualsiasi posizione che permetta per tutto il tempo di rilevamento una visuale libera sulla luna. Il punto d'osservazione deve essere indicato sulla scheda relativa (A), precisando longitudine e latitudine in gradi, l'altitudine in metri (msm) come pure indicazioni generali sul contesto territoriale.

Materiali

Sono consigliati cannocchiali con un ingrandimento da **20× a 30×** (**30× è l'ottimale**). Maggiori valori portano ad un ingrandimento eccessivo della luna che non permette di individuare gli uccelli nella zona marginale del campo visivo. Ingrandimenti inferiori impediscono di individuare gli uccelli più lontani. Un cavalletto stabile è assolutamente indispensabile per seguire l'orbita della luna.

Occorrono inoltre un orologio per la lettura dell'ora esatta, un secondo orologio per determinare in modo preciso gli intervalli di osservazione, le schede di rilevamento ed il necessario per scrivere.



Strumenti del moonwatch.

Rilevatori

Per un rilevamento preciso ed efficace occorrono **almeno 2 persone** che si alternino nell'osservazione e nell'annotazione dei dati. Chi fosse costretto a lavorare solo, può registrare i dati su nastro (dittafono) e trascrivere in seguito.

Periodo d'osservazione

Le osservazioni devono avvenire nelle notti di plenilunio, nelle due precedenti e nelle due successive. Nella scelta del periodo deve essere valutata la disponibilità dei collaboratori. È importante sfruttare il fine settimana, anche se questi sono al limite del periodo consigliabile (cioè se il plenilunio cade di mercoledì è utile rilevare nel fine settimana precedente). Osservare per più notti può essere faticoso e scoraggiare l'attività. È auspicabile effettuare per ogni sito almeno un'osservazione in ciascun periodo.

Affinché sia garantita la possibilità di confronto dei risultati, i conteggi devono avvenire

nire contemporaneamente nell'intervallo **dalle ore 23.00 alle 01.00 (ora legale)**. Questa fascia è stata stabilita come assolutamente prioritaria e dovrebbe possibilmente essere coperta. Osservazioni prima e dopo queste ore sono senz'altro auspicabili e preziose, ma non dovrebbero sostituire la fascia principale di rilevamento (23.00-01.00).

La scelta degli orari deve considerare anche la posizione del sito rispetto alla migrazione. Ad esempio, si deve stimare che l'arrivo dei primi migratori dall'Africa in primavera avvenga, lungo le coste meridionali della Sicilia e della Sardegna, almeno 5-8 ore dopo il tramonto.

I due rilevatori dovrebbero alternarsi ogni 10 minuti per prevenire l'affaticamento degli occhi. Periodi d'osservazione più brevi sono possibili, avendo però cura di registrare la durata effettiva dell'osservazione. Brevi intervalli regolari (5 min., specialmente per chi lavora da solo), aiutano a mantenere la capacità di concentrazione per un periodo prolungato (fino ad alcune ore).

Raccolta dei dati

Per la registrazione delle osservazioni sono disponibili due differenti schede. Sulla *prima (A)* sono annotati tutti i dati generali raccolti durante una singola notte: località (coordinate geografiche in gradi e minuti), data di osservazione, ora d'inizio e fine dei rilevamenti (fascia oraria), dati sulle condizioni meteorologiche e ottica utilizzata. Nella seconda parte della scheda devono essere annotati in ordine progressivo (ogni sera iniziare da 1) tutti gli intervalli di rilevamento, l'ora esatta d'inizio e fine di ciascuno, come pure altre considerazioni (per es. brevi interruzioni per nuvolosità).

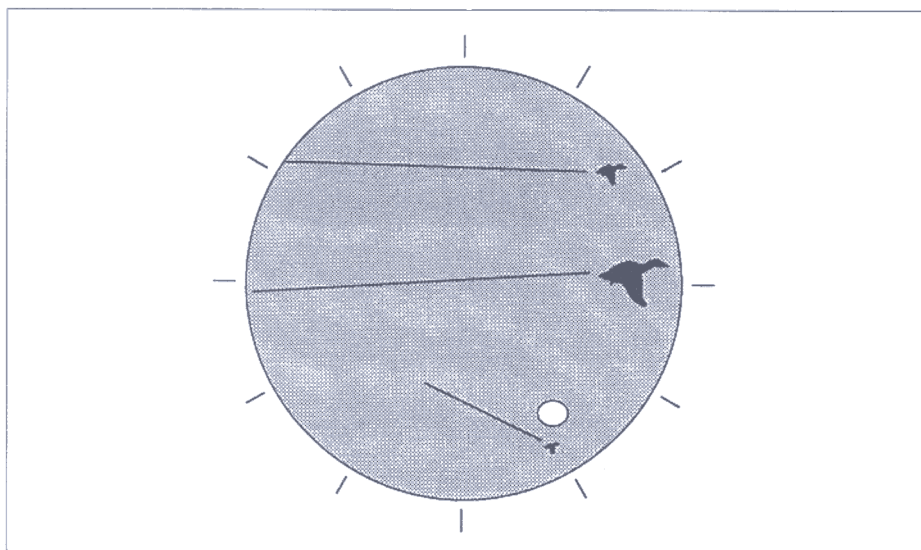
Sulla *seconda scheda (B)* devono essere registrati i dati relativi agli uccelli osservati. Mentre l'osservatore guarda in continuazione la luna, il rilevatore scrive sulla scheda per ciascun individuo il numero dell'intervallo di rilevamento, l'ora esatta (precisa al minuto), la direzione e la classe di dimensione. La direzione deve essere accertata e segnalata dall'osservatore, l'ora dal collaboratore. I rilevatori solitari devono ricostruire gli orari ascoltando la registrazione; possono così osservare scrupolosamente senza staccare l'occhio dal cannocchiale.

Per evitare scambi con altre notti su ciascuna scheda devono essere annotate località e data e devono essere poi allegate alla corrispondente scheda A.

Classificazione della direzione di volo: la direzione è stabilita utilizzando il quadrante dell'orologio: 12 in alto, 3 a destra, 6 in basso e 9 a sinistra. Se possibile deve essere specificata, mediante l'ora, la posizione esatta di entrata e di uscita dell'individuo dal cerchio lunare (per es. 9-3 = da sinistra a destra attraverso il centro, oppure 10-12, cioè da sinistra a destra al di sopra del centro, ecc.). È altresì importante stimare il punto d'ingresso di quegli individui (soprattutto i piccoli) che sono scoperti nella loro traiettoria solo al centro della luna.

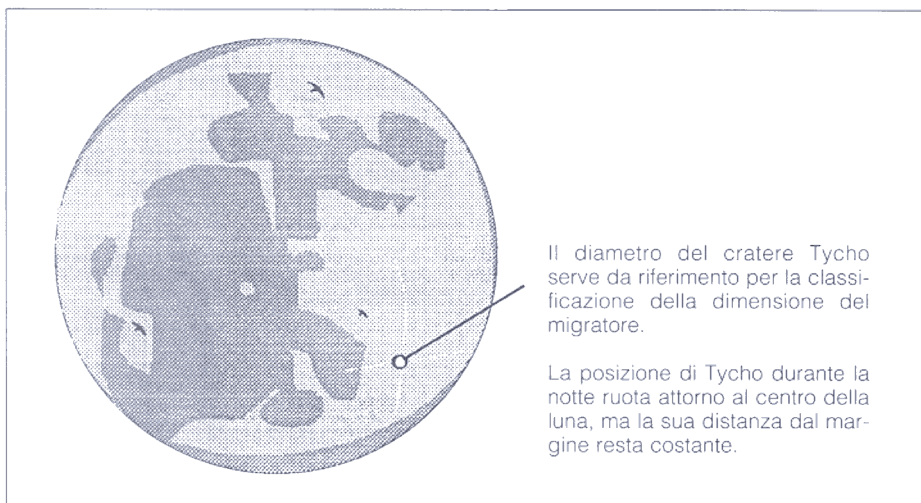
Classificazione della dimensione: la dimensione degli uccelli in movimento è confrontata con quella del cratere più evidente. Si tratta di fornire una stima secondo alcune classi. L'esperienza mostra come il 90% degli uccelli osservati cade nelle classi 1-4.

- 1 puntiforme, appena riconoscibile, molto più piccolo del cratere
- 2 ca. 1/4 del cratere, riconoscibile come uccello;



Schema della luna con quadrante dell'orologio di riferimento.

- 3 ca. 1/2 del cratere;
- 4 ca. della dimensione del cratere;
- 5 ca. il doppio del cratere ($\times 2$);
- 6 ca. il quadruplo del cratere ($\times 4$);
- 7 grossa ombra veloce- quasi il doppio della dimensione del disco lunare o ancora di più.



Il diametro del cratere Tycho serve da riferimento per la classificazione della dimensione del migratore.

La posizione di Tycho durante la notte ruota attorno al centro della luna, ma la sua distanza dal margine resta costante.

Immagine della luna con il cratere Tycho.

NOTA

Annotare tutti i dati nel modo più completo possibile, correzioni successive sono molto difficili se non impossibili (per es. indicare solo il punto d'uscita dal disco lunare è un dato senza valore). Evitare di annotare i casi equivoci: ciò che non può essere definito al momento dell'osservazione non può essere precisato a tavolino.

Chi osserva per la prima volta la luna attraverso il cannocchiale deve stare attento a non identificare come uccelli quei piccoli punti che compaiono frequentemente all'occhio, ma che sono solo frutto di fenomeni di riflessione sull'iride. La prima osservazione di un uccello scioglie comunque ogni dubbio!

È importante fornire la classe di dimensione. Per quanto grossolana questa classificazione è pur sempre utile.

Nubi e visibilità

Dati secondo la scheda di rilevamento. Fenomeni di breve entità devono essere annotati nella colonna dei commenti.

Bibliografia essenziale

- BLOCH R., BRUDERER B. & STEINER P., 1981. «Flugverhalten nächtlich ziehender Vögel- Radardaten über den Zug verschiedener Vogeltypen auf einem Alpenpass» *Die Vogelwarte* 31:119-149.
- BOLSHAKOV K.V., 1985. «Moon-watch method for quantitative studying of nocturnal bird passage (collection, calculation and analysis of data)». In: DOLNIK V.R., «Spring nocturnal bird passage over arid and mountain areas of middle Asia and Kazakhstan». *Proc. Zool. Inst. Leningrad, URSS Academy of Sciences*.
- BRICHETTI P. & GARIBOLDI A., 1997. *Manuale pratico di Ornitologia*. Edagricole, Bologna.
- BRUDERER B., 1971. «Radarbeobachtungen über den Frühlingszug im Schweizerischen Mittelland». *Orn. Beob.* 68: 89-158.
- BRUDERER B. & LIECHTI F., 1990. «Richtungsverhalten nachziehender Vögel in Süddeutschland und in der Schweiz unter besonderer Berücksichtigung des Windeinflusses». *Orn. Beob.* 87:271-293.
- DIERSCHKE V., 1989. «Automatisch-akustische Erfassung des nächtlichen Vogelzuges bei Helgoland im Sommer 1987». *Die Vogelwarte* 35:115-131.
- DOLNIK V.R., 1990. «Bird migration across arid and mountainous region of Middle Asia and Kazakhstan». In: GWINNER E. (ed.), *Bird migration*. Berlin.
- LIECHTI F., BRUDERER B. & PAPROTH H., 1995a. «Quantification of nocturnal bird migration by moonwatching: Comparison with radar and infrared observations». *J. Field Ornithol.* 66(4):457-468.

- LIECHTI F., BRUDERER B., LARDELLI R. & PETER D., 1995b. «The Alps, a weather dependent obstacle for nocturnal migration?». *Avocetta* 19:68.
- LIECHTI F., D. PETER, LARDELLI R. & BRUDERER B., 1996a. «Herbstlicher Vogelzug im Alpenraum nach Mondbeobachtungen – Topographie und Wind beeinflussen den Zugverlauf». *Orn. Beob.* 93:131-152.
- LIECHTI F., PETER D., LARDELLI R. & BRUDERER B., 1996b. «Die Alpen, ein Hindernis im nächtlichen Breitfrontzug – eine grossräumige Übersicht nach Mondbeobachtungen». *J. Orn.* 137:337-356.
- LOWERY G.H., 1951. «A quantitative study of the nocturnal migration on four nights in October». *Auk* 83:547-586.
- NISBET I.C.T., 1959. «Calculation of flight directions of birds observed crossing the face of the moon». *Wilson Bull.* 71:237-243.

A

Scheda di rilevamento degli uccelli migratori osservati sul disco lunare*

Rilevatore A: _____

Rilevatore B: _____

Data: _____ Ora da: _____ fino a: _____ (dalla prima all'ultima osservazione)

Cannocchiale**: _____ ingrandimento: _____ **X** Riflessione _____?

Località di osservazione: _____ Coordinate geografiche (____ . ____ / ____ . ____)

oppure latitudine e longitudine in gradi e minuti (____ ° ____ ' / ____ ° ____ ')

Altitudine: _____ ☐ Zona pianeggiante aperta ☐ Altura o versante ☐ VallataNuvolosità: ☐ ca.1/2 coperto ☐ poco nuvoloso ☐ senza nubiVista: ☐ Luna con forte alone ☐ Luna con debole alone ☐ Luna senza alone

Elenco degli intervalli di rilevamento:

Intervallo-Nr. (progressivo)	Ora Inizio	Ora Fine	Osservatore A o B	Considerazioni (p.es. interruzioni, variazioni meteo)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				

B

Località: _____

Data: _____

* compilare una scheda per ogni notte inviare a LUNA 2006, FICEDULA, CH-6835 MORBIO SUPERIORE
oppure **preferibilmente segnalare online sul sito www.ficedula.ch** dove si avrà un riscontro immediato.

** *se si utilizzano strumenti astronomici indicare il tipo di riflessione (le immagini possono essere rovesciate)*

Dati su ciascun individuo osservato	
-------------------------------------	--

[illegible]

Spatial and seasonal variation in nocturnal autumn and spring migration patterns in the western Mediterranean area: a moon-watching survey

BARBARA TRÖSCH, ROBERTO LARDELLI, FELIX LIECHTI, DIETER PETER, BRUNO BRUDERER

Schweizerische Vogelwarte, CH-6204 Sempach, Switzerland (info@vogelwarte.ch)

Abstract – Nocturnal autumn and spring migration patterns around the western half of the Mediterranean sea were investigated simultaneously in different countries by means of an improved moon-watching method. This report is based on over 6000 individual observations reported by up to 160 volunteer observers from 45-62 sites (depending on season and weather), and the data were collected and analysed by the Swiss Ornithological Institute. Intensities and directions of migration are presented for the full-moon periods of autumn 1996, 1998 and spring 1997. In autumn, westerly directions of migration prevailed in northern Italy, shifting towards SW along the French Mediterranean coast and to SW-SSW on the Iberian peninsula, with deviations and scattered directions near relevant topographical features. In autumn, migration intensities were high in northern Italy, slightly lower along the Mediterranean coast and reached again high values across the Iberian peninsula, while low intensities occurred in central Italy and on the islands. In spring, directions of migration were around NE-NNE in all areas, and the intensities were more evenly distributed over the observation areas than in autumn, suggesting that spring migration occurs on a broader front than autumn migration. Relatively strong NE-NNE migration in northern Italy suggests arrivals from the sea and direct crossing of the Alps. Intense spring movements across the Mediterranean and Adriatic sea are indicated by intense migration across the central part of the Italian peninsula.

Riassunto – *Variabilità spazio-temporale della migrazione notturna in primavera e in autunno nel Mediterraneo occidentale: una indagine condotta mediante osservazioni dei migratori contro il disco lunare.* La migrazione notturna autunnale e primaverile è stata studiata simultaneamente in diversi paesi del Mediterraneo centro occidentale utilizzando la tecnica del *moon-watch*. Lo studio scaturisce dall'analisi di oltre 6000 osservazioni raccolte da più di 160 volontari in 45-62 siti (numero variabile in base a stagione e condizioni meteorologiche). I dati sono stati raccolti ed analizzati dalla Stazione ornitologica svizzera di Sempach. Intensità e direzione di migrazione sono stati indagati nei periodi di plenilunio autunnale 1996 e 1998 e primaverile 1997. In autunno, nell'Italia settentrionale il flusso migratorio era diretto prevalentemente verso W, verso SW lungo le coste francesi e verso SW-SSW nella penisola iberica, con deviazioni e dispersioni nella direzione in vicinanza di importanti elementi topografici. In autunno, le intensità di passaggio erano alte nell'Italia settentrionale, un po' inferiori lungo le coste mediterranee e nuovamente alte nella Penisola iberica. Basse intensità sono state invece riscontrate nell'Italia centrale e nelle Isole. In primavera le direzioni di migrazione erano orientate in ogni area per lo più verso NE-NNE e le intensità erano distribuite in modo più uniforme che in autunno, suggerendo che la migrazione primaverile avvenga su un fronte più ampio. L'intensità relativamente elevata osservata verso NE-NNE nell'Italia settentrionale suggerisce che ci sia un arrivo di migratori dal mare e l'attraversamento diretto delle Alpi. Un intenso movimento primaverile attraverso il Mediterraneo e l'Adriatico è dimostrato dalla forte migrazione trasversale sopra l'Italia centrale.

The Mediterranean sea is one of the largest ecological barriers for birds migrating from their European breeding areas to their African wintering grounds. The extent to which the course of nocturnal bird migration might be modified by this barrier has often been discussed, but the lack of quantitative data on the spatial variation of this secretive part of migration prevented

reaching a general agreement. Some authors proposed that nocturnal migrants cross the sea on a broad front with no topography-induced concentrations (Case-ment 1966, Moreau 1961, Curry-Lindahl 1981, Lövei 1989). By contrast, ringing recoveries (Zink 1973, 1977, 1985) show important funnelling of directions towards the western and eastern edges of the Mediterranean. Moreover, recent moonwatch and infrared observations conducted at several sites showed a large-scale westward concentration of autumn

Received 23 December 2004, accepted 30 April 2005
Assistant editor: D. Rubolini

migrants in northern Italy, high migratory intensities along the SE coast of Spain, mainly SSW migration in southern Spain, and important deviations according to topographical features (Rivera and Bruderer 1998, Liechti and Bruderer 1999).

Migration across the Mediterranean islands occurs regularly (Sultana and Gauci 1982, Thibault 1983, Iapichino and Massa 1989). Large scale co-ordinated catching efforts on many Mediterranean islands provided information on differences in species specific passage areas and time schedules of various spring migrants (Spina *et al.* 1993, Pilastro *et al.* 1998). However, a quantitative comparison between the volume of migration on an island and on the mainland was only possible in a recent radar study comparing the passage on Mallorca with that at the Malaga coast (Bruderer and Liechti 1999).

The aim of this paper is to provide an overview of the spatial and seasonal variation in densities and directions of nocturnal autumn and spring migration within the western Mediterranean, based on simultaneous moon-watch observations. The main questions addressed are: 1) is there a uniform broad front migration all over the region, or do we find local and regional differences in the intensity and/or direction of migration? 2) if there are concentrations and/or deviations, do they change within and between seasons? In other words: are there differences between pre-Saharan (short-distance) and trans-Saharan (long-distance) migrants or between strategies adopted by migrants during spring and autumn migration, respectively?

METHODS

Moon-watching

More than 100 years ago, moon-watching emerged as a method for the observation of on-going nocturnal migration (Scott 1881, Chapman 1888). Later, Lowery (1951) revived the method, Bolshakov (1985) improved it by estimating the distance of the birds from the observer according to their silhouette size, and Liechti *et al.* (1995) correlated these relative sizes with the corresponding distances measured by pencil-beam radar. Flight directions are determined by recording for each bird where it enters and leave the disk of the full moon, taking an imaginary clock-face as a reference. Comparison between the size of the bird's silhouette and the moon crater Tycho provides a size class that can be associated

with a certain distance from the observer (according to radar calibration); this allows estimating the flight altitude according to the elevation of the moon. The method supplies reliable data for individual birds flying up to 1.5 km altitude in clear nights around the full-moon period. A broader description of the methods to calculate flight directions, flight altitude and migratory intensity is given in Liechti *et al.* (1996a). Unfortunately, this method does not provide much information about species composition, and heavily depends on weather conditions.

Observation sites and periods

The database comprises the full-moon periods of two autumn and one spring season. Part of the data from autumn 1996 and spring 1997 had already been analysed by Bruderer and Liechti (1999). These data are here complemented by considerable data sets that were received later and by the complete autumn period of 1998. Observations were carried out by 160 volunteer recorders at 62 sites in autumn 1996, by 89 recorders at 45 sites in spring 1997 and by 95 observers at 55 sites in autumn 1998. To obtain a general view of the migration behaviour in selected areas and to reduce site-specific variation, neighbouring sites (within about 30 km radius in regions with a dense network of sites, up to 50 km in regions with few sites) were pooled into directional diagrams (Fig. 1). Thus, we present data for 19 areas in autumn 1996, 19 in spring 1997 and 22 in autumn 1998. Observations started two to three nights before and finished two to three nights after full moon. However, most observers did not perform observations during all possible nights. Altogether, we obtained information on 235 observation nights (sum of all nights at the different sites) in autumn 1996, on 138 nights in spring 1997 and on 149 in autumn 1998. The total observation time for all three periods pooled was more than 740 h.

We excluded all observations reported when the moon elevation was below 15° due to the difficulties to calculate reliable flight directions (Liechti *et al.* 1996a). Eventually, the number of individual bird observations included in the analysis was 2991 birds for autumn 1996, 1181 for spring 1997 and 1882 for autumn 1998. Due to reasonably good matching of the observed directions between months, we combined the data in two autumn and one spring map. No data were available from Spain for autumn 1998. To compare

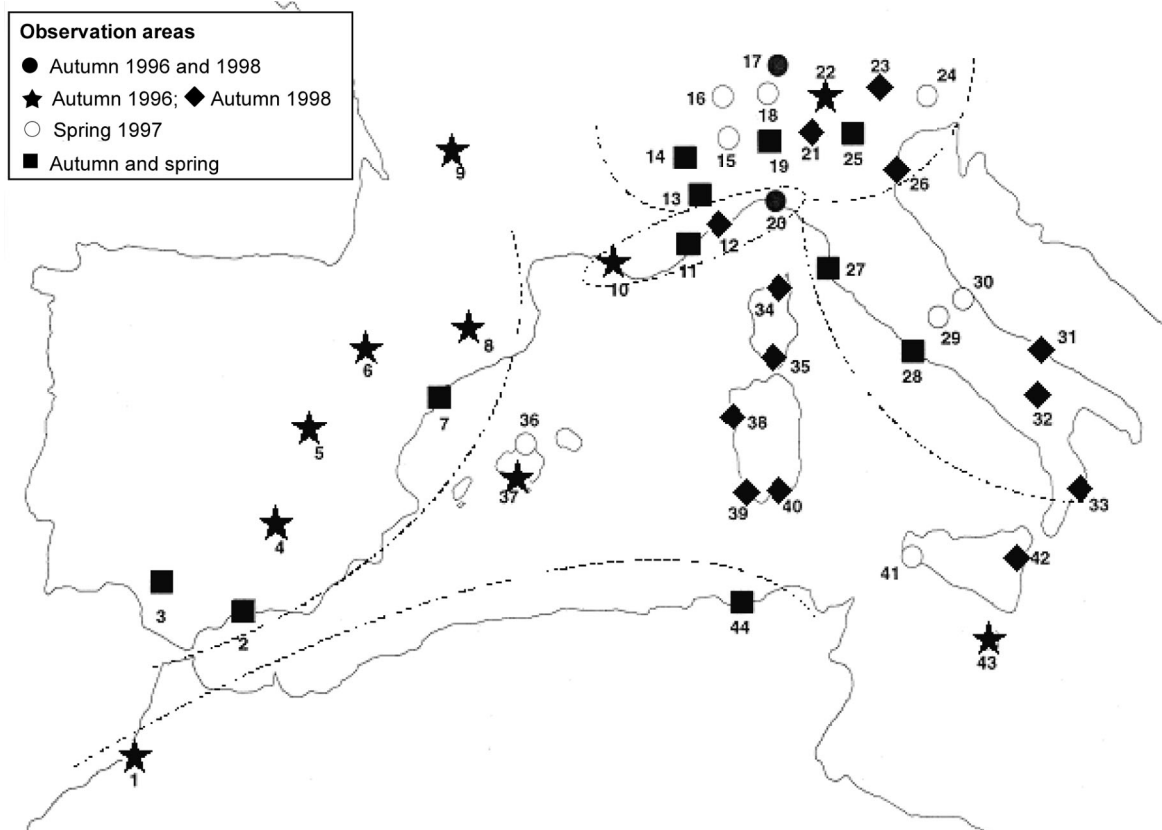


Figure 1. Observation areas in autumn 1996/1998 and spring 1997. An area may comprise several neighbouring observation sites. The identification numbers of the observation areas are reported (same as text). Dotted lines indicate the boundaries of the regions named under Fig. 2. - *Aree di osservazione; autunno 1996/1998 e primavera 1997. Ogni area comprende molte località di rilevamento vicine. La numerazione delle aree è la stessa di quella contenuta nel testo. Le linee tratteggiate indicano i confini delle regioni.*

seasonal variation in migratory intensity in different countries, we divided the observation areas into 6 main regions: (1) North Africa, (2) Iberian peninsula, (3) French and north Italian Mediterranean coast, (4) northern Italy, (5) central and southern Italy, (6) Mediterranean islands (Fig. 1).

Migratory intensity is reported as the Migration Traffic Rate (MTR = number of birds crossing a front of 1 km perpendicular to the principal direction of migration in 1 hour) and is expressed as individuals/kmh (Liechti *et al.* 1995).

RESULTS

Spatial variation of autumn migration intensity

The overall average MTR of all areas and season was 727 birds/kmh in autumn 1996, and 603 birds/kmh in autumn 1998 (with no data from Spain). The average

MTRs per region in 1996 compared to the overall average are: 0.9 for northern Italy, 0.8 for the Mediterranean coast, 1.4 for the Iberian peninsula, 0.5 for the Italian peninsula, 0.2 for the Mediterranean islands and 2.9 for the African coast in Morocco in 1996. For 1998, it was 1.7 for northern Italy, 0.7 for the Mediterranean coast, 0.7 for the Italian peninsula, 0.3 for the Mediterranean islands and 0.9 for northern Africa (Algeria). Migration intensity was characterised in both autumn seasons by marked day-to-day variations in all regions (Fig. 2).

In northern Italy, high MTR values were recorded in September, with a maximum density of 1300 birds/kmh (1996) and 1700 birds/kmh (1998). In 1996, along the Mediterranean coasts, MTR was lower than that recorded in northern Italy, except for a few nights (Fig. 2a). In 1998, an unexpectedly high intensity was observed on 8 October along the northern Adriatic coast (area 26), with an MTR of 5500 birds/kmh and an equally unexpected prevailing NW direction.

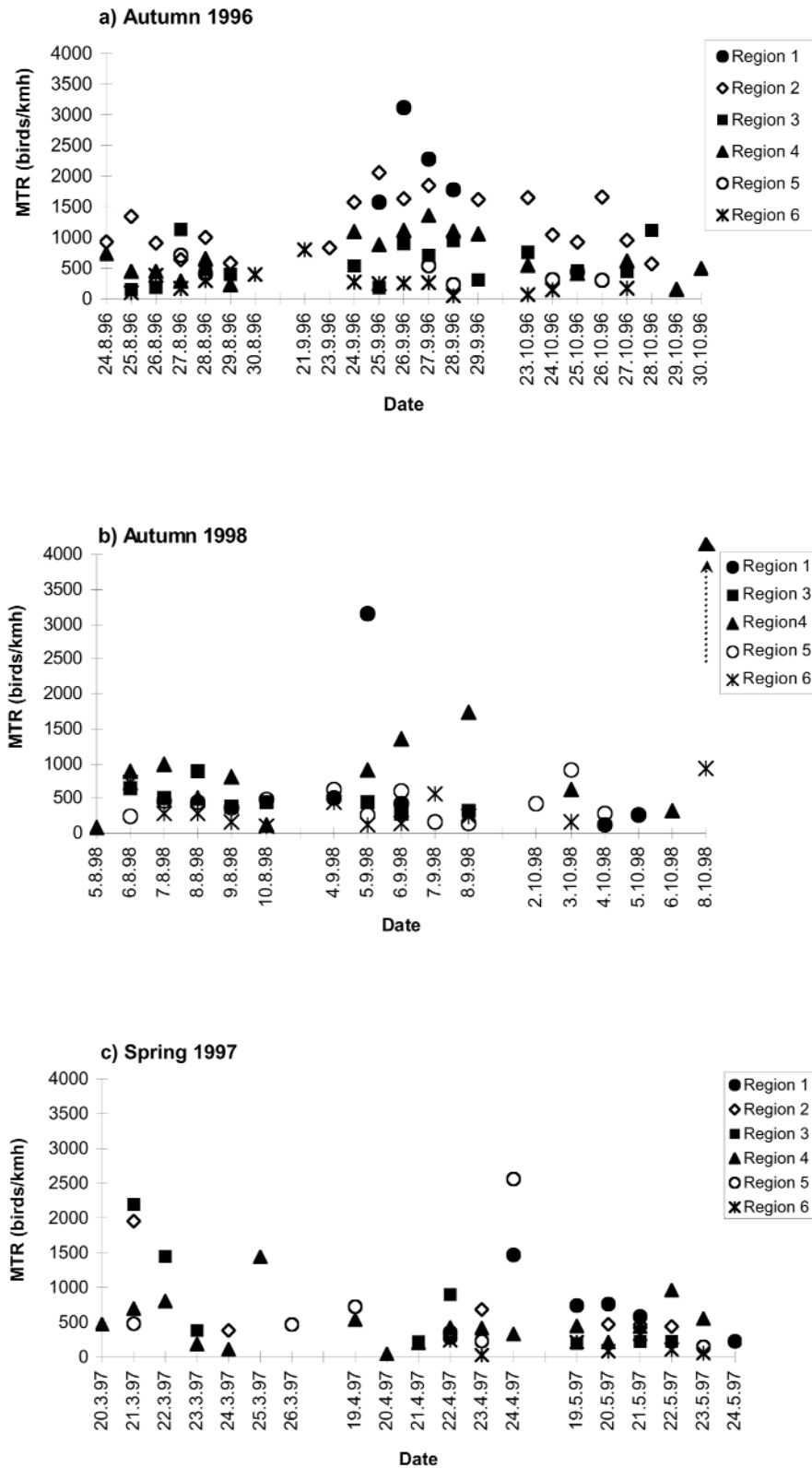


Figure 2. MTR per night and region in (a) autumn 1996, (b) autumn 1998 and (c) spring 1997. A region comprises several observation areas. Region 1 = Africa, 2 = Iberian Peninsula, 3 = French and Italian Riviera, 4 = Northern Italy, 5 = Italian Peninsula, 6 = Mediterranean islands. - MTR per notte e regione, autunno 1996, autunno 1998 e primavera 1997. Una regione comprende diverse aree di osservazione. Regione 1 = Africa, 2 = Penisola iberica, 3 = Riviera francese ed italiana, 4 = Italia settentrionale, 5 = Penisola italiana, 6 = Isole del mediterraneo.

In Spain, MTRs of over 1000 birds/kmh were recorded already in August. The highest MTR values were observed in September, with a nightly maximum MTR of 2050 birds/kmh. During the last full-moon period, MTR values declined, but still reached values higher than 1000 birds/kmh on three nights. MTRs on the Italian peninsula were low in the only area available for 1996 (area 28). Two years later, MTRs were slightly higher but usually below 1000 birds/kmh. Densities on the Mediterranean islands were even lower (maximum 800 birds/kmh in 1996, 900 in 1998, Fig. 2a,b). In Morocco (Fig. 3, area 1) we found high densities in September, with an MTR of more than 3000 birds/kmh.

Flight directions during autumn migration

Overall, birds were directed towards W-SW in both autumn seasons, with changes of direction near topographical features and seasonal differences in the concentration of flight directions. In 1996, birds were clearly directed to the W in northern Italy, with a change to the SW close to the Alps and along the Mediterranean coast (Fig. 3). In 1998, when the full moon period was in the first part of the month, flight directions in northern Italy (areas 17, 21, 23 and 25) were heavily scattered, but the other areas confirmed the westerly tendencies of 1996 (Fig. 4). Most migrants flying towards W-SW in northern Italy follow the Mediterranean coastline towards the Iberian peninsula. Along the French and Italian Riviera (areas 10, 11, 12, 20), we always observed a marked scatter of flight directions (Fig. 3, Fig. 4). On the Iberian peninsula, as compared to Italy and the Mediterranean coast, flight directions were more concentrated towards SW-SSW during the whole autumn season (with the exception of the coastal area 7, Fig. 3).

On the Italian peninsula, flight directions along the Tyrrhenian coast (areas 27 and 28) varied between S and SW, indicating that birds migrated towards the open sea. At the Adriatic coast (area 31, Fig. 4), migrants flew to the SSW, crossing the Italian peninsula towards Sicily. In area 33 (Ionian sea, coast of Calabria, Fig. 4), migrants were directed to the SW and NE, respectively, flying along the coastline. On all islands, flight directions were highly scattered (Fig. 3, 4), with the exceptions of a clear preference for a SSW direction on Malta and for a SE direction in southern Corsica (area 35). In Morocco (Fig. 3), migrants were directed towards S-SW. In

1998, we had an observation area in Algeria (Fig. 4), but flight directions for this area were unclear.

Spatial variation of spring migration intensity

In spring 1997, the overall mean MTR was 614 birds/kmh. Average intensity was 0.9 times the overall MTR on the Iberian peninsula, 1.0 in northern Italy, 1.0 along the Mediterranean coast, 1.3 in the Italian peninsula, 0.2 on the Mediterranean islands and 1.0 along the African coast in Algeria. While the mean intensities showed a rather homogeneous distribution, night-to-night variation was high in all regions (Fig. 2c).

In eastern Algeria (area 44), high MTR (with 1400 birds/kmh) was observed on 24 April. During May, MTR was lower, but was still higher than in the others regions. On the Iberian peninsula, we found a high migratory intensity in March (the main passage time of pre-Saharan migrants) and a marked decrease in April and May. The highest intensity was found as early as on 21 March, with an MTR of 1950 birds/kmh close to Sevilla (area 3). In April and May, the MTR was always below 1000 birds/kmh at all Spanish sites. In the same March period as in Spain, highest densities were also measured in area 11 at the Mediterranean coast, with densities of more than 2000 and 1400 birds/kmh in two nights (Fig. 2c). Such high intensities were no longer reached during April and May. In northern Italy, the highest MTR was also recorded in March, with an intensity of 1437 birds/kmh (Fig. 2c). In April, intensities were lowest over this region, although slightly higher MTR values were observed in some nights during May. The situation along the Italian peninsula was rather different, since highest intensities were found in April across this region (Fig. 2c). On 24 April, average intensities of 2217 birds/kmh and 1419 birds/kmh were observed in mainland central Italy (area 29) and close to the Adriatic coast (area 30), respectively. The few observations from the Mediterranean islands (areas 36, 41) show low MTRs during the whole observation period.

Flight directions during spring migration

In spring (Fig. 5), migrants were generally directed towards NNE, with deviations to the NW and NE. Flight directions didn't change within the season and flight directions were more concentrated than in

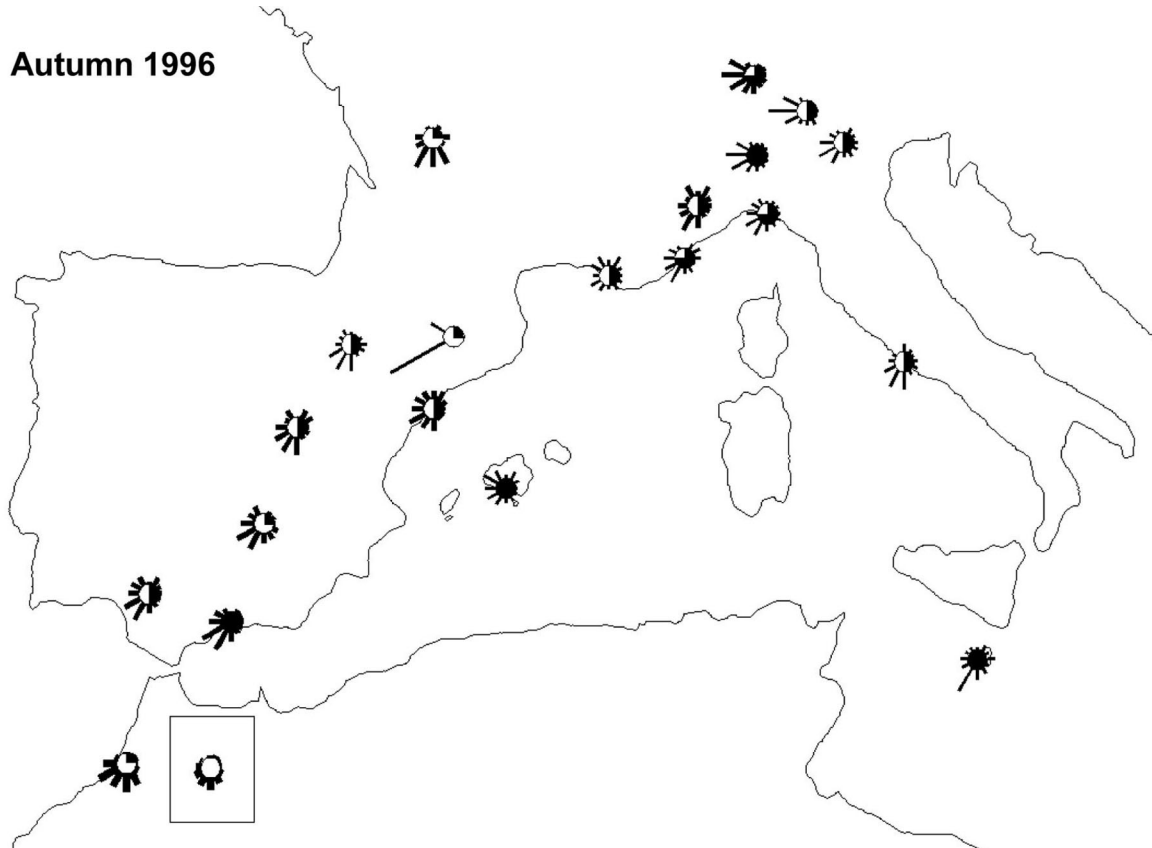


Figure 3. Summarised directional distribution per area in autumn 1996. Increasing width of the bars in the directional diagrams indicates four classes of migratory intensities: width 1 (MTR ≤ 500 birds/kmh), width 2 (MTR ≤ 1000 birds/kmh), width 3 (MTR ≤ 2000 birds/kmh), width 4 (MTR > 2000 birds/kmh). The length of a single line indicates the relative migratory intensity. Observation time in each area is indicated by 4 classes: (observation time ≤ 500 minutes), (observation time > 500 and ≤ 1000 minutes), (observation time > 1000 and ≤ 1500 minutes), (observation time > 1500 minutes). - *Distribuzione direzionale cumulativa per area nell'autunno 1996. La dimensione delle barre nell'aerogramma indica quattro classi di intensità di migrazione: 1 (MTR ≤ 500 individui/kmh), 2 (MTR ≤ 1000 individui/kmh), 3 (MTR ≤ 2000 individui/kmh), width 4 (MTR > 2000 individui/kmh). La lunghezza delle barre indica l'intensità relativa di migrazione. I tempi di osservazione in ogni area sono indicati in 4 classi: (tempo di osservazione ≤ 500 minuti), (tempo di osservazione > 500 e ≤ 1000 minuti), (tempo di osservazione > 1000 e ≤ 1500 minuti), (tempo di osservazione > 1500 minuti).*

autumn. Whereas migrants along the southern coast of the Iberian peninsula (area 2) were clearly oriented towards NE, flight directions in area 3 and 7 were scattered from NNW to the ENE.

In northern Italy, directions were not the opposite of the westerly autumn directions. Migrants showed a clear preference for the NNE and scatter was reduced compared to autumn migration. On the Italian peninsula, in three out of four observation areas, migrants were directed towards NE (areas 27, 28, 30), whereas most migrants in area 29 shifted to NW (along the mountain ranges of the Apennine). On Mallorca (area 36), some migrants were directed NW (towards the continent), others E (towards Menorca) and only a few towards NE (the delta of the Röhne), whereas on Sicily migrants were mainly oriented towards NNE.

DISCUSSION

This study provides an overview of simultaneously acquired quantitative data of nocturnal autumn and spring migration for a large portion of the western Mediterranean region. It is obvious that moon-watch data are confined to narrow temporal windows and are, therefore, subject to biases due to local topographical and meteorological condition. Interpretation has to take this into account, and comparison with data obtained from other sources is particularly important. From these data, the overall picture of nocturnal autumn migration in south-western Europe can be summarized as follows: in northern Italy, westward migration predominates, shifting south-

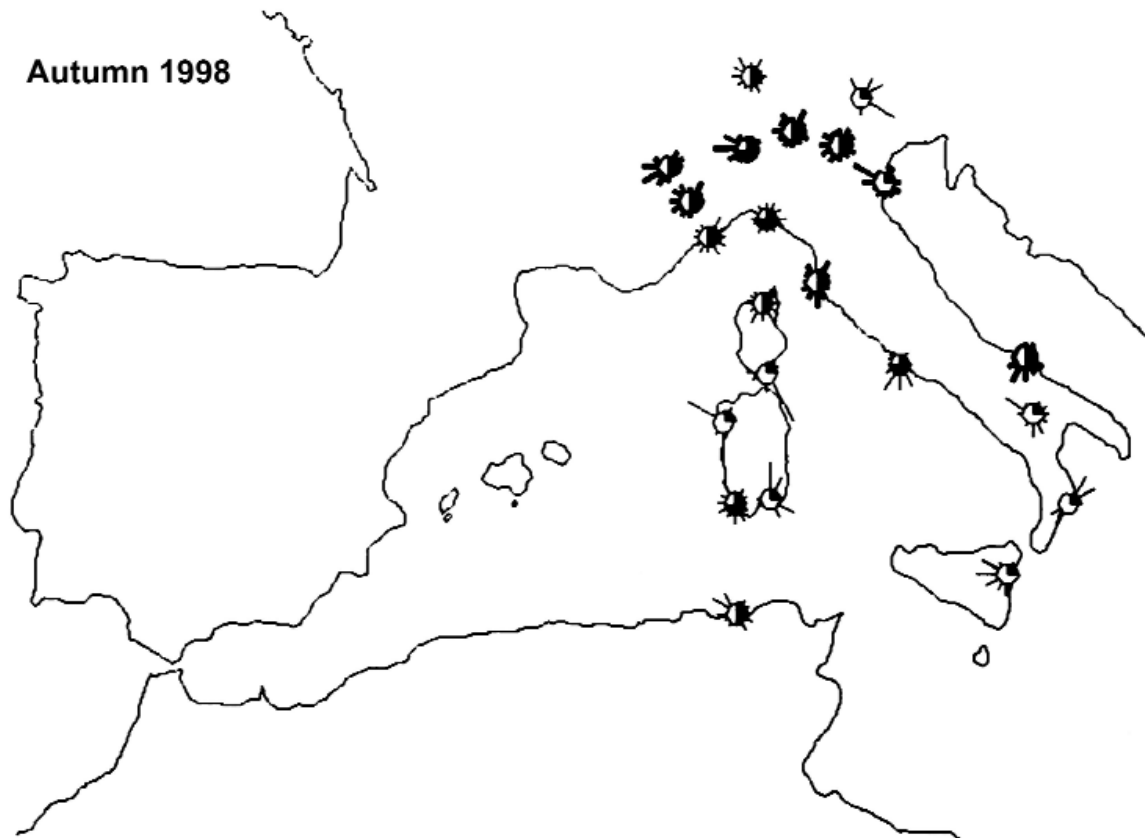


Figure 4. Summarised directional distribution per area in autumn 1998 (see legend to Fig. 3 for details). - *Distribuzione direzionale cumulativa per area nell'autunno 1998 (vedi legenda della Fig. 3 per dettagli).*

westward along the Mediterranean Alps and the French Mediterranean coast, while in south-western France southerly directions prevail. Thus, migration funnels towards the Iberian peninsula, resulting in a high density of migrants directed towards SW-SSW in Spain. Autumn migration across the Italian peninsula and the islands is rather weak. In spring, migrants seem to cross the western Mediterranean on a broad front, with reduced densities in Spain, but relatively dense migration across central Italy. Flying directions are generally NNE, even in northern Italy, where the migrants are approaching the Alps.

Variations in migratory intensity within and between seasons

Reported intensities of autumn migration were highest in Spain and in north-western Africa, followed by those in northern Italy. Areas with generally high passage indicate relatively low intensities in early

and late August (representing the beginning of trans-Saharan migration), slightly higher densities in early September and highest MTRs during the available late September observations, partly capturing the main passage of trans-Saharan migrants. In early October, passages over the Italian peninsula were similar to those recorded in September, while those over NW Africa were low, representing the fading of trans-Saharan migration. The data from late October suggest a strong migration of pre-Saharan migrants (e.g. *Turdidae* species), with higher densities over the Iberian peninsula.

In spring, the passage of medium- and short-distance migrants from North Africa starts in February and peaks in March in the Mediterranean area (Finlayson 1992). With our March observations, we covered the last part of the movements of pre-Saharan migrants from North Africa, whereas the later observation periods concern the migration of trans-Saharan migrants (Finlayson 1992, Bruderer and Liechti 1999).

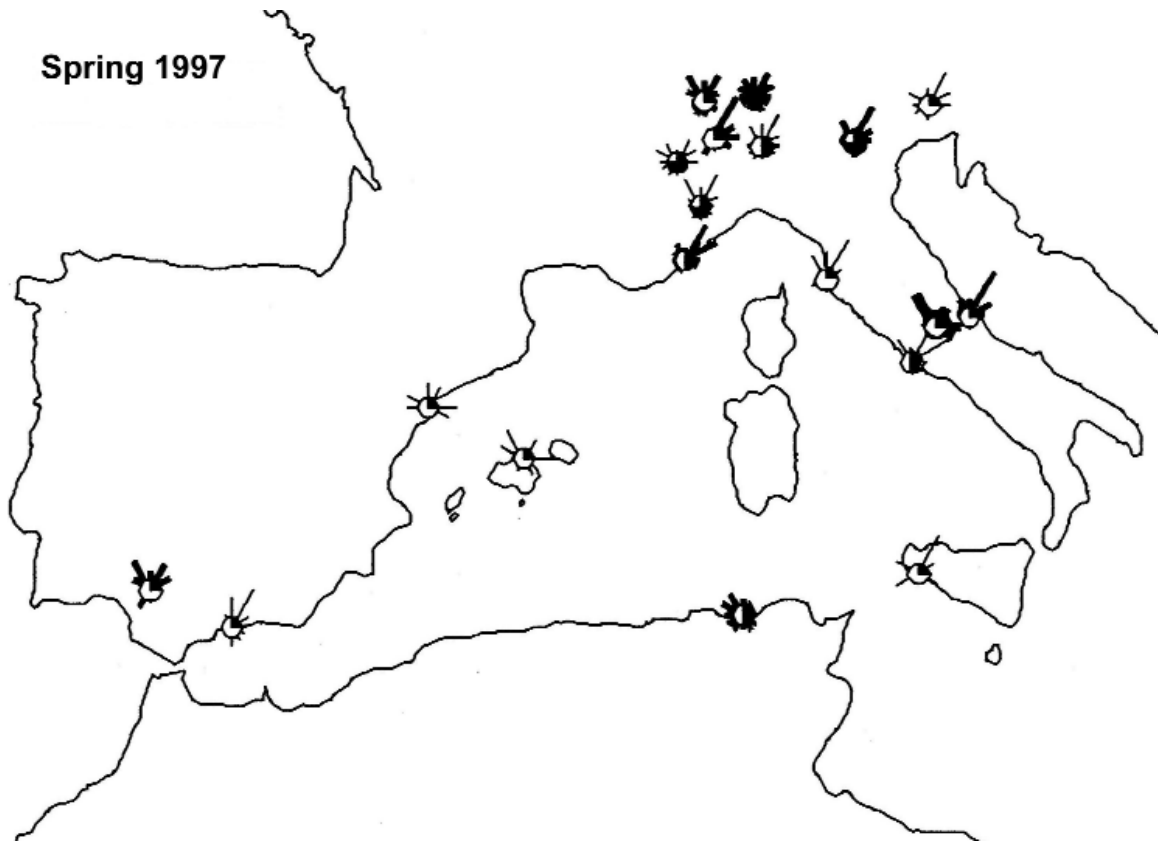


Figure 5. Summarised directional distribution per area in spring 1997 (see legend to Fig. 3 for details). - *Distribuzione direzionale cumulativa per area primavera 1997 (vedi legenda della Fig. 3 per dettagli).*

Large-scale shifts in direction and adjustments to topography

The observed SW-SSW directions in the southern part of the Iberian peninsula corroborate earlier observations (Hilgerloh 1989, Rivera and Bruderer 1998, Bruderer and Liechti 1998), revealing a gradual shift in the average direction of the migratory stream from SW in central Europe (Bruderer 1997), WSW along the northern border of the Alps (Bruderer 1996, Liechti *et al.* 1996a) and even W in upper Italy (Liechti *et al.* 1996b), to SW-SSW in southern Spain (Rivera and Bruderer 1998). However, the proposed endogenously controlled SE shift of directions towards the West African savannas, suggested to occur somewhere in the western Mediterranean or in western North Africa (Gwinner and Wiltshko 1978), does not take place before crossing the Mediterranean sea. Even in Morocco migrants were concentrated along the coast and directed to the S-SW, so also in this area no shift to the SE was recognizable.

Besides the observed large-scale funnelling of autumn migration towards the Iberian peninsula and the shifts along the northern and southern borders of the Alps, there are other obvious adjustments of directions to topographical features such as mountain chains and coastlines. Our study shows strong directional scatter in most coastal areas, some migrants heading out to the sea, others inland, and usually a slightly increased proportion along the coast, even if the coast led them towards a seasonally inappropriate direction, such as near Marseilles (area 10). Rivera and Bruderer (1998) emphasized variation according to the local or regional course of the coasts. In particular, they showed concentrated and heavy southward migration along the southward leading coast in south-eastern France and equally strong migration along the south-westward leading coasts of north-eastern Spain. They also report southward migration for the southward leading coasts in south-western France and Portugal.

On the other hand, our data show that spring migrants crossing the Italian peninsula, pay almost

no attention to the Adriatic and Tyrrhenian coasts, which they cross at about right angles with NE-NNE directions. Even more, it is rather surprising that the migrants get deviated towards NW (and SE) by the mountain ridges of the Apennines in central Italy.

In contrast to autumn, spring migrants maintain NNE directions throughout south-western Europe. This occurs also in northern Italy, where most birds seem to be able to cross the Alps directly. These prevailing NNE directions are consistent with other, locally restricted studies on flight directions (Hilgerloh 1991, 1992, Liechti *et al.* 1996b, Rivera and Bruderer 1998). However, the idea of a broad-front NNE migration across the western Mediterranean basin is challenged to a certain extent by the low intensities observed on the islands Mallorca and Sicily. On Sicily (area 36) the low density may be explained by the lack of appropriate departure areas to the south; birds from the Tunisian or Libyan coast (with an expected flight time of 9 to 10 hours) would not have reached the study site at the time of the observations. On Mallorca, observations were conducted early at night, when the birds taking off in the central and southern part of the island should have reached the study site.

Observations on islands are in any case peculiar, because they will only show migration if the distance and direction from the available departure areas allow the birds to arrive at the observation site during the time interval available for moon-watching. In spite of the fact that this condition seemed to be fulfilled during the autumn observations on most islands, some reservations with respect to the available data is advisable. For example, in autumn 1996, on Mallorca, the observers saw just the final part of the departure from the North of the island and probably birds arriving from Menorca.

Sea crossing and loop migration

During the main migration of trans-Saharan migrants in autumn, migratory intensities observed on the mainland reached a maximum, while on the Italian peninsula and on the islands intensities were low. This impression of autumn migrants flying a detour around the western Mediterranean sea is corroborated by a full season of simultaneous radar observations on Mallorca and on the Spanish mainland near Malaga (Bruderer & Liechti 1999). Even birds from the south-eastern parts of Europe (e.g.

from former Yugoslavia) prefer flights through northern Italy and along the Riviera to reach the Iberian peninsula instead of crossing the Adriatic and Tyrrhenian Sea. In spring, more birds are expected to risk a sea crossing in order to be on their breeding grounds as fast as possible (Schüz 1971, Zink 1973 - 1983). In spite of incomplete data from spring, our moon-watch observations seem to support this time-minimising hypothesis. Intensities of spring migration were lower in Spain and northern Italy than in autumn, but higher across the central parts of the Italian peninsula. NNE flight directions in northern Italy indicate arrivals from the sea and continuation across the Alps. On the other hand, our few spring data from the islands provide no support for increased sea crossing in spring. Some supports come from mist netting data (Pilastro *et al.* 1998), showing that many migrants alight on the islands after long sea crossings, continue across the Tyrrhenian sea and cross the Italian peninsula afterwards.

Besides time minimising, other hypotheses might be put forward to explain why migrants risk a sea crossing in spring. After the winter rains in the Mediterranean, food availability along the northern border of the African continent and in the Atlas mountains is at favourable levels (Alerstam 1990). This may allow migrants to refuel after the Sahara crossing and before departing for a sea crossing (but see Pilastro and Spina 1997, where they state that migrants arriving in Italy do not significantly fatten in north Africa). Recent observations in the western Sahara (own studies in 2003 and 2004) suggest that migration is more concentrated along the West African coast in autumn, while many migrants seem to return from the savannas on a broad front. These indications of migratory routes differing between autumn and spring support the idea of loop migration (Zink 1973, Alerstam 1990), a behaviour which is up to now not recognized as a feature occurring on a broad scale, but is known for some species, such as common quail *Coturnix coturnix* (Schifferli 1960), barn swallows *Hirundo rustica* (Schüz 1971), red-backed shrikes *Lanius collurio* (Schüz 1971) and pied flycatchers *Ficedula hypoleuca* (Curry-Lindahl 1981, Pilastro *et al.* 1998).

Acknowledgements - We are grateful to all the ornithologists having spent many night hours on moon-watching and carefully reported their observations. Only with the enthusiastic, conscious and long-term co-operation of

many volunteers was it possible to attain the far reaching goal of such a large-scale survey. Several Swiss ornithologists have provided their old telescopes, and WESO Switzerland supported our project with a considerable number of new telescopes to promote moon-watching by new groups of observers in North Africa. The following observers (in alphabetical order) provided data for the analyses reported in this article: *Algeria*, Aouiche O., Bakaria F., Djefjel B., Rouag R., Ziane N.; *France*, Belaud M., Beuneux G., Cantera J.P., Denise C., Dhermain F., Faggio A., Faggio G., Garcin R., George Guy, Gondolo P., Gonin C., Gonin J., Grillet L., Joyeux A., Le Bournot A., Le Bournot J., Marcone A., Molard L., Orsini P., Ramasia E., Rist D., Robillard J.-G., Rosso M., Roux-Poignant G., Srignaud S., Torchio R.; *Italy*: Agostani G., Albanese G., Antonollu A., Aquaviva C., Arcamone E., Baghino L., Bellomi S., Bellone C., Bertoli R., Bettori A., Biglino G., Bogliani G., Bonato L., Bonicelli F., Bonvicini P., Boto A., Canepa P., Cappello V., Carabella A., Carabella D., Carabella M., Cassini G., Cassone P., Castaldi A., Castello S., Cavagnino G., Cavallaro V., Cerato E., Cevasco L., Ciliarlo S., Clemente F., Consani P., Cosa P., Cucco M., De Col S., De Franceschi G., De Franceschi P., De Sanctis A., Deflorian M.C., Del Pedro M., Destro M., Dogliotti M., Dondee V., Dotto M., Fadda A., Falossi B., Farina F., Farris E., Ferri R., Ferroni C., Fioretto M., Floris G., Foletti A., Foletti C., Fracasso G., Frache B., Franzoni M., Friedel C., Frodello J.-P., Galetto F., Garavaglia R., Gargioni A., Giordano C., Giorgio B., Giraudo L., Golfre-Andreasi A., Gosmar A., Granata G., Grussu M., Guardascione E., Guerrieri G., Ilario M., Isambert J., Lassone P., Lausetti M., Levi L., Losio C., Manginelli R., Marquardt K., Martinelli L., Marzi D., Medda M., Meschini E., Meschini P., Metti C., Micheli A., Mielczarek E., Musio C., Nava A., Niki S., Notarangelo M., Novero P., Oppi G., Ornachi F., Orsenigo F., Osella M., Paddeu R., Panada L., Pane A., Parodi L., Patrone G., Pedrini P., Peila F., Peila F., Peila P., Pellegrini A., Penitenti A., Penitenti L., Peruz A., Pianezza F., Pifferi P., Pitrou-Frodello A., Politi P.M., Rabbia M., Radames B., Re A., Redaelli G., Ribetto G., Ribetto R., Riva S., Rivelli A., Rizzolli F., Rocco L., Roggero A., Rossi R., Rovelli C., Rubolini D., Rubolini M., Ruggiero S., Russo C., Ruzzante G., Sartori R., Schiavi M., Secci G., Sensolo C., Sozzi M., Spinelli A., Spinetti M., Strivella E., Tacchi I., Taffi P., Tamietti A., Toffoli M., Toffoli R., Tonelli A., Tormen G., Valfiorito R., Vecchio C., Verner A., Viberti F., Vita A., Zanotti F.; *Malta*, Mangion J., Mercieca C.; *Morocco*, Benhoussa Abdel Aziz, El Amrani Iz-Eddine, Jalal el Oualidi; *Switzerland*, Bächler E., Dossena G., Dossena M., Gammeter S., Jurietti L., Keller C., Keller D., Kehrli P., Lardelli N., Lardelli R., Liechti F., Liechti M., Losio A., Losio C., Lückner L., Mangili G., Markus, Nievergelt F., Rüetschi A., Spaar R., Spinelli A., Summermatter R., Tschirren B.; *Spain*, Adrovar J., Adrover-Forteza J., Arriero E., Borrego F., Bosch P., Bover-Arbo P., Bruna C., Campderrós J., Campomar J., Cantos F., Castillón V., Castro-Vozmediano L. M., César F., Chacón-

Cabas G., Claramunt J., Collins B., Corsero-Galan J. A., Cortés J., Delgado M. J., Díaz M., Dietrich P., Gaona O., García L., García S., Gómez A., Gonzales J. M., Heredero-Varnam V., Hernández F., Jensen C., Jordan B., Jurado J., Martínez-Caminal E., Melis S. M., Molino J., Moreno M., Muñoz A., Oñate J., Oñate M., Oñate S., Palacios L., Paricio S., Pedrini P., Perán G., Pérez E., Pérez G.M., Pérez J., Pérez J., Pérez R., Picazo L., Picón P., Pinilla J., Prats A. C., Prats A.J., Prats S., Querol X., Ramis J., Reus M.M., Reus M.A., Salom Joan C., Sánchez C., Sanmartin R., Segura M.M., Serrano D., Sotillos S., Varnam E.

REFERENCES

- Alerstam T 1990. Bird migration. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bolshakov KV 1985. Moon-watch method for quantitative studying of nocturnal bird passage (collection, calculation and analysis of data). In: Dolnik VR (ed). Spring nocturnal bird passage over arid and mountain areas of middle Asia and Kazakhstan. Proc. Zool. Inst. Leningrad, pp. 14-36.
- Bruderer B 1996. Vogelzugforschung im Bereich der Alpen 1980-1995. Der Ornithologische Beobachter 93:119-130.
- Bruderer B 1997. Migratory directions of birds under the influence of wind and topography. In: Orientation & Navigation - birds, human & other animals. Royal Institute of Navigation, Oxford, pp. 1-10.
- Bruderer B, Liechti F 1998. Etude des migrations trans-méditerranéennes au moyen du radar. Direction de la migration nocturne en automne près de Malaga et à Majorque. Nos Oiseaux 45 (suppl.): 51-60.
- Bruderer B, Liechti F 1999. Bird migration across the Mediterranean. In: Adams NJ, Slotow RH (eds). Proceedings of the XXII International Ornithological Congress, Durban, pp. 1983-1999.
- Casement MB 1966. Migration across the Mediterranean observed by radar. Ibis 108: 461-491.
- Chapman FM 1988. Observations on the nocturnal migration of birds. Auk 5: 37-39.
- Curry-Lindahl K 1981. Bird migration in Africa Vol.1, 2. Academic Press, London.
- Finlayson C 1992. Birds of the Strait of Gibraltar. Poyser, London.
- Gwinner E, Wiltshko W 1978. Endogenously controlled changes in migratory direction of the garden warbler (*Sylvia borin*). Journal of Comparative Physiology 125: 267-273.
- Hilgerloh G 1989. Autumn migration of trans-Saharan migrating passerines in the Straits of Gibraltar. Auk 106: 233-239.
- Hilgerloh G 1991. Spring migration of passerine trans-Saharan migrants across the Strait of Gibraltar. Ardea 79: 57-61.

- Hilgerloh G, Laty M, Wiltshko W 1992. Are the Pyrenees and the Western Mediterranean Sea barriers for passerine migrants in spring? *Ardea* 80: 375-381.
- Iapichino C, Massa B 1989. The birds of Sicily. British Ornithologists Union, Dorchester.
- Liechti F, Bruderer B, Paproth H 1995. Quantification of nocturnal bird migration by moon-watching: comparison with radar and infrared observations. *Journal of Field Ornithology* 66: 457-468.
- Liechti F, Peter D, Lardelli R, Bruderer B 1996a. Herbstlicher Vogelzug im Alpenraum nach Mondbeobachtungen - Topographie und Wind beeinflussen den Zugablauf. *Ornithologische Beobachter* 93: 131-152.
- Liechti F, Peter D, Lardelli R, Bruderer B 1996b. Die Alpen ein Hindernis im nächtlichen Breitfrontzug - eine grossräumige Übersicht nach Mondbeobachtungen. *Journal für Ornithologie* 137: 337-356.
- Lövei GL 1989. Passerine migration between the Palaearctic and Africa. *Current Ornithology* 6: 143-174.
- Lowery GJ 1951. A quantitative study of nocturnal migration of birds - Univ. Kansas Publ., Mus. Nat. Hist., 3: 361-472.
- Moreau RM 1961. Problems of Mediterranean - Saharan migration. *Ibis* 103a: 373-623.
- Pilastro A, Spina F 1997. Ecological and morphological correlates of residual fat reserves in passerine migrants at their spring arrival in southern Europe. *Journal of Avian Biology* 28: 309-318.
- Pilastro A, Macchio S, Massi A, Montemaggiore A, Spina F 1998. Spring migration routes of eight trans-Saharan passerines through the central and western Mediterranean; results from a network of insular and coastal ringing sites. *Ibis* 140: 591-598.
- Rivera C, Bruderer B 1998. Etude des migrations trans-méditerranéennes au moyen d'une caméra infrarouge. Directions de vol et topographie régionale. *Nos Oiseaux* 45 (suppl.) : 37-50.
- Schifferli A 1960. Ringfundmeldungen lassen Schleifenzug bei der mitteleuropäischen Wachtel, *Coturnix coturnix*, vermuten. Proceedings of the XII International Ornithological Congress, Helsinki: 651-656.
- Schüz E 1971. Grundriss der Vogelkunde. Paul Parey Verlag, Berlin.
- Scott WED 1881. Some observations on the migration of birds. *Bulletin of the Nuttall Ornithological Club* 6: 97-100.
- Spina F, Massi A, Montemaggiore A, Baccetti N 1993. Spring migration across the central Mediterranean: General results from the Progetto Piccole Isole. *Vogelwarte* 37: 1-94.
- Sultana J, Gauci C 1982. Birds of Malta. The ornithological society, Malta.
- Thibault JC 1983. Les oiseaux de la Corse. Histoire et répartition aux XIX et XXe siècles. Parc naturel régional de la Corse, Paris.
- Zink G 1973-1985. Der Zug der europäischen Singvögel, 1.-4. Lieferung. Vogelzug-Verlag Möggingen.

