1. INTRODUZIONE **3**

1.1 Lo stato attuale della chirotterofauna europea **3**

1.2 Lo scopo del lavoro **6**

2. MATERIALI E METODI **7**

2.1 L'area di studio **7**

2.2 L'utilizzo del bat detector nello studio dei Chirotteri **10**

2.3 Distribuzione, descrizione ed ecologia di *Pipistrellus pipistrellus* e *Pipistrellus kuhlii* **16**

2.4 Materiali e metodi **20**

Rilevamenti con bat detector e identificazione delle specie 20

Analisi dell'utilizzo e della selezione di habitat 22

Analisi dei parametri di ecolocalizzazione e DFA 23

3. RISULTATI **24**

3.1 Indagine sull'utilizzo dell'habitat della chirotterofauna del Parco e del SIC **24**

3.2 Analisi dei segnali di ecolocalizzazione di *Pipistrellus pipistrellus* e *Pipistrellus kuhlii* **27**

4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI **30**

4. 1 Identificazione acustica: un confronto fra due approcci antitetici **30**

4.2 Indagine sull'utilizzo dell'habitat della chirotterofauna nel Parco Capanne di Marcarolo: un confronto con altre realtà italiane ed europee **32**

4.2 Implicazioni per la gestione e la conservazione **36**

APPENDICE I **38**

BIBLIOGRAFIA **39**

1. INTRODUZIONE

1.1 Lo stato attuale della chirotterofauna europea

I Chirotteri sono un ordine di mammiferi secondo come numero di specie solo ai Roditori (in Italia si contano 35 specie), ma nonostante la sua importanza l'interesse dell'uomo verso questo gruppo è sempre stato molto scarso. Si tratta di animali difficili da studiare, e la loro immagine ha sempre avuto connotazioni negative nell'immaginario comune.

Le informazioni circa la loro ecologia, distribuzione, classificazione tassonomica sono tuttora molto scarse, ma almeno in ambito europeo si sta cominciando a prestare molta attenzione alla loro conservazione. Molti studi mettono in evidenza infatti come sia possibile riscontrare decrementi nelle dimensioni delle popolazioni. Aihartza et al. (2003) riportano come le popolazioni di *Rhinolophus euryale* siano in declino in tutta Europa. *Rhinolophus hipposideros* è scomparso da molti habitat e in molte aree in soli due decenni (anni '60 e '70) (Arlettaz, 2000). Anche specie non considerate in pericolo di estinzione, come *Pipistrellus pipistrellus,* vedono la riduzione del numero di colonie riproduttive (Anon, 1995).

In Piemonte si è passati da una distribuzione quasi uniforme del *Rhinolopuhs hipposideros* (dalla campagna alla citta') al ritrovamento di soli pochi roost sulle Alpi del cuneese e poche altre segnalazioni isolate (Toffoli, 2002). Il censimento effettuato nel gennaio 2005 in aree ipogee nel Parco Capanne di Marcarolo (AL), area di studio del presente lavoro, non ha riportato dati sulla presenza della suddetta specie come era invece avvenuto nei due anni precedenti.

Le informazioni sulla distribuzione dei Chirotteri piemontesi sono raccolte in due unici lavori di cui uno del Gulino (1938) e uno di Sindaco et al. (1992). Confrontandoli si osserva ancora una volta una riduzione nella presenza del ferro di cavallo minore (*R. hipposideros*) e del ferro di cavallo maggiore (*R. ferrumequinum*). Si segnala inoltre l'abbandono di due colonie riproduttive frequentate un tempo regolarmente, utilizzate soprattutto da *Myotis myotis* e *Myotis blythii* e che oggi sono state adibite a scopi turistici: si tratta della Grotta dei Dossi di Villanova Mondovì (CN) e della Grotta del Caudano di Frabosa Sottana (CN) (Sindaco et al. , 2003).

Il disturbo diretto degli animali da parte dell'uomo è stato un fattore importante che ha contribuito al decremento delle popolazioni europee, come dimostrato anche a livello locale. Ma non è di certo il solo; a questo si affianca l'intervento antropico nella gestione degli habitat naturali e semi-naturali. Interventi troppo massicci di gestione forestale possono ridurre la biodiversità tra le prede dei Chirotteri (soprattutto Insetti) e di

conseguenza tra i Chirotteri stessi, così come un troppo intenso sfruttamento agricolo (Entwistle et al., 2001). Altre trasformazioni degli habitat sono fortemente impattanti sulla chirotterofauna tra cui la frammentazione e ad essa affiancata la perdita di elementi lineari con funzione di corridoi ecologici (quali ad esempio siepi e filari di alberi). Se la frammentazione può essere in alcuni casi fonte di aumento di biodiversità nelle aree ecotonali, per i Chirotteri bisogna fare molta attenzione al mantenimento di collegamenti tra i *patches.* Molte specie infatti tendono a spostarsi seguendo elementi lineari piuttosto che attraversare spazi aperti, probabilmente a scopo antipredatorio. Questo è stato riscontrato in alcune specie come *Pipistrellus pipistrellus* e *Eptesicus serotinus* (Verboom, Huitema, 1997), ma sembra sia una caratteristica più ampia (Limpens, 1989). In particolare la vicinanza ad elementi lineari influenza in parte la scelta del sito riproduttivo da parte di colonie di *Pipistrellus pipistrellus* (Jenkins, 1998).

L'uso di fitofarmaci e prodotti chimici nella lavorazioni agricole può aver ampiamente contribuito al decremento demografico della chirotterofauna europea tramite il bioaccumulo dei prodotti tossici nelle prede e l'inquinamento delle acque. Per testare l'ipotesi Wickramasinghe et al. (2003) hanno effettuato un confronto tra aziende agricole tradizionali e non ("organic farm", dove è vietato l'uso di prodotti chimici) in Inghilterra e Scozia, ottenendo come risultato un numero di specie ed una densità decisamente maggiore nelle seconde e sui relativi corsi d'acqua.

Rachwald et al. (2004) ipotizzano che la contaminazione dell'aria con solfuri e metalli pesanti possa diminuire lo sviluppo arboreo penalizzando soprattutto le specie forestali.

Alla luce di queste premesse la Comunità Europea e le relative realtà nazionali si stanno prodigando verso uno sforzo di continua ricerca di base e applicata a scopi di conservazione della biodiversità e ove possibile un nuovo incremento demografico delle popolazioni di Chirotteri. Scopo principale che si cerca di raggiungere è quello di una azione coordinata e la creazione di progetti comuni (un passo importante è ad esempio il *Bat Agreement*).

In Italia è attualmente in vigore la L. 11/02/97, n° 157 "Norme per la protezione della fauna selvatica omeoterma e per il prelievo venatorio" che decreta il divieto di abbattimento, cattura, detenzione e commercio facendo riferimento non direttamente alle specie di Chirotteri, ma intendendole incluse nella fauna selvatica oggetto di protezione o facendo riferimento a normative internazionali.

A livello europeo la conservazione dei Chirotteri è considerata dalla "Convenzione relativa alla conservazione della vita selvatica e dell'ambiente naturale in Europa" (Berna, 19 settembre 1979) ratificata in Italia dalla L. 05/08/81, n° 503, che comprende tutte le specie di Chirotteri nell'Allegato II ("Specie di fauna rigorosamente protette") eccettuata la specie *Pipistrellus pipistrellus* compresa nell'Allegato III ("Specie di fauna protette"). Oltre alla cattura, detenzione, uccisione o disturbo degli individui si punta alla tutela e alla protezione delle aree di svernamento, riproduzione e foraggiamento (Raccomandazione 45/1995, Raccomandazione 36/992, Raccomandazione 11/1988)

La "Convenzione sulla conservazione delle specie migratorie appartenenti alla fauna selvatica" (Bonn, 23 giugno 1979) resa esecutiva in Italia dalla L. 25/01/83, n° 42, faceva riferimento in un primo tempo solo alle specie migratrici, ma è stata ampliata a tutte le specie dell'area europea con il *Bat Agreement* ("Accordo sulla conservazione delle popolazioni di chirotteri europei". Bristol, 2000). Esso è stato reso operativo nel 1994 a livello europeo ed è stato recepito dall'Italia nei primi mesi del 2005. Si tratta di un documento di rilevante importanza perché considera le specie nella loro intera area di distribuzione intra- ed extra-europea. Le Parti contraenti hanno l'obbligo di:

- proibire la cattura, la detenzione, l'uccisione degli individui
- identificare i siti importanti per la conservazione dei Chirotteri (intendendo con questo siti di svernamento, di ibernazione e di foraggiamento) e prendere adeguate misure di tutela e sensibilizzazione del pubblico
- promuovere programmi di studio volti all'individuazione di misure di conservazione possibilmente in maniera coordinata con le altre Parti contraenti
- valutare attentamente l'uso di pesticidi e sostanze tossiche.

L'Italia sta muovendo i primi passi nell'attuazione di questa normativa che si spera risultare vincente nella produzione di piani di conservazione dei Chirotteri con prospettive locali ed internazionali, ma che sarà un processo lento dato l'ancora scarso interesse degli studiosi verso questo gruppo faunistico.

Tutte le specie di Chirotteri presenti in Italia sono nominate nell'Allegato IV ("Specie animali e vegetali di interesse comunitario che necessitano di una stretta protezione") della Direttiva 92/43/CEE meglio conosciuta come Direttiva "Habitat" (che in Italia è stata recepita con il D.P.R. 08/09/97, n°357) relativa "alla conservazione di habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche". 13 specie europee sono inoltre inserite nell'Allegato II (si tratta di specie "la cui conservazione richiede la designazione di Zone

Speciali di Conservazione"). Nello specifico esse sono: *Rhinolophus blasii, Rhinolophus euryale, Rhinolophus ferrumequinum, Rhinolophus hipposideros, Rhinolophus mehely, Barbastella barbastellus, Miniopterus schreibersii, Myotis bechsteinii, Myotis blythii, Myotis capaccinii, Myotis dasycneme, Myotis emarginatus, Myotis myotis.*

Scopo della sopraccitata Direttiva è la salvaguardia della biodiversità attraverso la tutela legale non solo degli individui appartenenti alle specie contenute negli allegati, ma anche degli habitat che tali specie utilizzano (riferendosi, questo è da sottolineare, tanto alla componente biotica quanto a quella abiotica) mediante l'individuazione di Zone Speciali di Conservazione.

Si ricorda ancora la Direttiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 Aprile 2004 sulla responsabilità ambientale in materia di prevenzione e riparazione del danno ambientale che dovrà essere attuata dai Paesi membri dell'Unione Europea entro il 30/04/2007.

1.2 Lo scopo del lavoro

Il presente lavoro si inserisce in un intento perseguito a livello internazionale di conservazione della chirotterofauna. Esso è parte di un progetto più ampio (il "Progetto di studio e gestione della biodiversità in ambiente appenninico"), attuato dal Parco Capanne di Marcarolo in qualità di Sito di Importanza Comunitaria proposto per la costituzione della Rete Natura 2000 ai sensi della Direttiva 92/43/CEE.

Scopo principale del lavoro è stata una prima indagine sulle preferenze ambientali delle specie di Chirotteri del Parco e del SIC (alcune delle quali in Allegato II della Direttiva "Habitat"). Si è analizzata la selezione dell'habitat nelle specie che registrano i più alti dati di presenza. Infine sono state fornite indicazioni per la conservazione e gestione dell'habitat tenendo conto delle esigenze delle specie più comuni e delle specie più rare nel tentativo di incrementarne le popolazioni.

Inoltre sono stati confrontati due approcci di identificazione bioacustica delle specie che sono oggetto di dibattito tra gli studiosi di questo gruppo animale.

2. MATERIALI E METODI

2.1 L'area di studio

Il Parco Capanne di Marcarolo è stato istituto nel 1979 con la Legge Regionale n.52.

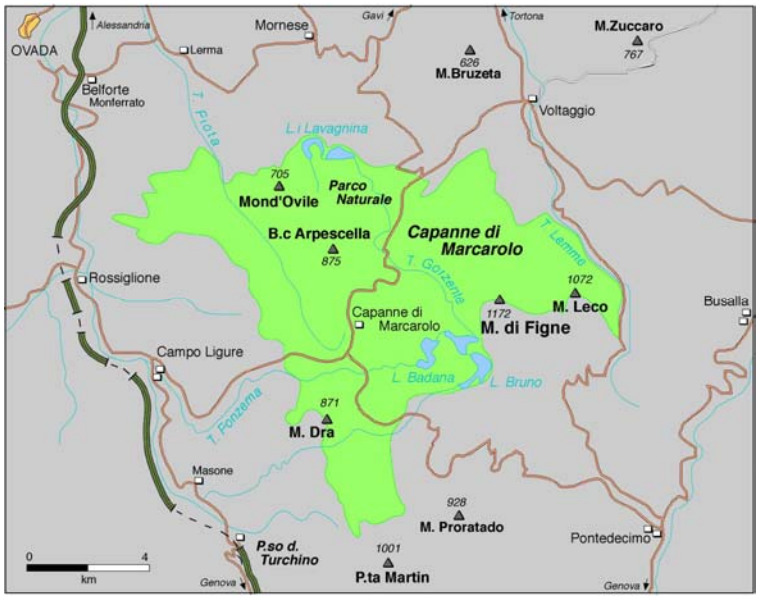


Fig. 1 - Il Parco Naturale regionale Capanne di Marcarolo

Esso è localizzato a 44°31'di latitudine N e 08°47' di longitudine E. I comuni compresi all'interno dell'area del Parco sono sei (Bosio, Casaleggio Boiro, Lerma, Mornese, Tagliolo Monferrato e Voltaggio) interamente rientranti nella Provincia di Alessandria al confine con la Provincia di Genova. L'estensione totale è di 8179 ettari.

Il territorio del Parco è parte del SIC "Capanne di Marcarolo" (codice IT1180026) che è una delle 128 aree citate dal Ministero dell'Ambiente all'Unione Europea per diventare Zone Speciali di Conservazione e andare a costituire la Rete Natura 2000 di cui alla Direttiva 92/43/CEE. Il territorio del SIC si espande per 8764 ettari.

L'intera area, che occupa parte dell'Appennino piemontese, è a cavallo tra la regione padana e pre-alpina e la regione mediterranea fattore che, creando microclimi peculiari, contribuisce a rendere interessanti le specie di fauna e di flora che la occupano. L'altitudine oscilla tra i 335 m ai Laghi della Lavagnina e i 1772 m sul Monte delle Figne.

Il clima è piuttosto umido, con piovosità media annua variabile tra 1758 mm nella zona delle creste e 1316 mm presso il Lago della Lavagnina, con precipitazioni molto intense e di breve durata che hanno notevole incidenza sui fenomeni erosivi, soprattutto nei mesi autunnali. Soltanto alle quote minori si osserva, limitatamente al mese di luglio, un periodo di aridità. L'elevata piovosità è l'esito del contatto tra correnti mediterranee calde e correnti padane e alpine decisamente più fredde.

Come subito risalta agli occhi di chi osserva, la ricchezza della vegetazione è alta in termini di specie. Sono stati censiti più di 800 taxa appartenenti alla flora delle quali la maggior parte sono specie eurasiatiche di climi temperati e freddi (60 %) e solo l'8% sono di clima mediterraneo a dimostrazione di come in fondo la barriera appenninica abbia

svolto letteralmente il suo ruolo; ma accanto a questa apparente rigogliosità si osserva una spiccata stentatezza nella crescita delle specie arboree. Questo è dovuto in parte all'eccessivo sfruttamento del territorio da parte dell'uomo fin dall'antichità che ha fortemente impoverito i terreni prima con operazioni di bonifica delle aree boschive, poi con ceduazioni continue allo scopo di produrre legname e poi con l'abbandono della castanicoltura che aveva preso piede nel XVI secolo, ma che ha portato all'impoverimento e al dissesto dei boschi in seguito all'abbandono e alle fitopatie scatenatesi tra gli anni '40 e '80 del '900. Oltre al fattore antropico si aggiunge come causa la forte concentrazione di magnesio nei suoli. Il substrato geologico del territorio del Parco è infatti quasi interamente costituito da serpentiniti e serpentinoscisti (i cui componenti minerali sono serpentino e magnetite) oltre che da peridotiti. Il magnesio è un elemento che in forti concentrazioni risulta tossico per la biomassa vegetale portando come risultato ad una stentata crescita ed un ridotto sviluppo arboreo.

Gli ambienti maggiormente rilevanti in termini di estensione nell'area di studio sono i seguenti:

Codice Corine Land Cover III livello	**Estensione (ettari)**	**Caratteristiche**
131 (aree estrattive)	12,75	Sono presenti miniere ormai abbandonate utilizzate fino a metà del secolo scorso per l'estrazione di minerali tra cui l'oro. Habitat importante per la chirotterofauna svernante in ambiente ipogeo.
243 (colture)	48,50	Habitat poco esteso vista la bassa presenza antropica.
311 (boschi di latifoglie)	2340,00	Querceti cedui non sfruttati con: rovere dominante(*Quercus petraea*), sorbo montano (*Surbus aria*), orniello (*Fraxinus ornus*), nocciolo (*Corylus avellana*).Rara la presenza di imponenti castagni (*Castanea sativa*). Faggete con presenza prevalente di *Fagus selvatica.*
312 (boschi di conifere)	517,50	Si tratta prevalentemente di rimboschimenti con: pino marittimo (*Pinus pinaster*), pino nero (*Pinus nigra*) e pino silvestre (*Pinus sylvestris*).
313 (boschi misti)	310,25	Oltre alle specie già citate si ricordano: ontano nero (*Alnus glutinosa*), carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), pioppi (gen. *Populus*), betulle (*Betula pendula*), salici (gen. *Salix*).
321	635,25	Aree foraggere a bassa produttività ormai poco sfruttate nel

(praterie)		territorio del Parco.
322 (brughiere)	514,50	Habitat che si va a sostituire al pascolo in abbandono con presenza di arbusti. Tra le specie vegetali ricordiamo: ginestra (*Spartium junceum*), calluna(*Calluna vulgaris*) cisto (*Cistus salvifolius*), erica (qui convivono *Erica arborea* tipica dell'area mediterranea e *Erica carnea* tipica dell'ambiente alpino).
324 (vegetazione in evoluzione)	3023,00	Aree di vegetazione in evoluzione con vegetazione erbacea alernata ad arbusti e alberi sparsi. Tra le specie pioniere ricordiamo quella dominate (*Euphorbia spinosa*) e la *Viola bertoloni* endemismo dell'Appennino ligure.
331	19,50	Sabbie , dune e aree ciottolose soprattutto in prossimità dei letti dei fiumi e sulle rive dei laghi.
332	221,75	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti.
333	498,50	In queste aree a vegetazione rada si trovano specie come: il *Linum campanulatum* dai fiori color oro e il *Linum suffruticosum* dai fiori colr rosa pallido.
512 (bacini idrici)	37,50	Sono presenti tre corsi d'acqua principali (i Torrenti Lemme, Gorzente e Piota) e alcuni bacini artificiali (i Laghi della Lavagnina).

Tab. 1 – Elenco degli habitat presenti nel Parco e nel SIC annesso con le relative estensioni e caratteristiche. Per la legenda dei codici si veda Appendice I.

Dalla cartina in appendice (Appendice I) è possibile invece individuare la composizione complessiva degli habitat del territorio del Parco e del SIC.
La presenza antropica non è oggi rilevante: l'unico centro abitato è Capanne di Marcarolo ridotto a poche decine di abitanti, al quale si aggiungono poche cascine tuttora abitate.

L'Ente Parco ha avviato un progetto denominato "Progetto di studio e gestione della biodiversità in ambiente appeninico" che rientra negli interventi per la gestione e la conservazione di habitat e specie di interesse comunitario ai sensi della Direttiva "Habitat". Il monitoraggio dei Chirotteri è parte integrante di tale Progetto così come il lavoro presentato in queste pagine.

Lo studio dei Chirotteri nell'Area protetta e nel SIC ha portato a determinare la presenza di 17 specie (Toffoli, 2005) di seguito riportate:

Specie	Allegato Direttiva "Habitat"
Rhinolophus ferrumequinum	II, IV
Rhinolophus hipposideros	II, IV
Myotis daubentonii	IV
Myotis myotis/blythii	II, IV
Myotis mystacinus	IV
Myotis nattereri	IV
Eptesicus serotinus	IV
Hypsugo savii	IV
Pipistrellus kuhlii	IV
Pipistrellus pipistrellus	IV
Pipistrellus pygmeus	IV
Barbastella barbastellus	II, IV
Nyctalus leisleri	IV
Plecotus sp	IV
Tadarida teniotis	IV
Nyctalus noctula	IV
Myotis emarginatus	II, IV

Tab. 2 - Elenco delle specie contattate nel Parco e nel SIC annesso dall'inizio del monitoraggio nel 2003 al 2005. Nella seconda colonna è riportato l'Allegato della Direttiva "Habitat" in cui la specie è inserita.

Come risulta dalla tabella sono ben 5 le specie che sono inserite in Allegato II della Direttiva "Habitat"-Specie animali e vegetali d'interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di Zone Speciali di Conservazione.

Gli animali sono stati contattati con bat detector o tramite cattura, oppure ne sono stati individuati i roost. Di particolare importanza è la presenza di Rinolofidi svernanti nelle miniere.

Le specie *Pipistrellus pipistrellus* e *Pipistrellus kuhlii* coprono la grande maggioranza delle segnalazioni.

2.2 L'utilizzo del bat detector nello studio dei Chirotteri

I Chirotteri sono animali difficili e scomodi da studiare. Notturni e volanti, non risulta agevole né la loro osservazione diretta, né la loro cattura a meno che non se ne conoscano i rifugi. Inoltre, alla luce delle premesse fatte in precedenza circa il problema della loro conservazione in natura, sarebbe bene limitare il disturbo diretto tramite cattura dell'animale e interventi nei siti di rifugio, a casi di studio in cui tali attività si rendano assolutamente necessarie.

Il bat detector è uno strumento che permette di ottenere dei buoni risultati nel monitoraggio dei Chirotteri e nello studio della loro distribuzione ed ecologia sebbene esistano tecniche quali il radio-tracking, la cattura diretta, il marcaggio tramite microchip, marche luminescenti o l'inanellamento che risultano in molti casi più efficaci ma di maggior impatto (Agnelli et al., 2004).

Il bat detector è in grado di rilevare e rendere udibili all'orecchio umano gli ultrasuoni emessi dai Chirotteri. Essi hanno lo scopo di creare una mappa neurale dell'ambiente circostante che possono essere ostacoli, prede o anche predatori e sono detti "segnali di ecolocalizzazione". Anche i segnali sociali, che hanno invece una funzione comunicativa e sono emessi spesso a frequenze udibili dall'uomo, sono captati dal bat detector e trasformati in un formato più accessibile all'operatore.

Fig. 2- Bat detector con funzionalità eterodino e espansione nel tempo (Petterson 240x).

Se lo scopo del lavoro è il riconoscimento dei generi o delle specie che emettono tali segnali, il bat detector ne permette una analisi più o meno sofisticata (in base al tipo di funzionamento dello strumento stesso come spiegato in seguito) che molto spesso permette di ottenere tali risultati.

Si tenga presente che i segnali sociali, in quanto tali, hanno una struttura caratteristica per ogni specie e, almeno per alcune, sono estremamente diagnostici (Pfalzer e Kusch, 2003). I segnali di ecolocalizzazione sono caratterizzati invece da parametri che ricadono in range di valori pressoché costanti all'interno della stessa specie e la cui variabilità è dovuta alla attività dell'animale (Barataud, 1996; Russo e Jones, 2002).

Ciò che invece è caratteristico in ogni specie è la struttura del segnale che sembra essere una risposta adattativa agli ambienti, alle modalità di caccia e alle prede tipiche della specie. Riconosciamo le seguenti strutture:

- **CF** (frequenza costante)

Tipici della famiglia dei Rinolofidi, questi segnali sono caratterizzati da una lunga componente a frequenza costante che permette di valutare piccole variazioni nell'eco di ritorno utili alla caccia in ambienti chiusi e al riconoscimento specifico della preda grazie all'eco caratteristico generato dallo sbattere delle ali della preda stessa (si veda Jones (1990) che descrive il caso di *Rhinolophus ferrumequinum*). Prima e dopo il tratto in CF si individua un tratto FM utile alla localizzazione degli oggetti.

- **FM appiattita** (frequenza modulata appiattita) e **QFC** (frequenza quasi costante)

I primi sono segnali che hanno una parte iniziale in FM e una parte terminale in CF dove si trova il picco di energia. I secondi sono caratterizzati da una banda di frequenza minore di 10 kHz. Sono tipici soprattutto dei generi *Pipistrellus* e *Hypsugo* che spesso alternano

entrambi i tipi di segnali in base alla tipologia ambientale frequentata. Sembra che la plasticità intrinseca di questi segnali sia alla base della scarsa specializzazione nella scelta dell'habitat del genere *Pipistrellus* (Kalko e Schnitzler, 1993).

Altre specie che emettono segnali di questo tipo (FM) appartengono al genere *Eptesicus* e *Nyctalus*.

- **FM interrotta** (frequenza modulata interrotta)

In questo caso il segnale è di durata molto ridotta e banda larga (>30 kHz). E' tipico dei generi *Myotis* e *Plecotus* specializzati nell'individuare con precisione la preda in volo o anche posata su di una superficie.

I bat detector funzionano utilizzando tre strategie differenti:

- <u>Eterodino</u>

Il sistema che lavora in eterodino sfrutta una proprietà fisica dei suoni e cioè la capacità di combinarsi dando origine ad un suono la cui frequenza è data dalla differenza tra le frequenze dei suoni di partenza. Il bat detector emette un'onda a frequenza costante (in genere tra 10 e 120 kHz, intervallo nel quale ricadono gli ultrasuoni emessi dai Chirotteri), che può essere regolata dall'operatore con un variatore. Le frequenze emesse dal pipistrello si combinano con quelle emesse dal bat detector, creando un'onda con una frequenza differenziale che andrà a cadere nello spettro dell'udibile (da 0.02 kHz a 18 kHz per l'orecchio umano). Così si perdono però molte delle informazioni delle onde di partenza come la durata, l'intensità, l'intervallo tra un segnale di ecolocalizzazione e l'altro. Possono però ancora essere valutate alcune caratteristiche:

- **ritmo**, che dà informazioni circa l'attività dell'animale (transito, caccia, ecc…)
- **struttura**, ad esempio una indicazione di massima sulla larghezza di banda
- **picco di frequenza**, cioè la frequenza che possiede il massimo di energia. Esso si determina quando, variando la frequenza di emissione del bat detector, si distingue chiaramente un suono molto grave che corrisponde ad una differenza di frequenze di circa 0 kHz, ciò che è citato da Barataud (1996) come *battement zèro*.

Grazie a questo ultimo parametro siamo in grado di identificare con un buon grado di precisione quelle specie che emettono segnali di ecolocalizzazione definiti FM appiattite che hanno quindi una parte in FM e una parte finale in CF (gen. *Pipistrellus*, *Nyctalus*, *Eptesicus*), il cui picco di frequenza si colloca nella parte terminale del segnale con struttura FC e quindi di frequenza ben determinata, oppure specie che emettono segnali CF o QFC (quasi-FC, con larghezza di banda <10 kHz) appartenenti ai generi *Rhinolophus* e *Hypsugo*.

Per le specie che emettono segnali definiti FM interrotte il picco di frequenza risulta esteso ad una gamma di frequenze maggiori aumentando di molto il margine di errore nel riconoscimento specifico.

- Divisione di frequenza

La divisione di frequenza lavora dividendo di un fattore noto (in genere 10 o 20) le frequenze captate dal bat detector e restituendo quindi all'operatore suoni che ricadono nello spettro dell'udibile all'orecchio umano. Si tratta di suoni di intensità attenuata e dalla struttura modificata, difficilmente utilizzabili per un riconoscimento a livello di specie come evidenziato anche durante il Primo Congresso Italiano sui Chirotteri (Preatoni e Martinoli, 1999).

- Espansione nel tempo

E' la tecnica che apporta i migliori risultati nel riconoscimento delle specie con bat detector – 90% dei contatti sono attribuiti alla specie o entità esatta (Barataud, in prep.). Questo sistema rallenta di un fattore noto (in genere di 10 o 20 volte) i segnali captati dallo strumento restituendoli ad una frequenza che ricade nello spettro dell'udibile. I bat detector che sfruttano questa tecnica sono dotati di una memoria di capacità limitata a pochi secondi che varia in base ai modelli, nella quale viene registrato il suono che l'operatore potrà riascoltare rallentato. Tale registrazione può essere memorizzata su registratori di suono analogici o digitali e venire poi analizzati con software informatici appropriati.

Il suono non perde in questo modo nessuna delle caratteristiche originali: si tratta dello stesso segnale emesso dall'animale semplicemente rallentato. Di esso si possono misurare su software di analisi del suono i parametri, che attentamente valutati permettono l'identificazione a livello di specie dell'animale che li ha emessi.

Tali parametri sono:

- **durata del singolo segnale**
- **larghezza di banda del singolo segnale**
- **frequenza iniziale**
- **frequenza finale**
- **picco di frequenza**
- **intervallo tra due segnali.**

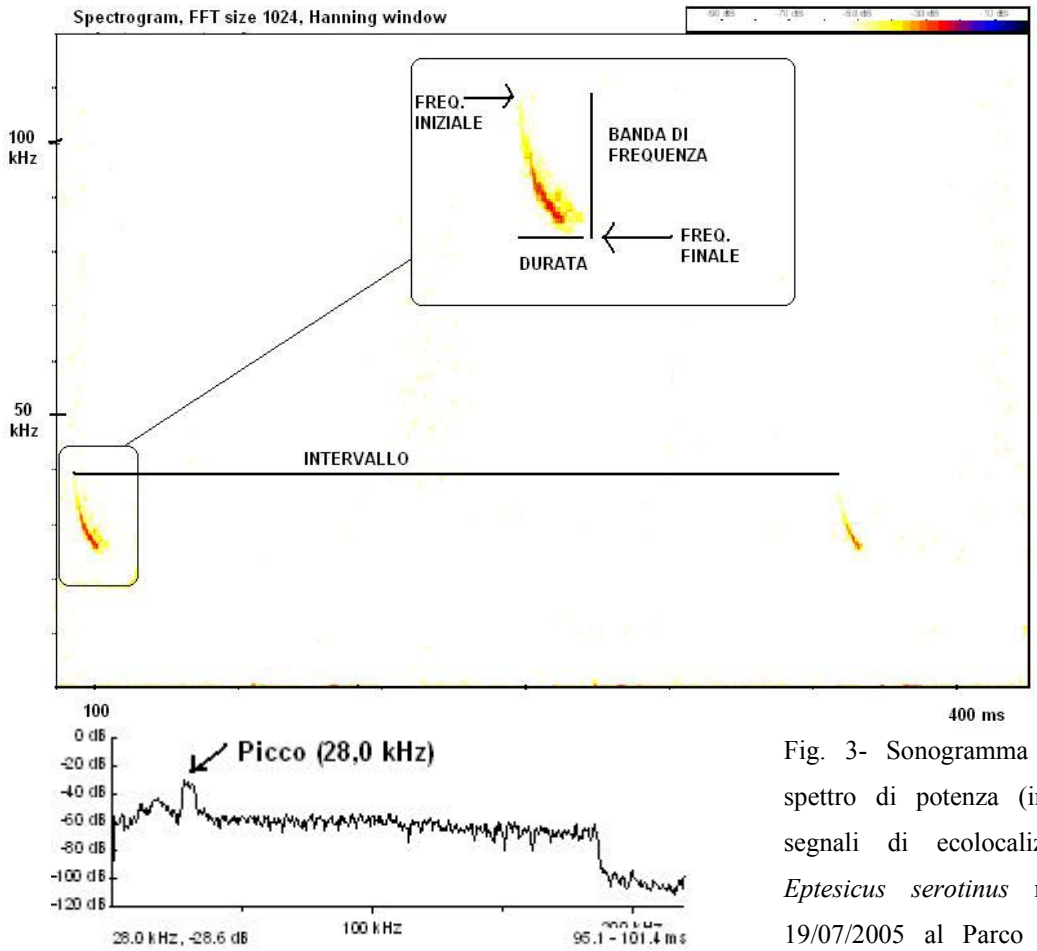


Fig. 3- Sonogramma (in alto) e spettro di potenza (in basso) di segnali di ecolocalizzazione di *Eptesicus serotinus* registrato il 19/07/2005 al Parco Capanne di Marcarolo (Loc. Assunta)

Come anticipato questi parametri non assumono valori costanti per una stessa specie ma è osservabile un ampio tasso di variabilità intraspecifica. Questo è principalmente dovuto al fatto che l'attività dei Chirotteri non è costante e i segnali di ecolocalizzazione vengono adattati alle diverse situazioni (Obrist et al. 2004)) (Fig. 6). Il transito, l'uscita dal roost (che per un pipistrello adulto è una zona ben conosciuta) o la ricerca di prede in un ambiente aperto richiedono una analisi dello spazio meno dettagliata (è sufficiente localizzare gli ostacoli o una eventuale preda di passaggio): ecco allora che la durata del segnale sarà maggiore, la banda più stretta, il picco di energia ad una frequenza minore e sarà invece maggiore l'intervallo tra i segnali. Al contrario se l'animale sta cacciando in una zona di vegetazione fitta, come la chioma di un albero, viene richiesta una mappa neurale dell'ambiente dettagliata e continua, quindi i segnali sono emessi più frequentemente, hanno una banda più ampia, una più alta frequenza di massima energia e una durata minore. Esempio estremo di ciò è il *feeding buzz* (o "sequenza di alimentazione") emesso nell'istante che precede la cattura della preda e che richiede una precisione assoluta.

Anche la presenza di conspecifici nello stesso territorio di caccia è fonte di variabilità, il che si rispecchia in una piccola modificazione della frequenza finale del segnale tale da non confondere gli echi di ritorno con quelli di individui vicini.
Poiché l'espansione nel tempo non lavora in tempo reale ma su porzioni di suono registrate, questa tecnica si trova spesso associata all'eterodino, per permettere di non interrompere del tutto i rilevamenti durante la registrazione.

Per concludere, l'accoppiamento eterodino-espansione nel tempo risulta essere una tecnica effettivamente efficace se si vuole studiare quali specie utilizzino un determinato habitat o quali specie popolano una determinata area, senza la necessità di catturare gli esemplari.
La divisione nel tempo e l'eterodino, utilizzate singolarmente o simultaneamente, sono invece tecniche utili per indagini di tipo quantitativo in cui non sia richiesto un riconoscimento delle specie oppure per l'individuazione di siti di rifugio (rilevando ultrasuoni quando gli animali tornano al roost e compiono piccoli voli in gruppo nei pressi dell'ingresso) e procedendo solo in seguito alle catture per identificarne le specie.

La scelta circa quale bat detector e quale tecnica utilizzare è ancora oggi un argomento dibattuto, anche se la maggior parte dei ricercatori utilizzano l'espansione temporale spesso accoppiata all'eterodino (come emerso durante "The Bat Conservation Trust's International Workshop" nel 2003) per le possibilità che offre di analizzare graficamente i segnali in laboratorio e di poterli conservare per la creazione di una banca dati disponibile all'intera comunità di studiosi e verificabile alla luce delle continue nuove indicazioni sistematiche sulla chirotterofauna europea.
Un altro dibattito in corso in questi anni è poi quello che riguarda quale metodo utilizzare nel riconoscimento specifico.
In particolare nel panorama europeo la "scuola" che viene maggiormente seguita è quella della Analisi della Funzione Discriminante (DFA) (si vedano Parson e Jones, 2000; Russo e Jones, 2001). A partire da sequenze emesse da specie note si vanno a creare delle funzioni matematiche, che abbiano come variabili parametri caratterizzanti dei segnali prelevati a caso nella sequenza, e che discriminano tali segnali in base ai parametri considerati . Poiché come abbiamo detto in precedenza i parametri dei segnali sono soggetti ad un elevato grado di variabilità intraspecifica (non troviamo gli stessi valori in individui diversi) l'attribuzione di un segnale ad una specie o all'altra avverrà in termini probabilistici. Si tratta di un metodo quantitativo e oggettivo dove non entra in gioco

l'esperienza o la capacità dell'operatore se non nell'uso corretto del bat detector. Per questo è un'analisi molto sfruttata.

In Francia Barataud (2002) identifica i Chirotteri con un metodo di analisi delle sequenze di ecolocalizzazione che non è oggettivo, ma i cui risultati sono frutto dell'esperienza dell'operatore. Egli prende in considerazione l'intera sequenza (non solo un segnale casuale come nella DFA) e ne valuta la forma andando a ricercare il/i segnale/i diagnostici per ogni specie. Questo studio si è proposto anche di valutare i due metodi sopra citati per il riconoscimento specifico di *Pipistrellus pipistrellus* e *Pipistrellus kuhlii*, confrontando i risultati ottenuti.

Dettagli circa i due approcci e le considerazioni relative saranno fornite nel capitolo Discussione.

2.3 Distribuzione, descrizione ed ecologia di *Pipistrellus pipistrellus* e *Pipistrellus kuhlii*

In questo lavoro sono state effettuate delle indagini di selezione di habitat per due specie di Vespetilionidi. Si tratta del pipistrello nano (*Pipistrellus pipistrellus*) e del pipistrello albolimbato (*Pipistrellus kuhlii*).

Fig. 4 - *Pipistrellus pipistrellus* catturato il 26/07/2005 al Parco Capanne di Marcarolo presso il Torrente Lemme con mist net.

Il pipistrello nano è una specie centroasiatico-europea e la sua area di distribuzione sembra comprendere l'Europa ad esclusione delle aree più settentrionali, l'Africa settentrionale (Maghreb, Libia) e l'Asia sud-occidentale. Dal punto di vista zoogeografico è considerato tra il 32.25% di specie prevalentemente europee (Lanza, Finotello, 1985). Il pipistrello albolimbato risulta essere diffuso in Europa centro-meridionale (fino al Nord della Francia), Africa settentrionale e orientale e Asia meridionale fino all'India nord-orientale. Lanza lo considera un'entità di origine etiopico-mediterranea largamente diffusa in Europa (Lanza, Finotello, 1985).

Il territorio italiano è interamente interessato dalla presenza di entrambe le specie che risultano da molti studi essere le più diffuse, anche grazie al loro carattere antropofilo (Gulino, Dal Piaz, 1939).

I dati bibliografici di *Pipistrellus pipistrellus* sono comunque tutti da riconsiderare alla luce della recente individuazione della specie criptica *P. pygmaeus* determinata bioacusticamente solo nel 1999 (Jones e Barratt). Si tratta di specie sorelle morfologicamente molto simili (e per le quali si stanno ancora cercando caratteri diagnostici); quindi le segnalazioni precedenti a questi anni si riferiscono alla entità *P.pipistrellus s.l.*

Entrambe le specie sono considerate essere in soddisfacente stato di conservazione (minor rischio, preoccupazione minima) come risulta dalla Red List I.U.C.N.

La famiglia di appartenenza (Vespertilionidae) è riconoscibile per le orecchie che si proiettano all'indietro sulla testa, le vertebre inserite nell'uropatagio e la falange del terzo dito di lunghezza circa doppia di quella del primo. Il genere (*Pipistrellus*) è invece identificabile dalla forma arrotondata del trago. Si tratta di animali di piccole dimensioni. La tabella seguente riporta le misura relative ai parametri biometrici caratteristici:

	LTT (mm)	**LCo** (mm)	**AV** (mm)	**LO** (mm)	**LT** (mm)	**AA** (mm)	**Lcb** (mm)	**FdC-M^3** (mm)	**LD-V** (mm)	**P** (g)
P.pipistrellus	36-52	24-36	27-32	9-13,5	4,5-5,5	180-250	11-12,3	4-4,8	36-41	3,5-8,5
P.kuhlii	40-47	30-40	31-36	12-13	5,5-6	210-240	12-13,4	4,8-5		5-10

Tab 3. Parametri biometrici. LTT=lunghezza dall'apice del muso al naso; LCo=lunghezza coda; AV=lunghezza avambraccio; LO=lunghezza orechhio; LT=lunghezza trago; AA=apertura alare; Lcb=lunghezza condilo basale; FdC-M^3= lunghezza della fila dentaria superiore C-M3 (dal margine posteriore del terzo molare superiore al margine anteriore della base del canino superiore omolaterale); LD-V=lunghezza del quinto dito (metacarpale più falangi); P=peso

La colorazione degli esemplari delle due specie vede una membrana alare molto scura mentre petto e addome sono molto più chiari nel pipistrello albolimbato e più uniformi nel pipistrello nano.

I caratteri che ci permettono di distinguere le specie alla cattura sono (Dietz e von Helversen, 2004):

- dentatura: in *Pipistrellus kuhlii* il primo incisivo superiore è monocuspidato e il secondo incisivo è piccolo; l'ultimo premolare è in contatto con il canino. Anche in *Pipistrellus pipistrellus* il primo incisivo è monocuspidato ma tra molare e canino è visibile un piccolo premolare.
- il disegno creato sul patagio dai vasi sanguigni è altamente diagnostico nella distinzione di *Pipistrellus pipistrellus*, *Pipistrellus nathusii*, *Pipistrellus pygmeus*.
- i cuscinetti boccali, visibili ai margini della bocca nei maschi in periodo riproduttivo, sono bianchi o talvolta grigi in *Pipistrellus pipistrellus* e gialli in *Pipistrellus pygmeus*.

A livello bioacustico la distinzione risulta semplice sia in eterodino (si tratta di specie che emettono segnali in FM appiattita -frequenza modulata appiattita- con una parte iniziale in FM e una terminale in CF -frequenza costante-dove è possibile riconoscere un evidente picco di frequenza) sia in espansione del tempo.
I picchi di frequenza (frequenza a massima energia) sono a circa 45 kHz per *Pipistrellus pipistrellus* e 38 kHz per *Pipistrellus kuhlii*.

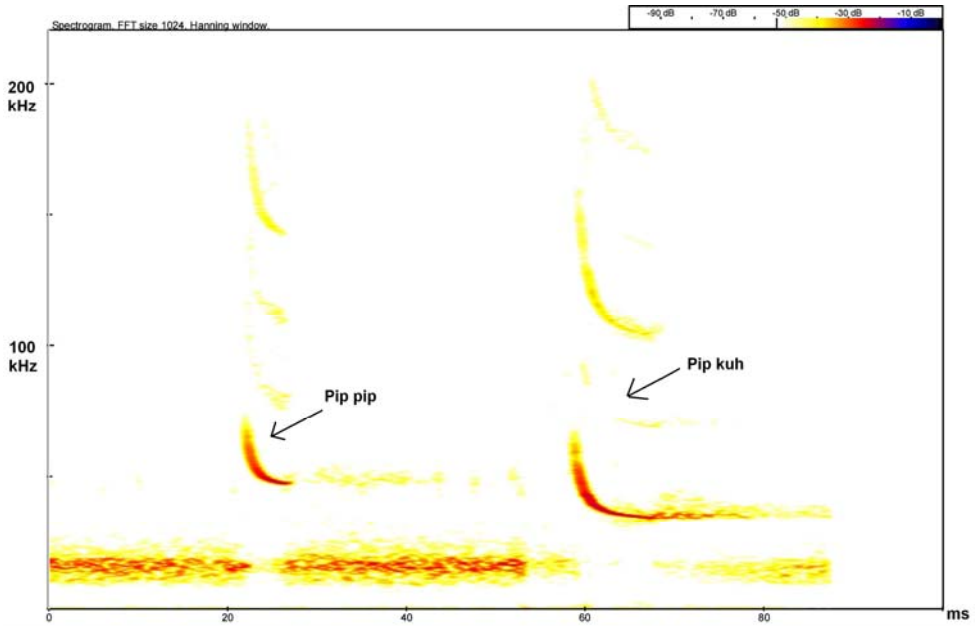


Fig. 5 – Sonogramma di un segnale di ecolocalizzazione di *Pipistrellus pipistrellus* (a sinistra) e *Pipistrellus kuhlii* (a destra) registrati il 06/07/2005 presso il Parco Capanne di Marcarolo (Loc. Capanne).

Si consideri che si tratta di specie dove non si nota una scelta preferenziale dell'habitat quindi i parametri dei segnali variano in relazione all'attività e alla tipologia ambientale in cui sono rilevati. In tabella si riportano i valori di tali parametri in ambienti aperti (es. animale in transito o in caccia in una radura), spazi semi-aperti (es. un animale in caccia in un bosco non fitto) e spazi chiusi (es. animale in caccia tra i rami di un albero) (Barataud, in prep.):

		Pipistrellus pipistrellus	*Pipistrellus kuhlii*
Ambiente chiuso	picco	49-51 kHz	40-42 kHz
	ritmo	Elevato	molto elevato
	largh. banda	35-50 kHz	35-50 kHz
	durata	<5 ms	<5 ms
Ambiente aperto	picco	42-43 kHz	35-36 kHz
	ritmo	lento e irregolare	lento e irregolare
	largh. banda	10 kHz	35-36 kHz
	durata	>5 ms	>5 ms
Ambiente semi-aperto	picco	45-48 kHz	37-39 kHz
	ritmo	100-200 ms	100-200 ms
	largh. banda	30-35 kHz	30-35 kHz
	durata	5 ms	5 ms

Tab. 4 - Valori dei parametri dei segnali di ecolocalizzazione di *Pipistrellus pipistrellus* e *Pipistrellus kuhlii* in relazione alla struttura dell'habitat.

Nel sonogramma seguente (Fig. 6) si può osservare come la struttura del segnale vari nella sequenza all'avvicinarsi della preda:

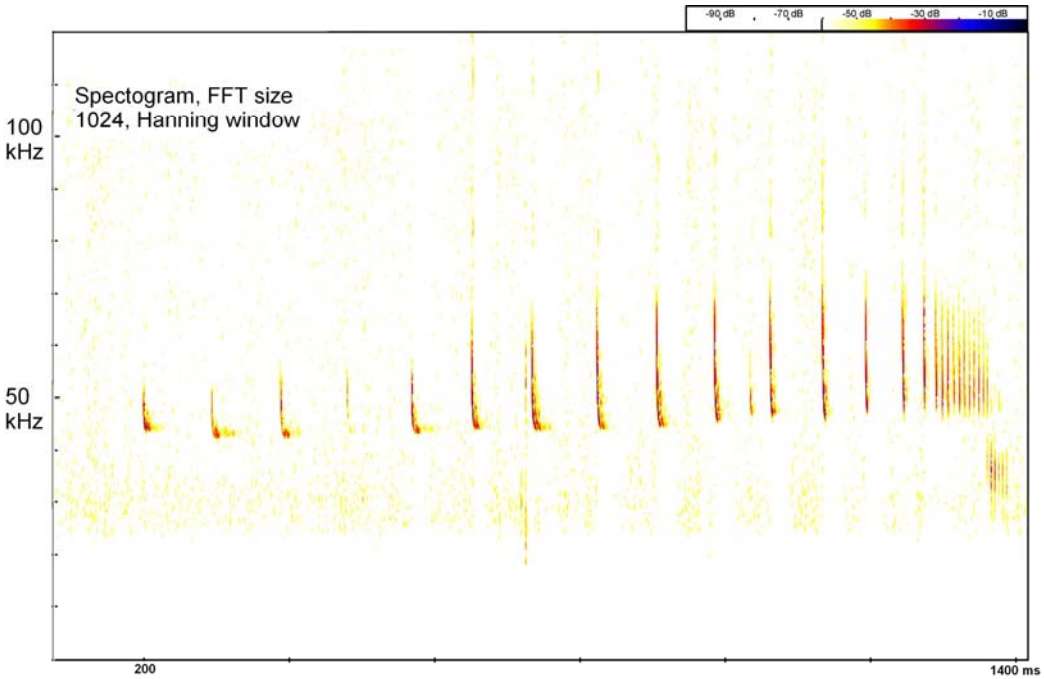


Fig. 6 - Sequenza di segnali di ecolocalizzazione di *Pipistrellus pipistrellus* registrato il 22/06/2005 nel Parco Capanne di Marcarolo presso il Torrente Lemme. Da sinistra a destra si vede come l'animale all'avvicinarsi della preda modifichi la struttura del segnale riducendo il tratto in CF, aumentando il ritmo, la frequenza iniziale, il picco di frequenza e la larghezza di banda fino all'attimo che precede la cattura definito "*feeding buzz*" (all'estrema destra).

Le specie hanno ecologia e comportamento simili (Agnelli et al, 2004). Sono entrambe antropofile ed è facile vederle cacciare sotto i lampioni o ritrovare siti di rifugio nelle abitazioni.

Sono sedentarie e non si assiste a fenomeni migratori; il periodo di ibernazione va da novembre ad aprile, ma poiché non si tratta di un letargo profondo possono uscire alla ricerca di cibo nelle serate invernali quando la temperatura non scende sotto i 10°C. Catturano in volo le loro prede che sono in genere insetti appartenenti ai seguenti ordini: Ditteri, Lepidotteri, Coleotteri, Tricotteri, Emitteri. Sono generaliste sotto molti aspetti: dalla dieta, alla scelta dei siti di foraggiamento e rifugio. Gli accoppiamenti avvengono a fine settembre, ma la fecondazione avviene solo con la primavera. Durante il periodo delle nascite e della crescita dei giovani le femmine si riuniscono in roosts riproduttivi da cui sono esclusi i maschi. La vita media è di 6-8 anni

2.4 Materiali e metodi

Rilevamenti con bat detector e identificazione delle specie

La raccolta dei dati è stata avviata a partire dall'inizio di giugno 2005 fino alla metà di settembre 2005 con cadenza circa settimanale.

I rilevamenti, sottoforma di punti di ascolto, sono stati effettuati in sette tipologie di habitat differenti, individuati con il software GIS ArcView 3.1. La scelta dei punti di ascolto piuttosto che dei transetti si è basata sul fatto che in tal modo si sono potuti raggiungere facilmente tutti gli habitat senza dover individuare al loro interno più transetti della stessa lunghezza, cosa che non sempre sarebbe stata agevole. Inoltre in questo modo i rilevamenti nella stessa tipologia ambientale sono stati effettuati in località diverse eliminando ripetizioni di dati dovute ad esempio alla vicinanza di roost. I punti di ascolto sono stati ripetuti in ogni ambiente con una distribuzione tale che la percentuale di ogni habitat tra il totale dei punti di rilevamento fosse circa uguale alla percentuale dello stesso nell'area di studio.

Gli ambienti rilevati e i codici di Corine Land Cover III livello ad essi associati sono:

231- **Prati stabili** - Superfici a copertura erbacea densa a composizione floristica rappresentata principalmente da graminacee, non soggette a rotazione. Sono per lo più pascolate ma il foraggio può essere raccolto meccanicamente.

311- **Boschi di latifoglie** - Formazioni vegetali, costituite principalmente da alberi ma anche da cespugli e arbusti, nelle quali dominano le specie forestali a latifoglie.

312- **Boschi di conifere** - Formazioni vegetali costituite principalmente da alberi ma anche da cespugli e arbusti, nelle quali dominano le specie forestali conifere.
321- **Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota** - Aree foraggere a bassa produttività. Interessano spesso superfici rocciose, roveti e arbusteti.
324- **Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione** - Vegetazione arbustiva o erbacea con alberi sparsi. Formazioni che possono derivare dalla degradazione della foresta o (come in questo caso) da una rinnovazione della stessa per ricolonizzazione di aree non forestali.
511- **Corsi d'acqua, canali e idrovie**
862- **Centri abitati a bassa densità**

I punti d'ascolto hanno avuto una durata di 60 minuti (eccetto in casi di interruzione per condizioni meteo non idonee, quali precipitazioni abbondanti o forte vento) e iniziavano all'imbrunire. Si sono effettuati tre punti per ogni serata in habitat differenti in modo tale da non terminare dopo le 01:00 circa di sera, momento in cui l'attività di caccia degli animali cala sensibilmente, per riprendere poi più tardi nella notte. Si è prestato attenzione a non effettuare i rilevamenti nella stessa tipologia ambientale alla stessa ora, ma a ruotare l'ordine in ogni ripetizione per fare in modo che la variabile legata al tempo passato dall'imbrunire non influenzasse in modo significativo il numero di contatti. Per ogni punto di ascolto sono stati segnalati: ora di inizio e di fine, località, coordinate, numero di passaggi. Tutti i dati sono stati georeferenziati tramite GPS Garmin e Trex.
Gli animali sono stati contattati con un bat detector (D-240x Ultrasuond detector, Petterson Elektronik AB) in modalità eterodino e espansione nel tempo. Tramite eterodino è stato possibile rilevare i passaggi e il campione di suono di 3 secondi memorizzato dallo strumento, è stato elaborato in modalità espansione nel tempo (il campione è stato rallentato di un fattore 10 e aveva durata di 30 secondi) e registrato su MiniDisc Recorder Sony MZ-N710.
Tali registrazioni sono poi state analizzate con un software di analisi del suono appropriato, BatSoundPro 3.1 che ha permesso di produrre per ognuna di esse un sonogramma (Hamming window con dimensione di 1024 punti campione), un oscillogramma ed uno spettro di potenza per effettuare misure precise dei parametri di interesse.
I parametri presi in considerazione sono (vedere Fig. 6):

- durata del singolo segnale
- larghezza di banda del singolo segnale
- frequenza iniziale

- frequenza finale
- picco di frequenza
- intervallo tra due segnali

Di ogni registrazione sono stati contati i contatti, definendo contatto ogni segnale di ecolocalizzazione o ogni sequenza di segnali attribuibili a singoli individui, oppure ogni grido sociale.

Per l'attribuzione delle sequenze alle specie di appartenenza si è tenuto conto oltre che delle misurazioni effettuate, anche della tipologia ambientale che influenza le caratteristiche della sequenza emessa. L'identificazione è stata effettuata seguendo soprattutto le indicazioni fornite da Baratud (1996 e 2002). Si è valutata cioè la sequenza completa andando ad individuare in ognuna di esse il segnale che permettesse, date le caratteristiche misurate, di risalire alla specie. In particolare per l'identificazione di *Pipistrellus pipistrellus* e *Pipistrellus kuhlii* si è fatto riferimento ai valori riportati in Tab. 4. Per sequenze sulle quali non ci fosse la completa certezza nel riconoscere la specie si è ritenuto opportuno limitarsi all'indicazione del genere o a considerare come egualmente probabili un gruppo di specie o, in pochi casi, segnalare la specie come *non determinata*. Soprattutto per le specie appartenenti al genere *Pipistrellus* sono stati utili, ove presenti, i segnali sociali altamente diagnostici per la determinazione specifica.

In alcuni casi, cioè quando è stato possibile determinare la specie solo con eterodino (gen. *Pipistrellus* e *Hypsugo*) oppure quando la specie è stata determinata senza l'utilizzo del bat detector (*Tadarida teniotis*, che emette segnali di ecolocalizzazione a 13 kHz che ricadono nello spettro dell'udibile), si è tenuto conto del passaggio nell'elaborazione dei dati, ma non è si è proceduto ad alcuna analisi della sequenza su PC.

Tutti i dati sono stati archiviati in una database in Access di Office appositamente costruito.

Analisi dell'utilizzo e della selezione di habitat

Nella valutazione circa l'utilizzo dell'habitat, si è inizialmente calcolato un indice orario di frequentazione (**IF**) per ogni tipologia ambientale, nel seguente modo:

$$IF = \frac{\text{n°contatti totali per habitat}}{\text{tot minuti per habitat}} \times 60$$

Questo indice fornisce una prima indicazione di quanto l'habitat sia sfruttato dal totale delle specie. Maggiore è l'IF e maggiore sarà l'utilizzo da parte della chirotterofauna.

Si sono scelte poi due specie, *Pipistrellus pipistrellus* e *Pipistrellus kuhlii*, sulle quali, data la buona disponibilità di dati, sono state fatte delle indagini più approfondite. Le prime indicazioni sono state di nuovo fornite dall'IF dove al numeratore si sostituisce il numero totale di contatti della specie considerata nell'habitat di interesse. Si è poi voluta andare a valutare la selezione di ogni habitat da parte delle due specie. Allo scopo è stato utilizzato l'Indice di Selezione di Jacobs (**IS**) (Manly et al., 1993):

$$IS = \frac{U - D}{U + D}$$

dove: D =habitat disponibile (calcolato come tempo percentuale di rilevamento nell'habitat)

U =habitat utilizzato (percentuale di contatti della singola specie nell'habitat sui contatti totali della stessa specie)

Questo rapporto fornirà risultati compresi tra -1 e +1, dove:

-1 corrisponde ad un habitat affatto utilizzato (selezione negativa)

0 indica un utilizzo non selettivo dell'habitat (utilizzo proporzionale alla disponibilità)

+1 corrisponde ad un habitat fortemente selezionato a scopo di foraggiamento (selezione positiva).

Confrontando i valori di IF con i valori di IS, siamo così in grado di valutare se il numero di contatti riscontrati in un determinato ambiente sia dovuto alla selezione da parte della specie (+1) o se l'habitat sia utilizzato solo perché molto abbondante nell'area (0).

Tramite il Test del χ^2 utilizzando il numero di contatti relativo ad ogni habitat, si è valutato se ci fosse o meno una differenza significativa nell'uso dell'habitat nelle due specie.

Analisi dei parametri di ecolocalizzazione e DFA

Per i segnali di ecolocalizzazione delle specie *Pipistrellus pipistrellus* e *Pipistrellus kuhlii* si è voluta fare una Analisi della Funzione Discriminante (DFA) allo scopo di valutare se nelle condizioni di studio sarebbe stata accettabile tale analisi nella determinazione delle due specie e per effettuare un eventuale confronto con la metodologia di riconoscimento utilizzata per il lavoro qui presentato.

Si sono campionati 30 coppie di segnali consecutivi per la prima specie e 31 per la seconda, prelevati secondo una regola precedentemente definita (i primi due segnali evidenti e chiari della sequenza) che sono stati analizzati con BatSoundPro 3.1. Per ogni segnale sono stati misurati e archiviati i parametri già elencati in precedenza.

Di queste misure sono state calcolate la media e la deviazione standard relative a ogni specie. Poi con una Analisi della Varianza (ANOVA) si è andati a valutare l'eventuale significatività nelle differenze di ognuno dei parametri nelle due specie.
Infine è stata fatta una Analisi Multivariata (DFA) che, andando a costituire delle funzioni matematiche che contenessero come variabili i parametri di interesse, ha fornito indicazioni di quali di essi potessero ritenersi discriminanti e con quale probabilità di errore i segnali venissero attribuiti a una o all'altra specie.
Tutte le analisi statistiche sono state effettuate con il software SPSS 10.0.

3. RISULTATI

3.1 Indagine sull'utilizzo dell'habitat della chirotterofauna del Parco e del SIC

Il programma GIS ArchView 3.1 ha permesso di distribuire i punti di ascolto in modo tale che la percentuale di ogni habitat tra il totale dei punti fosse circa uguale alla composizione complessiva degli stessi nell'area comprendente il Parco e il SIC. Il numero di punti di ascolto e i minuti di rilevamento con il bat detector in relazione all'habitat sono stati quindi così distribuiti (Tab. 5):

Codice Habitat	Numero di punti	Minuti
231	5	300
311	7	420
312	6	315
321	4	210
324	3	180
511	3	180
862	2	120
Totale	**30**	**1725**

Tab. 5 – Numero di punti d'ascolto e minuti di rilevamento in ogni habitat.

Durante il periodo di raccolta dei dati si sono potuti contare 451 passaggi, corrispondenti ad un totale di 495 contatti. Questi appartenevano a 11 specie diverse (Tab. 6), sulle 17 segnalate per il Parco.
Molti dei passaggi (355 del totale) sono stati registrati in espansione del tempo e poi analizzati con BatSoundPro 3.1 per procedere alla misurazione dei parametri del suono e arrivare così ad attribuire i contatti alle relative entità specifiche. 97 passaggi sono stati invece determinati con la sola tecnica dell'eterodino sulla base del ricoscimento del picco di frequenza (ad esempio i segnali in FM appiattita del genere *Pipistrellus*) o del caratteristico ritmo associato all'osservazione di individui in caccia (*Myotis daubentonii*). Gli individui appartenenti alla specie *Tadarida teniotis* sono stati invece contattati senza strumentazione data la frequenza alla quale tipicamente emettono i loro segnali di ecolocalizzazione (13 kHz) che ricade nello spettro dell'udibile.
Nella maggior parte dei casi (95.34 %) la sequenza registrata è stata attribuita con certezza ad una determinata specie; nel 2.18 % si è giunti invece solo al riconoscimento del genere (per sequenze troppo brevi ad esempio un segnale singolo, per registrazioni di scarsa

qualità o per animali che sono passati troppo lontani dallo strumento); altre volte (3.49 %) invece, quando i parametri misurarti ricadevano in aree di sovrapposizione tra più specie o quando la sequenza incompleta non poteva garantire sicurezza nella determinazione, i segnali sono stati attribuiti ad un gruppo ristretto di specie; e solo lo 0.44% dei contatti è stato attribuito ad una *specie indeterminata.*

La ripartizione dei contatti per specie e per habitat è riportata in tabella:

Specie	**Passaggi**	**Contatti**
Eptesicus serotinus	5	5
Hypsugo savii	54	55
Myotis daubentonii	46	47
Myotis emarginatus	1	1
Myotis mystacinus	2	2
Myotis nattereri	3	3
Nyctalus notula	1	1
Pipistrellus kuhlii	164	202
Pipistrellus nathusii	9	9
Pipistrellus pipistrellus	143	147
Tadarida teniotis	2	2
Hypsugo savii/Pipistrellus kuhlii	8	1
Myotis daubentonii/bechsteinii	2	2
Nyctalus leisleri/Eptesicus serotinus	1	1
Pipistrellus kuhlii/nathusii	5	5
Myotis sp	1	1
Pipistrellus sp	3	3
Plecotus sp	6	6
specie indeterminata	2	2
Totale	**458**	**495**

Tab. 6 - Numero dei passaggi e relativi contatti per ogni entità rilevata nell'area di studio.

Le specie più frequenti nell'area sono in assoluto *Pipistrellus pipistrellus* (29.7 % dei contatti) e *Pipistrellus kuhlii* (40.8 % dei contatti) seguite dalla specie *Hypsugo savii* (11.11 %) e dal *Myotis daubentoni* (9.49%), quest'ultimo contattato quasi esclusivamente in habitat con presenza di acqua. Si tenga presente che la bassa frequenza di contatti del genere *Plecotus* potrebbe dipendere dalla bassa intensità tipica dei segnali di ecolocalizzazione degli Orecchioni. Essi sono captati dal bat detector quando l'animale vola al massimo a 4-5 mt di distanza dallo strumento. Anche i Rinolofidi sono difficili da contattare dati i segnali ad alta frequenza che emettono e la ristretta banda. La mancanza di dati relativi a questa famiglia potrebbe quindi essere attribuita alla caratteristica struttura dei segnali di ecolocalizzazione.

Da questi dati è stato possibile ottenere per ogni habitat un IF (indice orario di frequentazione) relativo a tutte le specie contattate nell'area di studio che permette di dare una prima indicazione del livello di sfruttamento a scopo di foraggiamento degli ambienti scelti dalla chirotterofauna nel suo complesso.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

Corine III	IF
231	3,60
311	16,50
312	19,05
321	3,43
324	9,67
511	35,33
862	65,50

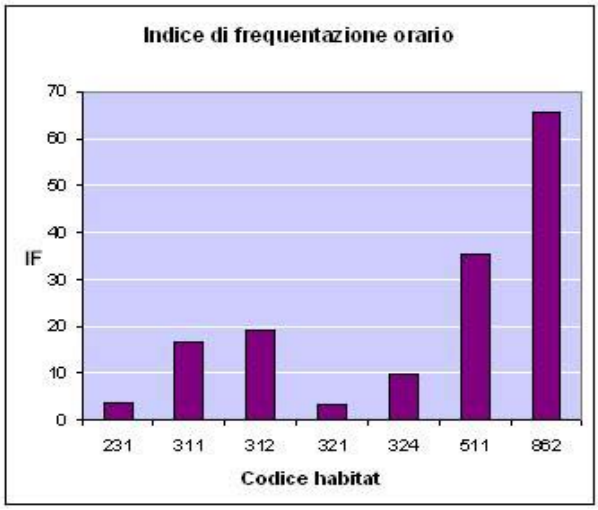
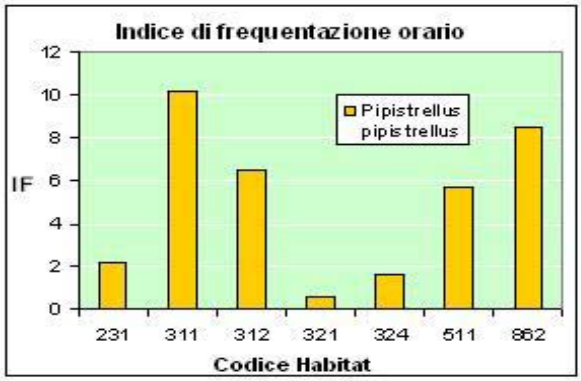


Fig. 7 - Tabella e grafico relativi agli indici di frequentazione orari della chirotterofauna del Parco e del SIC.

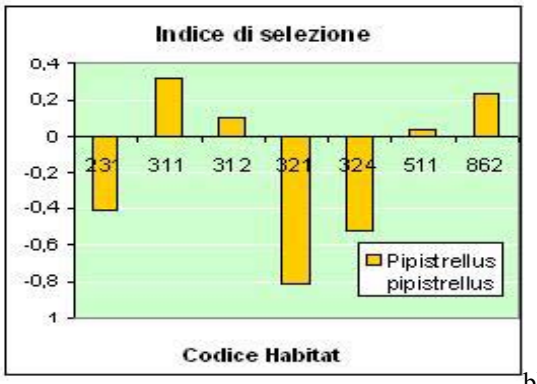
I centri abitati sono quindi le aree maggiormente frequentate seguiti dagli habitat con presenza di acqua. Tra le altre tipologie ambientali risultano consistenti gli indici di frequentazione dei boschi di conifere e di latifoglie.

Visto l'elevato numero di dati ottenuti per le due specie di Vespertilionidi, *Pipistrellus pipistrellus* e *Pipistrellus kuhlii*, è stata ritenuta utile una indagine più approfondita circa la selezione dell'habitat da parte di queste entità.

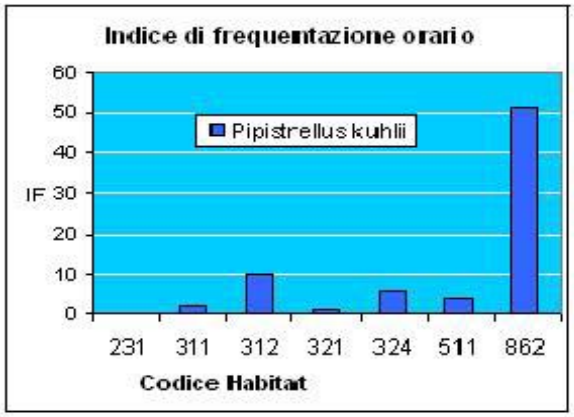
Si riportano in seguito i grafici (Fig. 8) e le tabelle (Tab. 7) dei risultati emersi.



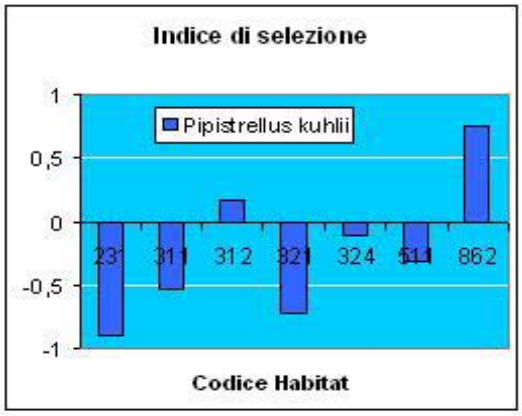
a)



b)



c)



d)

Fig. 8(pagina precedente) – Grafici relativi agli indici di frequentazione orari (IF) e indici di selezione di Jacobs in *Pipistrellus pipistrellus* (a e b) e in *Pipistrells kuhlii* (c e d).

		231	311	312	321	324	511	862
Pip pip	**IF**	2,2	10,17	6,48	0,57	1,67	5,67	8,5
	IS	-0,41	0,31	0,1	-0,81	-0,52	0,03	0,23
		231	**311**	**312**	**321**	**324**	**511**	**862**
Pip kuh	**IF**	0,4	2,17	9,9	1,14	5,67	3,67	51,5
	IS	-0,9	-0,53	0,16	-0,72	-0,11	-0,32	0,76

Tab. 7 - Indici di frequentazione e indici di selezione nelle specie *Pipistrellus pipistrellus* (Pip pip) e *Pipistrelllius kuhlii* (Pip kuh).

Un test del χ^2 effettuato sul numero di contatti delle due specie in ogni tipologia ambientale ha permesso di verificare un uso differente dell'habitat nel pipistrello nano e nel pipistrello albolimbato nell'area di studio (Pearson $\chi^{2=}105.21$; g.l.=6; $P<0.05$).

Entrambe le specie selezionano positivamente i centri abitati (862), dove si ha la presenza di fonti luminose, e i boschi di conifere (312). A questi si aggiungono i boschi di latifoglie (511) e gli habitat con presenza di acqua (511) per *Pipistrellus pipistrellus*. In quest'ultimo caso il valore di indice di selezione nelle due specie indica che l'habitat è utilizzato proporzionalmente alla sua presenza nell'area. Si tenga conto del fatto che la presenza di acqua è comunque fondamentale per tutte le specie come fonte di approvvigionamento idrico. E' interessante notare come le praterie (321), i prati stabili (231) e le aree a vegetazione in evoluzione (324) siano selezionati negativamente (e con indici di selezione decisamente bassi) in entrambe le specie. Nonostante ciò in *Pipistrellus pipistrellus* l'IF per i prati stabili ha un valore rilevante, il che sottolinea come l'habitat (poiché componente importante nell'area di studio) sia comunque utilizzato per la ricerca di cibo in proporzione con la sua abbondanza. Entrambi gli indici ci permettono di evidenziare chiaramente come i boschi di latifoglie siano utilizzati dalle due specie in modo distinto. Si ha selezione positiva per la specie *Pipistrellus pipistrellus* e una forte tendenza ad evitare l'habitat in *Pipistrellus kuhlii*. Un'ultima considerazione interessante è lo sfruttamento dei boschi di conifere sia a livello specifico (Fig. 9b e 9d) sia a livello complessivo di chirotterofauna (Fig. 8).

3.2 Analisi dei segnali di ecolocalizzazione di *Pipistrellus pipistrellus* e *Pipistrellus kuhlii*

Le misurazioni dei parametri del suono, effettuate con il software di analisi su segnali delle due specie espansi nel tempo hanno dato i seguenti risultati di media e deviazione standard:

	F.iniziale (kHz)			F.finale (kHz)			Picco (kHz)		
	media	sd	intervallo	media	sd	intervallo	media	Sd	intervallo
Pip pip	66,97	11,86	49-98	44,97	1,61	42-48	47,05	1,63	44,2-50,1
Pip kuh	57,42	10,64	39-85	37,13	1,63	33-40	39,47	1,67	36-41,9
	Durata (ms)			**Intervallo (ms)**			**Banda (kHz)**		
	media	sd	intervallo	media	sd	intervallo	media	Sd	intervallo
Pip pip	6,25	2,63	2,1-13,0	114,98	57,94	82,4-380	22,00	11,59	4-53
Pip kuh	6,11	2,92	2,7-14,3	128,90	56,89	63,1-280,4	20,28	9,99	3-47

Tab. 8- Valori di media e deviazione standard (sd) dei 6 parametri misurati su coppie di segnali di ecolocalizzazione delle due specie in analisi. Pip pip=*Pipistrellus pipistrellus* e Pipi kuh=*Pipistrellus kuhlii.*

Volendo poi evidenziare eventuali differenze significative nei valori dei parametri nelle due specie, è stata fatta una analisi della varianza (ANOVA). La significatività è stata raggiunta solo in tre casi, sotto riportati:

FREQ.INIZIALE	SIG. (R=0,396; $F_{1,59}$=10,981; P<0,05)
FREQ.FINALE	SIG. (R=0,926; $F_{1,59}$=357,498; P<0,05)
PICCO	SIG. (R=0,919; $F_{1,59}$=321,064; P<0,05)
DURATA	N.S.
INTERVALLO	N.S.
BANDA	N.S.

Tab. 9- Tabella delle significatività dell'analisi della varianza.

I grafici rappresentati di seguito rappresentano tali differenze. Infatti vediamo come nelle due specie la frequenza di massima energia (picco) sia distribuita tra valori che non si sovrappongono tra le specie (Fig. 9).

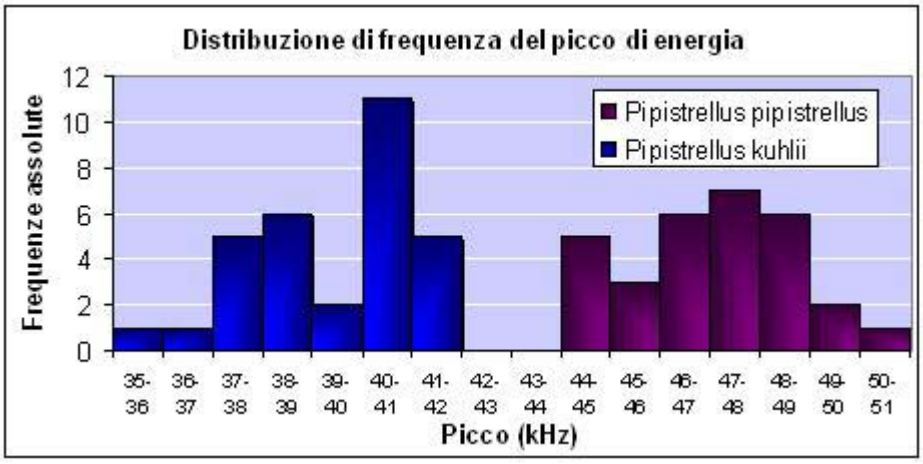
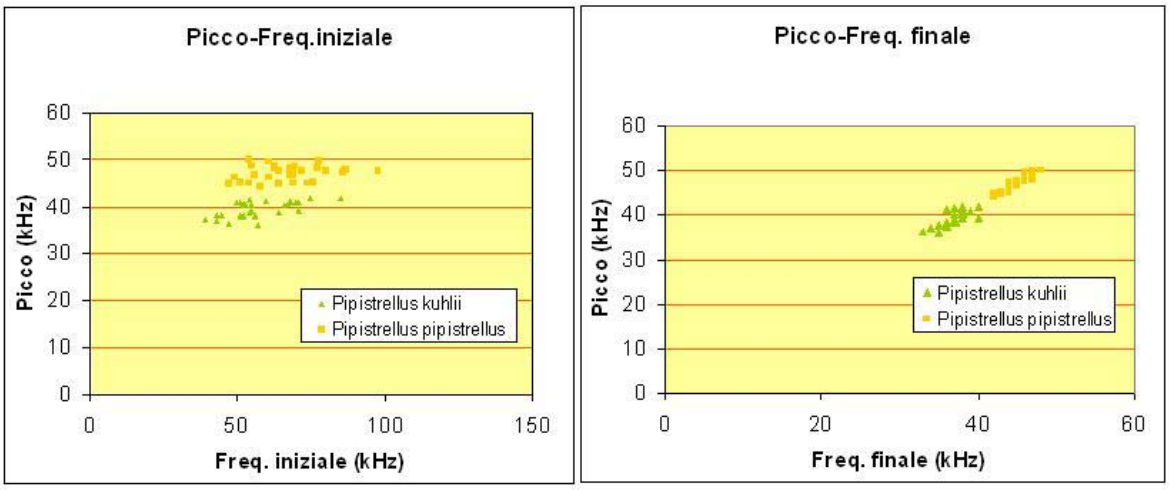


Fig. 9- Grafici di distribuzione del picco in *Pipistrellus pipistrellus* e *Pipistrellus kuhlii.*

I grafici di dispersione (Fig. 10a e 10b) invece mostrano come vengano graficamente separate le due entità se si considerano il picco e la frequenza iniziale (Fig. 10a), o in modo molto più marcato, il picco e la frequenza finale (Fig. 10b). Il picco sembra essere il parametro maggiormente discriminante e se a questo si aggiunge la frequenza finale abbiamo una distinzione praticamente netta.



a) b)

Fig.10- Grafici di dispersione dei valori del picco in funzione della frequenza iniziale (a) e del picco in funzione della frequenza finale (b).

Per verificare quanto detto è stata effettuata una analisi multivariata (DFA). Considerati inizialmente tutti i parametri, l'opzione di backward stepwise ha eliminato il parametro INTEVALLO (per il quale l'analisi della varianza non aveva evidenziato significatività) e la FREQUENZA INIZIALE (in quanto già specificata dalla FREQUENZA FINALE e dalla BANDA). La funzione discriminante risulta quindi essere specificata dalle variabili FREQUENZA FINALE, PICCO, DURATA, BANDA.

I coefficienti di tali variabili sono:

	Coefficienti	Coefficienti standardizzati
Costante	35.038	
FREQ. FINALE	0.246	0.398
PICCO	0.554	0.915
DURATA	0.253	0.703
BANDA	-0.026	-0.286

Tab. 10- Coefficienti e coefficienti standardizzati che specificano la funzione discriminante.

Come risulta dalla Tab. 10, e a conferma di quanto detto in precedenza, il picco è il parametro maggiormente discriminante, seguito da durata e frequenza finale.

Una funzione discriminante così costituita ha permesso di classificare tutti i 31 segnali prelevati da sequenze di ecolocalizzazione emesse da *Pipistrellus kuhlii* come appartenenti a tale specie e un risultato analogo è stato raggiunto per le 30 sequenze di *Pipistrellus pipistrellus* (Wilks' lamba=0.094; $F_{4,56}$=135.47; P<0.05). Non ci sono quindi stati errori di classificazione e l'Analisi della Funzione Discriminante (DFA) discrimina al 100% (cioè con una probabilità di errore dello 0%) i segnali di ecolocalizzazione appartenenti alle due specie prese in esame.

4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

4. 1 Identificazione acustica: un confronto fra due approcci antitetici

L'identificazione bioacustica delle specie contattate per questo studio si è basato sul metodo e sulle indicazioni fornite da Barataud (1996 e 2002) la cui concezione è basata sul fatto che, nonostante la plasticità di struttura più o meno marcata dei segnali di ecolocalizzazione delle specie (Obrist et al., 2004), si possano riconoscere dei segnali diagnostici. Ad esempio alcuni segnali di *Hypsugo savii* in attività di caccia possono essere confusi con segnali di *P. kuhlii* in transito, ma un segnale con picco a 39 kHz, durata di 5 ms, intervallo di 80 ms e banda di 20 kHz non può che essere un segnale di *P.kuhlii*.

Baratuad cerca quindi in ogni sequenza di ecolocalizzazione quei segnali che possano permetterne l'identificazione. La situazione è per alcuni gruppi molto complicata poiché le distribuzioni dei valori dei parametri del suono sono sovrapposte tra molte specie. Barataud (in prep.) assegna una tipologia di segnale a tre specie equamente probabili: *M.mystacinus/brandtii/daubentonii/emarginatus*. Molto spesso è utile l'osservazione dell'attività dell'animale; nella situazione precedente se si osservano animali che cacciano sorvolando la superficie dell'acqua è molto probabile che si tratti di un *M. daubentonii*; se ad esempio è stato precedentemente possibile marcare alcuni individui si può valutare quanto questi passano vicino agli ostacoli per predire in anticipo la struttura che ci si può attendere. Oppure per alcuni generi si può fare riferimento ai segnali sociali che sono altamente diagnostici (Pfalzer, 2003), ma non sono emessi con continuità. Quando non è possibile tuttavia determinare con sicurezza la specie l'operatore deve, per rigore scientifico, limitarsi a definire il genere o assegnare il contatto a un gruppo di specie o eventualmente ad una specie non determinata. Attenendoci al massimo di rigore possibile, siamo stati in grado di identificare con tale metodo una altissima percentuale di contatti.

Il metodo manca tuttavia di oggettività e si basa fondamentalmente sulle capacità dell'operatore e sulla sua esperienza. I risultati non sono confrontabili e non è possibile definirne delle soglie di accettazione

Al contrario l'Analisi della funzione discriminante è un metodo oggettivo, confrontabile e di altissimo rigore scientifico. I risultati ottenuti in questo lavoro sono ottimali, poiché i segnali sono correttamente attribuiti alla specie *P.pipistellus* o *P.kuhlii* nel 100% dei casi. I risultati di lavori analoghi (Russo e Jones, 2002) riportano probabilità di poco inferiori per le stesse specie. Per altre specie i risultati sono invece scoraggianti: si pensi che *M.mystacinus* è determinato correttamente solo nel 38% dei casi. Molte specie non raggiungono il 70% (*Myotis emarginatus*, *Eptesicus serotinus*, *Nyctalus leisleri*) e solo le specie del genere *Pipistrellus* e il *Miniopterus schreibersii* superano il 90%. Parson e Jones

(2000) hanno costruito 3 funzioni discriminanti di cui una per 5 specie del genere *Myotis*, una per 2 specie del genere *Nyctalus*, una per 2 specie del genere *Pipistrellus*, ottenento tassi di corretta identificazione rispettivamente del 72, 82, 91%, ma 5 delle specie non raggiungono l'80%. Si consideri che una probabilità pari a 0,8 è il valore minimo stabilito dagli autori per definire come statisticamente significativi i risultati.

Tali valori di probabilità si ottengono campionando casualmente i segnali di sequenze emesse da individui di specie nota e a questo metodo si possono presentare due opposizioni:

a. Le sequenze registrate appartengono a animali in uscita dal roost o liberati dopo cattura (solo raramente da animali in attività di foraggiamento) e in queste situazioni il comportamento bioacustico è diverso da quello utilizzato per la caccia. Quindi un errore di fondo è stato campionare da segnali di origine diversi in struttura da quelli che devono essere analizzati.
b. Il segnale campionato, essendo casuale, può avere caratteri intermedi tra due specie.

Quindi una prima differenza tra i due metodi è che Barataud analizza la sequenza nel complesso, la DFA prende in considerazione un singolo segnale limitando le possibilità di campionare uno dei segnali caratteristici.

In ogni area di studio è presente una comunità di Chirotteri composta da un certo numero di specie, quindi se ne si conosce la composizione si può creare una funzione discriminante che consideri solo le specie presenti. La situazione studiata da Russo e Jones (2002) è molto semplificata rispetto alla realtà italiana in quanto considera 22 specie sul totale delle 35 italiane. Maggiore è il numero di specie considerate e maggiori sono le probabilità di errori di classificazione; ma se diminuiamo il numero di specie considerate perdiamo informazioni sulla presenza delle specie escluse. Russo e Jones hanno per esempio considerato solo 7 specie di *Myotis* e hanno escluso la presenza di *P.nathusii* perché poco presente in Italia meridionale. Ogni area di studio richiede la costituzione di una funzione discriminante a sé per migliorare le prestazioni del metodo; al contrario il metodo "Barataud" richiede sforzi di apprendimento notevoli, ma diventa applicabile a ogni realtà locale almeno in Europa. Per un'area come il Parco Capanne di Marcarolo dove la presenza più cospicua è quelle delle specie *P.pipistrellus* e *P.kuhlii* il metodo della DFA si può considerare una buona approssimazione della situazione reale, ma un suo utilizzo sarebbe comunque una semplificazione eccessiva e si perderebbero preziose informazioni di presenza che invece il metodo da noi seguito ci ha permesso di ottenere.

Per concludere entrambi i metodi presentano dei vantaggi e degli svantaggi: il carattere di oggettività e confrontabilità dei risultati giocano a vantaggio della DFA così come la richiesta di un minore sforzo di apprendimento dello studioso di campo. Al contrario la possibilità della valutazione complessiva della sequenza e della sua struttura sembra permettere un più ampio spettro di applicazione del metodo e bypassa, quando possibile, il problema legato alla variabilità intrinseca di segnali di ecolocalizzazione.

4.2 Indagine sull'utilizzo dell'habitat della chirotterofauna nel Parco Capanne di Marcarolo: un confronto con altre realtà italiane ed europee.

Sebbene la conservazione dei Chirotteri sia contemplata da diverse convenzioni e direttive di ambito europeo (si ricordano tra tutte la Convenzione di Bonn e la Direttiva "Habitat") le informazioni su questo gruppo tassonomico sono molto scarse. In particolare negli ultimi anni, dato l'impatto sempre maggiore delle attività antropiche su tutta la fauna selvatica, si presta sempre più attenzione non solo alla protezione degli individui e dei siti di rifugio, ma anche agli habitat utilizzati per tutte le attività biologiche.

Per i Chirotteri si è imposta quindi l'esigenza di salvaguardare oltre ai siti riproduttivi, di svernamento e di rifugio, anche gli habitat di foraggiamento. E' quindi indispensabile svolgere studi che permettano di identificare gli habitat preferiti a tale scopo sia a livello globale di chirotterofauna sia valutando le esigenze di ogni specie. Considerando la realtà europea ci si rende conto di come le conoscenze siano frammentate e rivolte a realtà locali (Russo e Jones, 2003; Carmel e Safriel, 1997) oppure a singole specie o piccoli gruppi (Bartonička e Řehàc, 1997; Aihartza et al., 2003). Si auspica quindi uno sforzo di ricerca coordinato per la stesura e l'applicazione di linee guida comuni. Dopotutto il lavoro di Lustrat (2001) sottolinea come sia fondamentale rivolgere l'attenzione a tutti i livelli di indagine di utilizzo dell'habitat (realtà locali, nazionali, europee ed extra-europee) poiché non sempre è possibile riconoscere una netta congruenza nei risultati.

Il Parco Capanne di Marcarolo è un'area di studio di rilevante importanza. Come già in precedenza evidenziato, esiste infatti un unico esempio di studio sulle preferenze ambientali dei Chirotteri italiani. Si tratta del lavoro di Russo e Jones (2003) che hanno svolto il loro lavoro nelle regioni dell'Italia del Sud in ambiente mediterraneo. Per quanto concerne le rimanenti regioni non sono mai state condotte indagini similari. Il presente lavoro è quindi di fondamentale interesse sia perché fornisce nuove indicazioni di sfruttamento degli habitat, sia perché è stato condotto in un'area peculiare. Il Parco Capanne di Marcarolo è situato in ambiente appenninico a cavallo tra la regione

mediterranea e la regione padana e prealpina. Questo fa sì che siano riscontrabili al suo interno microclimi e microhabitat unici che danno origine ad una elevata biodiversità in termini di numero di specie (17 specie di Chirotteri in un'area di poco più di 8000 ettari sul totale delle 35 specie italiane). L'abbondanza di tali specie è però decisamente bassa, fatte eccezione le due specie *Pipistrellus pipistrellus* e *Pipistrellus kuhlii*, probabilmente a causa dell'intervento antropico avvenuto soprattutto in anni passati che ha influito sulla composizione arborea e forestale del Parco. Sono quindi auspicabili interventi di conservazione e gestione per un'area che potrebbe essere in grado di supportare una consistente comunità di Chirotteri.

I risultati ottenuti per l'area di studio sono in buona parte concordi con quanto risulta dai dati bibliografici relativi ad altre realtà. Gli alti Indici di Frequentazione Orario mostrano che gli habitat maggiormente sfruttati sono le aree urbane e gli ambienti con presenza di acqua. Questi ultimi, come noto, sono utilizzati dagli animali per abbeverarsi e quindi sono ricchi di individui e generalmente di specie (Russo e Jones, 2003; Lustrat, 2001) e sono positivamente selezionati (Wash e Harris, 1996). Oltre all'approvvigionamento idrico questi ambienti forniscono anche risorse trofiche: sono infatti ricchi di larve di insetti i cui primi stadi di sviluppo necessitano di acqua e di avannotti che possono essere predati da alcune specie di Chirotteri tra cui *Myotis capaccinii* e *Myotis daubentonii*, quest'ultimo contattato nel Parco esclusivamente in questo habitat. Si consideri inoltre che per questo lavoro non è stata fatta una distinzione tra habitat strettamente acquatici o habitat ripariali (dove sono ospitate elevate densità di insetti). Quindi tra i contatti registrati vicino all'acqua sono comprese sia specie legate per esigenze trofiche ad habitat acquatici (*Myotis daubentonii*) sia animali in attività di caccia tra la vegetazione sulla riva dei fiumi. Per quanto concerne le aree urbane si deve tenere conto del fatto che il 92 % dei contatti in questo habitat è stato attribuito a *Pipistrellus pipistrellus* o *Pipistrellus kuhlii*, che sono due specie considerate come strettamente legate a aree antropiche (Lustrat, 2001) quindi i risultati complessivi ne sono molto influenzati. In tali ambienti le specie sono attratte in particolare dalle fonti luminose dove si possono trovare considerevoli quantità di insetti. Oltre alle due specie citate le altre associate a questo habitat sono *Hypsugo savii* e *Pipistrellus nathusii* (per le quali si è registrato un numero esiguo di contatti), il genere *Nyctalus* e la specie *Eptesicus serotinus,* che non sono mai state rilevate nei centri abitati del Parco, e *Tadarida teniotis* che, sebbene non sia mai stato contattato durante i rilevamenti in questo habitat, è stato spesso sentito cacciare in centri abitati nei pressi del Parco. Le aree urbane sono una buona fonte di rifugi oltre che di cibo per le stesse specie

citate in precedenza. Tali rifugi sono situati nelle abitazioni (sottottetti, crepe nei muri, cassettoni delle tapparelle) o nei monumenti le cui condizioni di spazio e temperatura sono spesso idonee a ospitare piccole colonie o singoli individui. L'attività di monitoraggio dei Chirotteri del Parco parallela allo studio da noi condotto ha permesso, tramite cattura, di individuare un rifugio estivo misto di *Pipistrellus pipistrellus* e *Pipistrellus pygmeus* (casa del custode dei Laghi della Lavagnina) e uno che ospita oltre alla specie *Pipistrellus pipistrellus*, alcuni individui di *Eptesicus serotinus* (cappella dell'Assunta).

Gli ambienti boschivi seguono in ordine di importanza quelli appena citati. Non stupisce che l'Indice di Frequentazione Oraria sia elevato per i boschi di latifoglie, che sono noti ospitare una alta ricchezza di specie (Russo e Jones, 2003) e sono selezionati positivamente (Wash e Harris, 1996). Questo habitat ospita una ricca entomofauna, offre protezione dai predatori e le specie forestali (gen. *Nyctalus*, *Barbastella barbastellus*) possono trovare rifugi nelle cavità degli alberi. Lo scarso sviluppo delle specie arboree nell'area, dovuto all'attività antropica e alla composizione del substrato, non è però in grado di fornire rifugi ottimali per queste specie che richiedono fusti di grosse dimensioni e maturi dove si possano creare fenditure e crepe o dove la corteccia sia distaccata dal tronco. Sono pochissimi gli esemplari arborei che soddisfino tali requisiti e come conseguenza sono scarse le segnalazioni di quelle specie di Chirotteri considerate forestali.

E' invece interessante notare come l'Indice di Frequentazione Oraria nei boschi di conifere sia paragonabile a quello dei boschi di latifoglie. Infatti in tutti i lavori già citati questo risulta un ambiente poco utilizzato e con un bassissimo numero di specie (Russo e Jones, 2003) e selezionato negativamente (Wash e Harris, 1996). Inoltre Lustrat (2001) segnala solo *Pipistrellus pipistrellus* e *Pipistrellus kuhlii*, *Eptesicus serotinus* e *Nyctalus leisleri* come specie che frequentano questo habitat. Oltre a queste specie in questo lavoro si evidenziano contatti di *Hypsugo savii* (non contemplato da Lustrat, 2001), *Plecotus* sp. e *Myotis emarginatus*. Le ultime due sono in genere considerate specie di ambienti aperti (praterie e radure). Il rimboschimento a conifere che è stato avviato negli ultimi decenni nell'area in seguito a periodi di imponenti disboscamenti ha dato buoni risultati (sebbene anche i boschi di conifere non possano dirsi rigogliosi) e forse, a fronte della povertà dei boschi di latifoglie, sono in grado di supportare una fonte trofica almeno pari a quella che si ha in questi ultimi.

Negli ambienti boschivi sono state contattate 9 delle 11 specie rilevate nell'area di studio.

I rimanenti ambienti indagati (prati da sfalcio, praterie, aree a vegetazione in evoluzione) hanno tutti bassi Indici di Frequentazione Oraria. Nei primi due casi si tratta di habitat aperti che sono evitati da molte specie di Chirotteri. Inoltre lo sfruttamento intensivo dei

prati da sfalcio riduce la biodiversità dell'entomofauna. Le praterie ospitano invece un basso numero di specie vegetali e questo si rispecchia in una bassa variabilità di specie di insetti. La vegetazione di altezza ridotta delle aree a vegetazione in evoluzione non soddisfa le esigenze di molti Chirotteri facendo quindi registrare pochi contatti. I confronti con altri studi sono omogenei con i risultati qui ottenuti (Russo e Jones, 2003). Inoltre il lavoro di Wickramasinghe et al. (2003), evidenzia come sia scarsa l'attività sulle aree coltivate in aziende agricole convenzionali (come quelle del Parco) rispetto all'attività in aziende agricole organiche per fattori legati all'impoverimento da sfruttamento intensivo e l'uso di fitofarmaci.

La selezione dell'habitat nelle specie *Pipistrellus pipistrellus* e *Pipistrellus kuhlii* segue le indicazioni che già si riscontrano in letteratura. Esse sono state contattate in tutti gli ambienti indagati (ad eccezione della mancanza di rilevamenti per *Pipistrellus kuhlii* sui prati da sfalcio). Si possono quindi considerare specie generaliste. Questo sembra favorito dalla plasticità di struttura dei loro segnali di ecolocalizzazione (Kalko et al., 1993). I segnali di struttura FM appiattita possono essere adattati a situazioni che richiedono una immagine dettagliata dell'habitat (alte frequenze, banda larga, breve durata per ambienti chiusi come un bosco) o una immagine meno dettagliata (basse frequenze, banda stretta, lunga durata per la caccia in ambienti con meno ostacoli). La selezione positiva degli ambienti prossimi all'acqua in *P.pipistrellus* e negativa per *P.kuhlii* si può attribuire alla attività di caccia consistente per la prima specie in ambienti riparali (Warren et al., 2000). Entrambe le specie selezionano positivamente le aree abitate con fonti luminose. Questa spiccata antropofilia, già spesso individuata (Lustrat, 2001), fa sì che queste due specie non abbiano consistenti problemi di conservazione poichè sostituiscono, ad habitat naturali con scarse risorse trofiche, ambienti antropizzati con risorse più abbondanti.. E' interessante la possibilità di competizione esclusiva tra *Pipistrellus pipistrellus* e *Rhinolophus hipposideros* (Arlettaz et al., 2000). La dieta di queste due specie coincide nei mesi di Aprile e Maggio che sono mesi critici poiché precedono i parti; gli insetti prede del ferro di cavallo minore verrebbero attratte dalle fonte luminose in ambienti urbani dove caccia *Pipistrellus pipistrellus* ma non *Rhinolophus hipposideros* che è altamente selettivo data la struttura dei suoi segnali di ecolocalizzazione. E' stato ipotizzato che questo possa essere una causa nella riduzione delle popolazioni europee del ferro di cavallo minore e questo può essere vero anche per questa area di studio dove *P.kuhlii* è molto abbondante.
I risultati di Lustrat (2001) sottolinenano come comunque *Pipistrellus kuhlii* sia molto più legato agli habitat antropici rispetto a *Pipistrellus pipistrellus*. Infatti anche nel Parco *P.*

kuhlii seleziona positivamente, oltre ai centri abitati, solo i rimboschimenti a conifere mentre per *P. pipistrellus* si ha selezione positiva anche per i boschi di latifoglie e la vegetazione vicino all'acqua. Fatta eccezione per la situazione dei boschi di conifere i risultati sono concordi con i dati di bibliografia (Lustrat, 2001; Russo e Jones, 2003; Allyson e Harris, 1996).

4.2 Implicazioni per la gestione e la conservazione

Le tipologie ambientali del Parco e del SIC che dovrebbero essere salvaguardate e implementate per la conservazione della chirotterofauna sono quindi gli ambienti forestali, in particolare i boschi di latifoglie, e gli ambienti vicino ai corsi d'acqua. La bassa presenza antropica in anni recenti ha permesso che, nonostante i pesanti interventi sul patrimonio forestale nei secoli scorsi, si sia potuta ricostituire una copertura boschiva pressoché continua, quindi il problema della frammentazione non è consistente nell'Area protetta. La gestione forestale dovrebbe ridurre al minimo gli interventi: non ripulire il sottobosco da rami e foglie (per creare microhabitat idonei a una folta comunità di insetti) e permettere la rigenerazione spontanea delle nuove piante. Non eliminare assolutamente gli alberi maturi (ormai in numero esiguo nell'area) che forniscono rifugi per i Chirotteri e ospitano una ricca entomofauna. I margini dei boschi dovrebbero essere salvaguardati e implementati anche creando corridoi e radure all'interno dell'area boscata; spesso infatti non è il fitto del bosco che viene selezionato (in un ambiente troppo chiuso può infatti essere difficile muoversi e cacciare di notte), ma i margini di esso (Wash e Harris, 1996) dove la ricca comunità di prede, supportata dal così detto "effetto margine", attira una vasta gamma di specie di Chirotteri (Lustrat, 2000). A questo proposito, dove i boschi sono prossimi ad aree utilizzate dall'uomo, bisognerebbe controllare l'uso dei fitofarmaci (così come in tutto il resto dell'area) mantenendo almeno un intervallo di spazio di qualche metro tra il sito di applicazione del prodotto e il margine del bosco (Entwistle et al., 2001). Sarebbe auspicabile l'avvento delle pratiche agricole organiche (o biologiche dove non è consentito l'uso di prodotti chimici) su quelle tradizionali (Wickramasinghe, 2003).

Poiché lo scarso sviluppo arboreo non permette la formazione di rifugi per le specie forestali, si potrebbe provvedere a installare nell'area dei nidi artificiali per aumentare le popolazioni di Nottole e della specie *Barbatella barabastellus* (in Allegato II della Direttiva "Habitat") che, sebbene presenti nel Parco, sono molto rare.

La gestione degli habitat acquatici è legata alla conservazione degli ambienti riparali oltre che alla qualità delle acque. Bisognerebbe ridurre al minimo l'uso dei fertilizzanti ricchi in azoto e fosfati soprattutto vicino ai fiumi per ridurne il carico organico e allo stesso modo

evitare di convogliare scarichi urbani o agricoli. Lo stato delle acque dei fiumi dell'area è soddisfacente ma l'eventuale progredire del processo di eutrofizzazione sarebbe dannoso per alcune delle specie che si cibano in ambienti acquatici. *M.daubentoni* pare avere una dieta associata ad insetti resistenti all'inquinamento delle acque e la sua presenza tende ad aumentare in acque ricche di componente organico, ma per *P.pipstrellus* si sono registarti forti cali di attività (Vaughan, 1996). Gli ambienti riparali sono fondamentali per la funzionalità dei fiumi come corridoi ecologici o elementi lineari, oltre a fornire in abbondanza risorse trofiche. Molte specie sono associate a questo habitat tra cui le due specie criptiche *P. pipistrellus* e *P. pygmaeus* (Lustrat, 2001). Per la seconda si hanno dati di presenza per cattura presso il roost, ma mancano i rilevamenti con il bat detector e non si conoscono gli habitat di caccia nel Parco.

Gli interventi di gestione e manutenzione delle sponde dovrebbero, se necessari, riguardare aree ristrette e essere effettuati in periodi alternati sui due lati e provvedere a reinstaurare la vegetazione ripariale dove questa dovesse venire eliminata (Entwistle, 2001). Operazioni di canalizzazione o il drenaggio dell'alveo fluviale porterebbero a brusche variazioni di portata contribuendo a creare zone di turbolenza del flusso che sono evitate anche dalle specie tipiche dell'habitat (Warren et al., 1998).

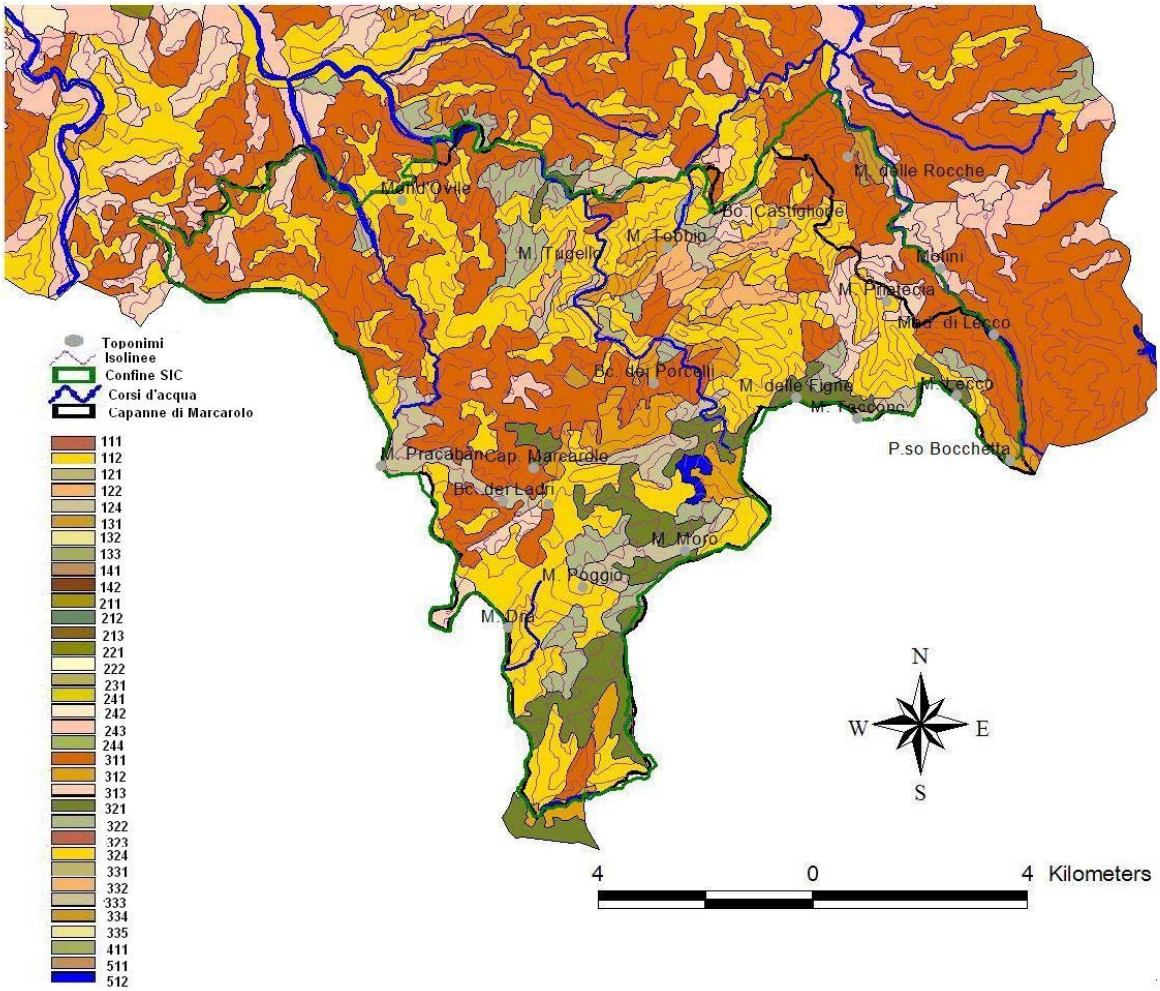
Le zone aperte, quali praterie e prati, potrebbero ospitare una chirotterofauna più ricca se si provvedesse a piantare alberi che potessero fungere da elemento lineare di connessione tra patches, non solo per i Chirotteri ma per molte specie animali. Allo stesso modo i boschi di conifere potrebbero diventare ancora più idonei se si provvedesse alla creazione di boschi misti inframezzando esemplari di latifoglie (Entwistle, 2001).

Una ultima considerazione per quanto riguarda le aree abitate è riferita al posizionamento di fonti luminose che sarebbe ottimale posizionare lontano dal margine degli ambienti boscati, per evitare che l'attrazione degli insetti dai boschi alle fonti di luce facesse diminuire il valore trofico dei primi. In questo modo si avrebbe buona disponibilità di prede sia per le specie antropofile (gen. *Pipistrellus*, *Hypsugo*, *Eptesicus*) sia per le specie vulnerabili e selettive come i Rinolofidi (in Allegato II della Direttiva "Habitat").

Infine è auspicabile continuare un costante lavoro di monitoraggio per indagare e ottenere informazioni sulle preferenze ambientali di specie presenti nell'area, ma mai contattate in attività di caccia come *Rinolophos hipposideros*, *R. ferrumequinum*, *P.pygmaeus*, *Myotis myotis/blythii*, *Barbastella barbastellus*.

APPENDICE I

Capanne di Marcarolo



Legenda codici Corine Land Cover III livello: 111=tessuto urbano continuo; 112=tessuto urbano discontinuo; 121=aree industriali o commerciali; 122= reti stradali e ferroviarie e spazi accessori; 124=aeroporti; 131=aree estrattive; 132=discariche; 133=cantieri; 141=aree verdi urbane; 142=aree sportive e ricreative; 211=seminativi in aree non irrigue; 212=seminativi in aree irrigue; 213=risaie; 221=vigneti; 222=frutteti e frutti minori; 231=prati stabili; 241=colture annuali associate a colture permanenti; 242=sistemi colturali e particellari complessi; 243= aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali (formazioni vegetali naturali,boschi, lande, cespuglieti, bacini d'acqua, rocce nude, ecc.) importanti; 244=aree agroforestali; 311=boschi di latifoglie; 312=boschi di conifere; 313=boschi misti; 321=aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota; 322=brughiere e cespuglietti; 323=aree a vegetazione sclerofilla; 324=aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione; 331=spiagge, dune, sabbie (più larghe di 100 m); 332=rocce nude, falesie, rupi, affioramenti; 333=aree con vegetazione rada; 334=aree percorse da incendi; 335=ghiacciai e nevi perenni; 411=paludi interne; 511=corsi d'acqua, canali e idrovie; 512=bacini d'acqua.

BIBLIOGRAFIA

- AIHARTZA J.R., GARIN I., GOITI U., ZABALA J., ZUBEROGOITIA I., 2003**.** *Spring habitat selection by the Mediterranean Horseshoe Bat (*Rhinolophus euryale*) in the Urdaibai Biosphere Reserve (Basque Country.* Mammalia, 1:25-32

-AIRAS M., 2000.*Echolocation in bats.* HUT, Laboratory of Acoustics and Audio Signal Processing

-AGNELLI P., A. MARTINOLI, E. PATRIARCA, D. RUSSO, D. SCARAVELLI E P. GENOVESI (a cura di), 2004. *Linee guida per il monitoraggio dei Chirotteri: indicazioni metodologiche per lo studio e la conservazione dei pipistrelli in Italia.* Quad. Cons. Natura, 19, Min. Ambiente - Ist. Naz. Fauna Selvatica.

-ARLETTAZ R., GODAT S.., HARRY M., 2000. *Competition for food by expanding pipistrelle bat populations (*Pipistrellus pipistrellus*) might contribute to the decline of lesser horseshoe bats* (Rhinolophus hipposideros). Biological Conservation. 93:55-60

-BARATAUD M., 1996. *Ballades dans l'inaudible-Identification acoustique de le chauves-suoris de France.* Sittelle

-BARATAUD M., 2002. *Acoustic method for European bats identification*. Sittelle

-BARTONIČKA T., ŘEHÁK Z., 2004. *Flight activity and habitat use of* Pipistrellus pygmaeus *in a floodplain forest*. Mammalia. 68(4):365-375

-CARMEN Y., SAFRIEL U., 1998. *Habitat use by bats in a mediterranean ecosystem in Israel-conservation implication.* Biological Conservation. 84(3):245-250

-DIETZ C, VON HELVERSEN O., 2004. *Illustrated identification key to the bats of Europe*. Elettronic Pubblication

-ENTWISTLE A. e altri, 2001. *Habitat managemet for bats*. Jin Natura Conservation Committee.

-GULINO G., 1939. *I Chirotteri del Piemonte*. Boll. Mus. Reg. Sci. nat. Torino . 47:1-43

-GULINO G., DAL PIAZ G.B., 1939. *I Chirotteri Italiani. Elenco delle specie con annotazioni sulla loro distribuzione e frequenza nella penisola*. Boll. Mus. Reg. Sci. nat. Torino. 47(3) 91:61-103

-Il Parco Naturale Capanne di Marcarolo- *Un invito alla scoperta lungo i suoi sentieri*. Studio Cartografico Italiano-Genova.

-JENKINS E.V., LAINE T., MORGAN S. E., COLE K.R., SPEAKMAN J.R., 1998. *Roost selection in the pipistrelle bat*, Pipistrellus pipistrellus *(Chiroptera: Vespertilionidae), in northeast Scotland.* Animal Behaviour 56:909-9917.

-JONES G., 1990. Prey selection by the greater horseshoe bat *(Rhinolophus ferrumequinum*): optimal foraging by echolocation? . Anim. Ecol., 59: 587-602.

-JONES K. E., BARRAT E. M., 1999. *Vespertilio pipistrellus* Schreber, 1774 and *V. pygmaeus* Leach, 1825 (currently *Pipistrellus pipistrellus* and *P. pygmaeus*; Mammalia, Chiroptera): Proposed designation. Bulletin of Zoological Nomenclature, 56(3): 182-186.

-KALKO E., SCHNITZLER H., 1993. Plasticity in echolocation signals of European pipistrelle bats in search flight: implications for habitat use and prey detection. Behav. Ecol. Sociobiol. 33: 414–428.

-LANZA B, FINOTELLO Pp.l., 1985. *Biogeografia dei Chirotteri Itlaliani*. Boll. Mus Reg. Sci. Nat. Torino. 3(2):389-419.

-LIMPENS H., AGATE J., 2003. *The Bat Conservation Trust's International Workshop 8 th – 10 th September 2003*. Albi, France

-LIMPENS H., KAPTEYN, K. 1991. *Bats, their behaviour and linear landscape elements*. Myotis 29: 39-48.

-LUSTRAT P., 2001. *Rapport d'etude 1995-2001- Milieux exploites par le chiropteres en activite de chasse.*

-MANLY F., MCDONALD L.,THOMAS D., 1993. *Resource selection by animals*. Chapman & Hall, London.

-OBRIST M., BOESCH R., FLÜCKIGER P., 2004. *Variability in echolocation call design of 26 Swiss bat species:consequences,limits and options for automated field identification with a synergetic pattern recognition approach*. Mammalia 68(4):307-322

-PARCO NATURALE DELLE CAPANNE DI MARCAROLO, 2003-*Progetto di Studio e Gestione della Biodiversità in Ambiente Appenninico.* Parco Naturale delle Capanne di Marcarolo

-PARSONS S., JONES G., 2000. *Acoustic identification of twelwe species of echolocation bat by discriminant function analysis and artificial neural networks.* The Journal of Experimental Biology 203, 2641–2656

-PFALZER G., KUSCH J., 2003. *Structure and variability of bat social calls: implications for specificity and individual recognition*. J. Zool., Lond. 261: 21–33 C

-RACHWALD A., WODECKA K., MALZAHN E., KLUZI Ń SKI L., 2004. *Bat activity in coniferous forest areas and the impact of air pollution*. Mammalia 68(4):445-453

-RUSS J.M., MONTGOMERY W.I., 2002. *Habitat associations of bats in Northern Ireland: implications for conservation.* Biological Conservation 108:49–58

-RUSSO D., JONES G, 2002. *Identification of twenty-two bat species (Mammalia: Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls.* J. Zool., Lond. 258:91-103

-RUSSO D., JONES G., 2003. *Use of foraging habitats by bats in a Mediterranean area determined by acoustic surveys: conservation implications.* Ecografy 26: 197–209, 2003

-RUSSO D., CISTRONE L., GAROFANO F., MASTROBUONI G., 2002- *Caratterizzazione bioacustica di Pipistrellus pipistrellus (Schreber, 1774) e Pipistrellus pygmaeus (Leach, 1825) e prima segnalazione di Pipistrellus nathusii (Keyserling & Blasius, 1839) per il Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise*. Boll. Mus. Reg. Sci. Nat. Torino

-SINDACO R., BARATTI N., BOANO G., 1992-*I Chirotteri del Piemonte e della Valle d'Aosta.* Hystrix, 4(1):1-40

-SINDACO R, MONDINO G.P., SELVAGGI A., EBONE A., DELLA BEFFA G, 2003. *Guida al riconoscimento di ambienti e specie della Direttiva "Habitat" in Piemonte*. Regione Piemonte.

-SPEAKMAN J.R., 2001. *The evolution of flight and echolocation in bats: another leap in the dark.* Mammal Review.31(2):111-130

-TOFFOLI R., 2003-*I Chirotteri del Parco Naturale delle Capanne di Marcarolo*. Relazione inedita, Parco Naturale delle Capanne di Marcarolo

-TOFFOLI R., 2002. *Il* Rhinolophus hipposideros *in provincia di Cuneo: status e distribuzione.* Memorie del Museo della Riserva Naturale Orientata di Onferno N..2

-VAUGHAN N., JONES G., HARRIS S., 1996.*Effect of sewage effluent on the activity of bats (Chiroptera: vespertilionidae) foraging along rivers*. Biological Conservation 78:37-343

-VERBOOM, HUITEMA, 1997. *The importance of linear landscape elements for the pipistrelle* Pipistrellus pipistrellus *and the serotine bat* Eptesicus serotinus. Landscape Ecology, 12(2): 117-125

-WARREN R., WATERS D., ALTRINGHAM J. , BULLOCK D., 2000. *The distribution of Daubenton's bats (*Myotis daubentonii*) and pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*) (Vespertilionidae) in relation to small-scale variation in riverine habitat*. Biological Conservation 92: 8-91

-WASH A., HARRIS S., 1996. *Foraging habitat preferences of Vespertilionid bats in Britain*. Journal of Applied Ecology. 33:508-518

-WICKRAMASINGHE L. P.,HARRIS S., JONES G.,VAUGHAN N., 2003.*Bat activity and species richness on organic and conventional farms: impact on agricultural intensification*. Journal of applied ecology. 40:984-993.