

Comunità ornitiche e funzioni ecologiche: analisi delle relazioni in aree campione della Provincia di Rimini

FABIO PRUSCINI

DAVIDE SISTI

MARCO BRUNO LUIGI ROCCHI

RICCARDO SANTOLINI

Università di Urbino, Campus Scientifico E. Mattei, 61029 Urbino

E-mail: fabio.pruscini@uniurb.it - davide.sisti@uniurb.it - marco.rocchi@uniurb.it - riccardo.santolini@uniurb.it

RIASSUNTO

Gli uccelli sono un gruppo tassonomico il cui utilizzo come indicatore ambientale è riconosciuto ed è applicato a livello internazionale. L'obiettivo di questa ricerca è quello di studiare la relazione tra l'uso degli uccelli come indicatori e le funzioni ecologiche espresse in aree campione della Provincia di Rimini. Attraverso l'applicazione dell'analisi delle classi latenti, sono state individuate le comunità presenti che sono state poi caratterizzate attraverso le specie che le compongono e mediante gli indici descrittivi di comunità. Parallelamente si è proceduto ad una valutazione delle capacità delle diverse tipologie d'uso del suolo nelle aree campionate di sviluppare funzioni ecologiche/servizi ecosistemici. Tali valori sono stati posti in relazione con le comunità ed i propri indici descrittivi attraverso un analisi GLM. I risultati evidenziano una forte correlazione fra le variabili considerate, rivelando come ciascuna comunità sia caratterizzata da differenti specie, da diversi indici descrittivi di comunità e soprattutto si distribuisca in ambiti territoriali in grado di fornire determinati servizi ecosistemici, mettendo in evidenza come i Passeriformi possano essere considerati indicatori ambientali anche delle funzioni ecologiche (servizi ecosistemici).

Parole-chiave: Biodiversità, Servizi ecosistemici, Funzioni ecologiche, Passeriformi, Classi latenti.

ABSTRACT

Avian community and ecological functions: analysis of the relationships in sample areas of the Province of Rimini.

Birds are a taxonomic group whose use as an environmental indicator is recognized and applied at international level. The objective of this research is to study the relationship between the use of birds as indicators and the ecological functions expressed in sample areas of the Province of Rimini. Through the application of latent class analysis, the avian communities have been identified and characterized by the species that compose them and through the community descriptors indices. In parallel it has proceeded to an assessment of the types of use of the soil of the sampled areas of developing ecological / ecosystem services functions. These values have been related with the communities and their descriptors indices through a GLM analysis. The results show a strong correlation between the variables considered, revealing how each community is characterized by different species, by different descriptors indices of community and especially is distributed in local areas can provide specific ecosystem services, highlighting how songbirds can be also considered environmental indicators of ecological functions/ ecosystem services.

Key words: Biodiversity, Ecosystem services, Ecological functions, Passerine birds, Latent class.

INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni, a causa del progressivo incremento demografico della popolazione umana a livello globale e dello sfruttamento delle risorse naturali ad esso associato, si sono verificati trasformazioni degli ecosistemi senza precedenti, allo scopo di soddisfare la crescente richiesta di alimenti, acqua potabile, fibre ed energia. Queste trasformazioni hanno contribuito a migliorare la vita di miliardi di persone ma, allo stesso tempo, hanno ridotto la capacità dei sistemi naturali di fornire molti servizi essenziali (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

Secondo molti Autori (COSTANZA, 1997; DE GROOT *et al.*, 2002; WALLACE, 2007), è più probabile che le misure per la

conservazione dei beni naturali abbiano successo se le comunità locali ne saranno direttamente responsabili e consapevoli, ne condivideranno i benefici e saranno coinvolte nei processi decisionali di gestione. Al fine di indurre un utilizzo più consapevole delle risorse naturali, sono stati sviluppati diversi metodi di valutazione economica delle funzioni ecologiche (HAWKINS, 2003). Tuttavia, anche se attualmente esistono le tecniche di valutazione, a volte non è sempre così immediato individuare e quantificare tali servizi.

È già stato verificato (BRADLEY *et al.*, 2006; HECTOR & BAGCHI, 2007) come la biodiversità sia strettamente in relazione con la funzionalità degli ecosistemi, che risultano quindi costituiti da reti trofiche più complesse che garantiscono flussi di energia

più stabili. Similmente, anche Darwin (1859) aveva intuito come le aree caratterizzate da alti valori di ricchezza di specie siano ecologicamente più stabili delle altre. Questo concetto fu sviluppato da TILMAN (1996), il quale propose che l'incremento del numero di specie in un ecosistema può incrementarne le funzioni e la stabilità. Studi più recenti (PETERSON *et al.*, 1998) hanno dimostrato come ogni specie occupi una determinata nicchia ecologica e svolga specifiche funzioni, le quali complessivamente costituiscono le funzioni del sistema stesso. Quindi un ecosistema risulta ecologicamente sano quando sono efficienti le funzioni delle singole specie a tutti i livelli trofici. Queste funzioni potrebbero essere svolte anche da poche specie chiave per livello (LOREAU *et al.*, 2001), ma in questo modo il sistema risulterebbe privo di efficienza nel caso in cui una specie venisse a mancare: un elevato numero di specie per livello trofico (quindi un'elevata biodiversità) garantisce una solida funzionalità e incrementa la capacità di resilienza del sistema, in considerazione anche del fatto che, competendo per le stesse risorse, le specie che occupano lo stesso livello trofico si trovano ad agire a diverse scale, riducendo complessivamente la vulnerabilità degli ecosistemi (PETERSON *et al.*, 1998). Per questi motivi la biodiversità diventa essa stessa parametro di valutazione dei sistemi naturali e delle risorse che possono fornire. La necessità di utilizzare indicatori biologici è sorta negli ultimi anni per rispondere all'esigenza di affiancare ai comuni metodi di indagine strumentale altre metodiche di tipo biologico, che prendano in esame le variazioni indotte in determinati organismi (detti bioindicatori, ISERENTANT & DE SLOOVER, 1976) al fine di monitorare la qualità ambientale.

In questo studio si è deciso di considerare proprio gli Uccelli in quanto sono buoni indicatori ecologici del grado di complessità e di degrado degli ecosistemi terrestri (GREGORY, 2003); Una caratteristica della comunità ornitica che le permette di essere utilizzata come bioindicatore, è la sua stretta dipendenza dalla struttura della vegetazione, a sua volta influenzata dal tipo di gestione in atto. Si tratta inoltre di organismi molti mobili, in grado quindi di rispondere rapidamente alle variazioni ambientali. Gli effetti indotti nelle popolazioni delle diverse specie di Uccelli e i loro effetti sulle comunità sono state già utilizzati come indicatori di variazioni ambientale (JARVINEN & VAISANEN, 1979), in particolare sono riconosciuti a livello europeo come indicatori di qualità degli ambienti agricoli (GREGORY, 2003).

L'obiettivo di questa ricerca è quello di individuare e studiare la relazione che intercorre tra la biodiversità e le funzioni ecologiche dagli ambienti occupati dalla comunità ornitica in esame. Ciò potrebbe permettere di confermare come l'avifauna sia in grado di rivelare le caratteristiche ambientali e candidare gli uccelli a divenire indicatori dei servizi ecosistemici (DE GROOT *et al.*, 2002) forniti dagli ambienti occupati da quelle comunità. Al fine di caratterizzare le diverse comunità di uccelli, sono state analizzate non solo la ricchezza e la frequenza delle specie, ma anche il reciproco grado di associazione fra le specie.

METODI

Censimento dell'avifauna nidificante

Il censimento dell'avifauna presente nell'area di studio è stato svolto attraverso il metodo dei punti di ascolto (BLONDEL *et al.*,

al., 1981). Le stazioni di ascolto sono state distribuite in maniera omogenea su tutta la superficie delle 5 zone campione individuate all'interno della Provincia di Rimini. Le zone sono state localizzate nei tratti di alta, media e bassa valle del fiume Marecchia, e nei tratti di media e bassa valle del fiume Conca (i principali corsi d'acqua della Provincia) (Fig. 1).

Il monitoraggio è stato effettuato durante le stagioni riproduttive 2010 e 2011, nella prima parte del mattino, in condizioni meteorologiche favorevoli e in assenza di vento.

Al fine di calcolare l'Indice puntuale di Abbondanza (IPA) (BLONDEL *et al.*, 1970) per ciascuna specie in tutti i punti di ascolto, la stessa stazione di rilievo è stata monitorata in due momenti: prima parte (dal 15 marzo al 15 di aprile) e seconda parte (dal 15 maggio al 15 giugno) del periodo riproduttivo; ciò permette di aumentare la probabilità di contattare tutte le specie presenti e che possono avere diversi periodi di apice di attività, in funzione della propria fenologia. La prima fase di monitoraggio si è svolta nel mese di marzo e nella prima parte di aprile, mentre la seconda nel mese di maggio ed inizio giugno. Al termine del censimento per ogni punto di ascolto (georeferenziato) sono state indicate le specie presenti e il relativo valore IPA, calcolato sommando i valori IPA di ciascun dato registrato: viene attribuito valore 1 alle singole manifestazioni legate alla nidificazione (canto territoriale, trasporto di materiale...) e 0,5 a tutte le altre. Per ciascuna specie in ciascun punto, è stata considerata la massima abbondanza rilevata nei due ascolti.

Per ogni stazione di ascolto e per le aree di studio sono stati calcolati i seguenti indici descrittivi:

- S: ricchezza specifica, numero di specie;
- P_{tot}: proporzione delle specie presenti in ogni singola area sul totale;
- Nd: numero di specie dominanti (Turcek 1951); rispettivamente, numero delle specie con $p_i > 0,05$;
- Nd/S: rapporto fra specie dominanti sul totale delle specie presenti;
- H: indice di Shannon-Weaver (SHANNON & WEAVER, 1949), è un indice del grado di diversità della comunità: $H' = \sum p_i \ln p_i$
- J: equiripartizione di Pielou (PIELOU, 1966), è un altro indice del grado di diversità: un ambiente in cui tutte le specie hanno abbondanza simile risulta più diversificato di un ambiente in cui vi siano poche specie dominanti e molte specie presenti in modo esiguo: $J = \frac{H'}{\ln S}$

Stima dei servizi ecosistemici

Le aree di studio sono state esaminate mediante GIS, attraverso l'utilizzo della carta dell'uso del suolo della PROVINCIA DI RIMINI (2008). L'analisi è stata svolta considerando la superficie contenuta in un buffer di 250 m attorno a ciascuna stazione di ascolto, così come suggerito da MORELLI *et al.* (2013). Per ogni tipologia d'uso del suolo è stato stimato il valore di performance nello sviluppare funzioni ecologiche/servizi ecosistemici come indicato da SCOLZZI *et al.* (2012), attribuendo a ciascun poligono di uso del suolo cartografato nell'area buffer i relativi valori di performance in maniera proporzionale a ciascuna superficie. Infine, i singoli risultati ottenuti per i diversi poligoni della stessa stazione di ascolto sono stati sommati per avere un

valore finale complessivo per ciascun servizio ecosistemico. Sono stati considerati i valori di performance dei seguenti servizi ecosistemici, la gran parte di Regolazione, cioè quei servizi che derivano da funzioni ecologiche fondamentali dell'ecosistema: Regolazione dei gas atmosferici, Prevenzione dai disturbi, Regolazione del ciclo dell'acqua, Assimilazione degli inquinanti, Regolazione dei nutrienti, Creazione e mantenimento del suolo, Impollinazione; Servizi culturali: Servizi ricreativi, Servizi estetici. Infine è stato calcolato il valore di performance indicativo della somma di tutti i servizi per ottenere un valore totale complessivo compresa la relazione con la Biodiversità potenziale della Tipologia d'uso del suolo che non è un Servizio ecosistemico ma fa parte della struttura dell'ecosistema.

Analisi statistica

Le comunità sono state individuate attraverso l'analisi delle classi latenti (LAZARSFELD & HENRY, 1968), un'analisi che può essere considerata analoga all'analisi fattoriale ma che considera variabili qualitative di tipo binario. L'analisi a classi latenti risulta appropriata allo studio di variabili manifeste categoriali che in questa ricerca sono state considerate dicotomiche (presenza o assenza di ciascuna specie di uccelli nelle stazioni di ascolto). Il presupposto di partenza è che un insieme di variabili manifeste siano interconnesse fra loro. In questo caso si è voluto verificare che i popolamenti ornitici delle stazioni di ascolto sottendono effettivamente un costrutto latente. La finalità dell'analisi a classi latenti è determinare il più piccolo numero di classi sufficienti a spiegare le associazioni osservate fra le variabili osservate. In questo modo il numero di classi della variabile latente rappresenta il numero di tipologie con

cui è possibile descrivere una popolazione.

Il numero ottimale di classi latenti viene individuato considerando i diversi criteri di informazione che indicano la bontà di classificazione delle Latent Class. Sono stati considerati l'AIC (Akaike information criterion), il BIC (Bayesian information criterion), il SSABIC (sample-size adjusted Bayesian Information Criteria): minore è il valore degli indicatori considerati, migliore è la bontà di classificazione.

L'output dell'analisi rivela quanto ciascuna stazione di ascolto, in termini percentuali, sia descritta da ciascuna delle tre classi latenti. Tutte le stazioni di rilievo sono state attribuite alla classe latente che descrive quella stazione con valori superiori al 50%. Considerando la frequenza di ciascuna specie in ciascuna classe latente (n° stazioni della classe latente in cui la specie è presente / n° totale di stazioni della classe latente) è possibile caratterizzare ogni classe latente attraverso le specie che la compongono, che consideriamo comunità. Sono state quindi ottenute le probabilità di ciascuna specie di appartenere alle tre classi latenti rispetto alle frequenze reali osservate. Quindi ciascuna percentuale rivela quanto è probabile rinvenire quella specie in una stazione di quella classe rispetto ad una qualsiasi altra stazione di rilievo dell'area di studio. Le specie che nelle singole classi assumono i valori più alti sono quelle che caratterizzano quella comunità, in quanto poco o per niente presenti nelle altre. Lo stesso vale per quelle con valori molto bassi: caratterizzano in negativo la comunità di quella classe in cui non sono presenti, mentre lo sono nelle altre. Le specie che invece hanno valori prossimi al 100 sono quelle più diffuse, con una frequenza simile in tutte le classi, perciò si ha la stessa probabilità di trovarle in una qualsiasi stazione di rilievo. Per questi motivi ovviamente

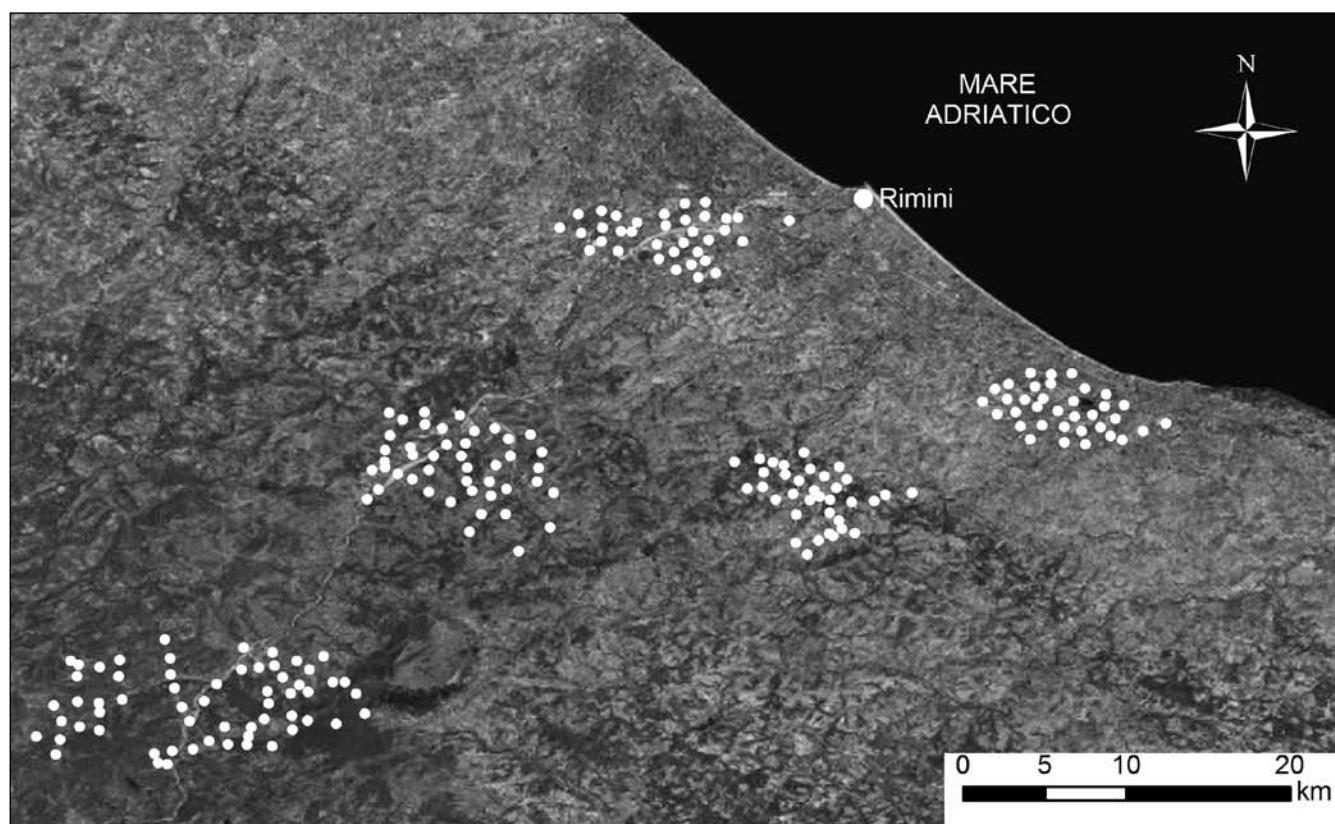


Fig. 1. Localizzazione dei punti di ascolto realizzati durante le stagioni riproduttive 2010 e 2011.

sono quelle non in grado di qualificare le comunità. Successivamente è stata analizzata la relazione fra gli indici descrittori di comunità e i raggruppamenti descritti dall'analisi delle classi latenti. L'elaborazione è stata realizzata mediante l'utilizzo dei Modelli Lineari Generalizzati (GLM), che possono essere considerati un'estensione dei modelli di regressione lineare. Questa procedura ha permesso di verificare se le classi latenti individuate sono realmente caratterizzate dai comuni indici descrittori di comunità utilizzati in ornitologia. Successivamente lo stesso tipo di analisi (GLM) è stato condotto per studiare il rapporto fra le classi latenti e le performance dei servizi ecosistemici considerati.

Analisi ambientale

L'analisi ambientale è stata svolta analizzando la copertura (uso del suolo), presente attorno alle stazioni di rilievo nel buffer di 250 m, appartenente a ciascuna classe latente. In questo modo è stata studiata la composizione media delle diverse categorie presenti, così da ottenere una descrizione dell'habitat delle classi latenti individuate. Questa operazione è stata svolta medianando il valore percentuale di tutte le coperture presenti attorno alle stazioni di rilievo comprese in ciascuna classe latente.

RISULTATI

L'avifauna nidificante

Durante le stagioni riproduttive 2010 e 2011, nelle 5 aree di studio sono state contattate complessivamente 85 specie di Uccelli. Dalle analisi sono state escluse le specie considerate non correttamente censibili attraverso il metodo delle stazioni di ascolto e quelle con una bassa frequenza di osservazioni (contattate una sola volta).

Le specie nidificanti (secondo i criteri dell'European Bird Census Council, cfr. HEGEMIJER & BLAIR, 1997) effettivamente considerate per le successive analisi sono infine risultate 62.

L'analisi delle classi latenti sui dati ornitici: le comunità

L'analisi dei criteri di informazione rivela che la soluzione migliore, cioè quella con il minor numero di classi latenti e che minimizza i valori assunti dai criteri di informazioni, è quella a 3 classi latenti (Fig. 2).

Per quanto riguarda le stazioni di rilievo, alla prima classe latente appartengono 61 stazioni, alla seconda 70 e 79 alla terza; non si osservano casi in cui non si abbia una maggioranza assoluta di una classe rispetto alle altre due.

L'analisi rivela come la maggior parte delle stazioni di ascolto (114, il 54,3% rispetto le 210 totali) siano descritte esclusivamente da una sola classe latente (100%). Il 95,2% delle stazioni (200) hanno valori di appartenenza ad una sola classe superiori all'80%. Analizzando singolarmente ciascuna classe si può capire se sia costituita da stazioni di rilievo descritte esclusivamente da quella classe o se le sue stazioni di rilievo siano descritte anche delle altre classi e in quale proporzione; ciò è stato possibile isolando le stazioni descritte da ciascuna classe latente per più del 50% e mediando il valore di appartenenza alle tre classi (Tab. 1).

Si può osservare ad esempio che le classi 1 e 2 risultano essere

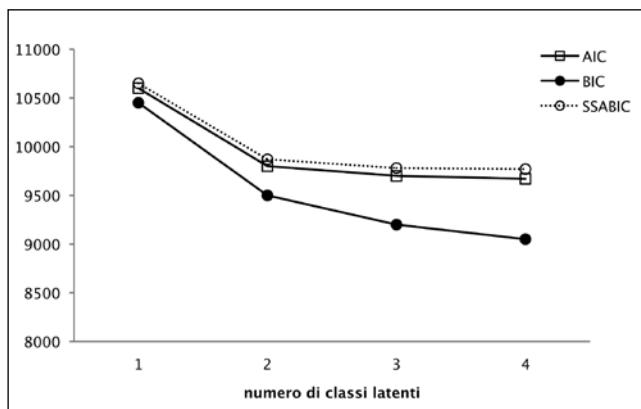


Fig. 2. Indicatori per la bontà di classificazione in funzione al numero di classi latenti.

completamente separate, non essendo presente nessuna percentuale di una nella composizione percentuale dell'altra, mentre nella classe 3 sono presenti valori (seppur bassi) di percentuale dalle altre due classi.

A livello geografico, le stazioni di rilievo attribuite alle tre classi latenti, sono distribuite nell'area di studio come mostrato in Fig. 3.

Le stazioni di ascolto delle tre classi si raggruppano in maniera abbastanza definita, caratterizzando le aree di studio della alta, media e bassa valle. Ciò evidenzia come la comunità di Uccelli studiata si suddivida in tre entità, che anche geograficamente tendono ad assumere una distribuzione abbastanza localizzata. L'analisi ambientale rivela che l'ambiente delle tre classi latenti (LC) si differenzia sostanzialmente in tre tipologie. La prima classe latente è caratterizzata principalmente dagli ambienti boschivi, che occupano quasi la metà della sua copertura, e da altri tipi di coperture soggette a pressioni antropiche relativamente basse: le aree edificate infatti costituiscono solamente il 3%. La seconda classe latente è quella che presenta il maggior livello di antropizzazione, soprattutto per quanto riguarda le infrastrutture: le aree vegetate di questa classe sono costituite principalmente da colture orticole e verde urbano. L'ambiente della classe latente 3 è quello tipico del mosaico agricolo, dove il paesaggio si articola tra coltivi, piccoli centri abitati ed aree verdi anche naturali (Appendice 1).

La frequenza delle singole specie nelle tre classi latenti descrive la composizione di ciascuna comunità di uccelli individuata dalle tre classi latenti. I rapporti di probabilità sono illustrati in Appendice 2. Si può osservare che le specie con rapporto di probabilità prossimi a 100 sono quelle più comuni (ad esem-

	Percentuale media di LC1	Percentuale media di LC2	Percentuale media di LC3
Latent Class 1	97,07%	0,00%	2,20%
Latent Class 3	2,93%	1,22%	96,27%
Latent Class 2	0,00%	98,78%	1,53%

Tab. 1. Percentuale media di presenza di ciascuna classe latente nelle stazioni di ascolto attribuite alle tre classi.

pio Capinera e Merlo, che nelle tre comunità hanno valori di rapporto di probabilità percentuale rispettivamente di 94,14 - 94,86 - 109,13 e 97,30 - 98,70 - 103,25) e che quindi non contribuiscono a caratterizzare la comunità.

Nella prima classe sono presenti 13 specie che hanno il doppio di probabilità di trovarsi in un punto di questa classe rispetto ad un altro qualsiasi del campione. Ciò rivela come questa comunità sia quella che si differenzia di più dalle altre in termini di specie presenti, in quanto nelle altre 2 classi il numero di specie "caratterizzanti", con un rapporto di probabilità superiore al 200%, è nettamente inferiore. Diventa quindi evidente come le specie appartenenti alle classi 2 e 3 siano globalmente più frequenti: in particolare, la classe 2 è quella che presenta il minor numero di specie caratterizzanti (con un rapporto di probabilità superiore a 100%) ma è quella che si contraddistingue per il più alto numero di specie non presenti rispetto alle altre classi.

La terza classe è quella che ha il maggior numero di specie con un rapporto di probabilità superiore a 100% e il minor numero di specie completamente assenti (rapporto di probabilità di 0%): ciò può significare che la terza classe sia anche quella generalmente più ricca.

Classi latenti ed indici faunistici

Al fine di capire come le classi latenti ottenute siano effettivamente in relazione con gli indici descrittivi di comunità, i cui valori medi per ciascuna classe latente sono riportati in tabella 2, è stata utilizzata l'analisi GLM.

L'analisi rivela che globalmente gli indici descrittivi di comuni-

tà sono estremamente associati alla variabile predittiva (Tab. 3), vale a dire la classe latente (comunità) e come i parametri descrittivi di comunità abbiano un effetto statisticamente significativo per tutte e sei le variabili dipendenti, anche applicando la correzione per confronti multipli sul livello di significatività, cioè abbassando il valore di α da 0,05 a 0,008 (0,05/6). Ciò significa che ciascuna comunità (individuata attraverso l'analisi delle classi latenti sulla base delle specie presenti) si caratterizza per specifici valori degli indici descrittivi di comunità.

Quindi anche singolarmente, ciascun variabile dipendente (S, Nd, Nd/S, H', J IPA,) è spiegata dalle classi latenti. Diventa quindi plausibile utilizzare la classe latente come parametro sintetico in grado di racchiudere in sé le caratteristiche della comunità, in quanto non solo è caratterizzata dalla presenza o assenza di determinate specie (Appendice 2), ma conserva anche le informazioni dei descrittivi di comunità comunemente utilizzati in ornitologia.

Comunità ornitiche e variabili ecologiche

Al fine di studiare la relazione fra comunità ornitica e funzioni ecologiche, è stato analizzato il rapporto fra classi latenti, che conservano le informazioni anche degli indici descrittivi delle comunità presenti, e i parametri calcolati per ciascuna stazione di rilievo riguardo i servizi ecosistemici. Anche in questo caso i risultati (Tab. 4) dell'analisi rivelano come globalmente i parametri ecologici considerati siano associati alla variabile predittiva, cioè le comunità individuate dalle classi latenti, con le sole eccezioni dei servizi ricreativi e di

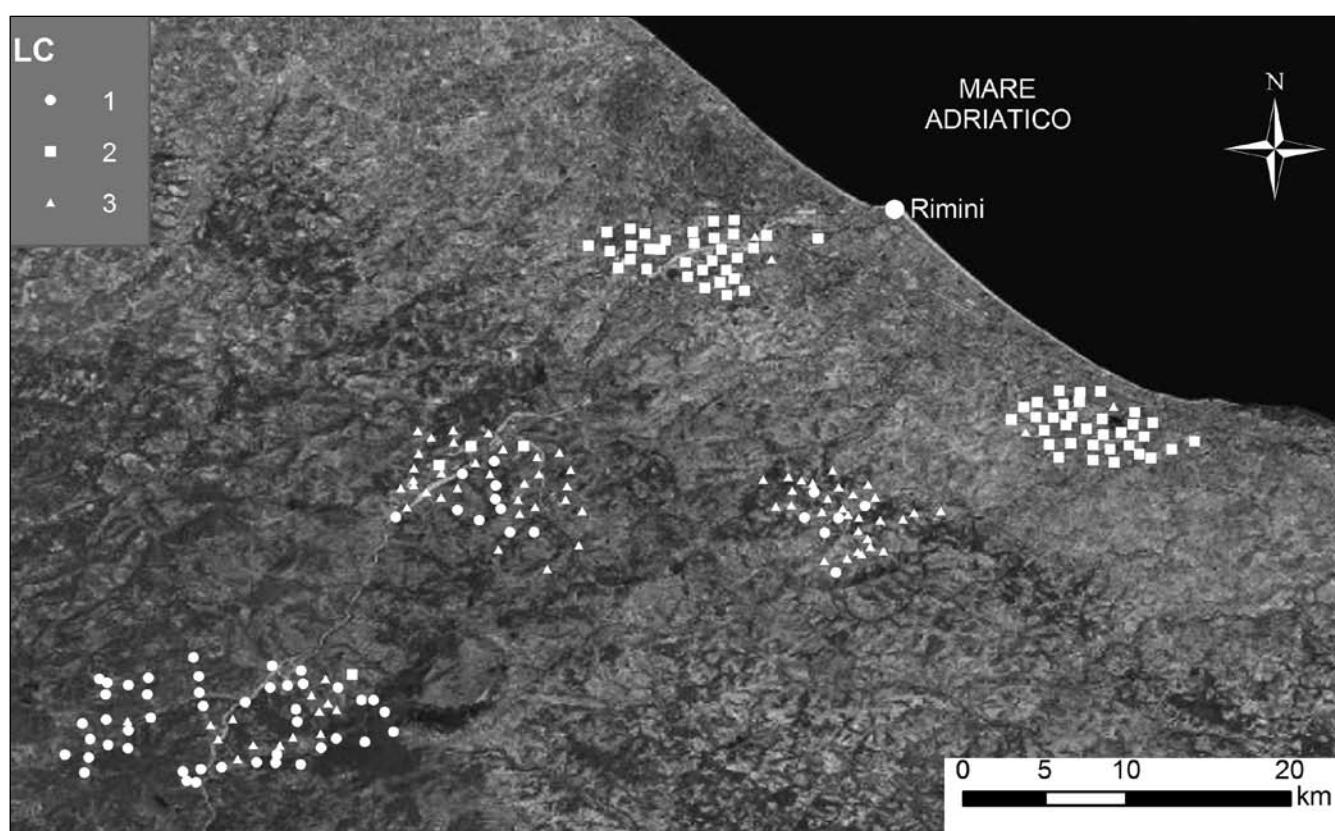


Fig. 3. Localizzazione delle stazioni di ascolti appartenenti alle 3 classi latenti.

	S	Nd	Nd/S	H'	J	IPA
Latent Class 1	12,51	9,90	0,82	2,43	0,97	16,25
Latent Class 2	12,77	8,00	0,66	2,30	0,91	22,06
Latent Class 3	14,94	8,30	0,58	2,54	0,95	21,92
TOT	13,51	8,67	0,68	2,43	0,94	20,32

Tab. 2. Valori medi degli indici descrittivi di comunità dei punti di ascolto appartenenti a ciascuna delle tre classi latenti individuate.

creazione e mantenimento del suolo.

A questo punto, per i parametri risultati significativi, sono stati calcolati i valori medi corrispondenti a ciascuna comunità e si è inoltre analizzato per quali di essi le classi sono effettivamente differenti. I risultati sono mostrati in tabella 5, strutturati in modo tale che per ciascuna variabile è indicato il valore medio, accanto al quale, fra parentesi, sono indicate le classi i cui valori assumono valori significativamente differenti.

L'elevata diffusione che hanno nella prima classe le aree boschive e forestali, che sono tipi di vegetazione con elevata performance per la maggior parte delle funzioni ecologiche, fa sì che il valore totale dei servizi ecosistemici e gran parte dei singoli servizi abbiano valori significativamente più alti nella classe 1. Si riscontra come tutti i servizi di regolazione, cioè quelli au-

topoietici per l'ecosistema, siano correlati positivamente ai parametri di comunità, a dimostrazione del fatto che le funzioni che generano benessere sono caratterizzate da livelli importanti di qualità ecosistemica.

Il fatto che, per quanto riguarda la funzione "Biodiversità", le classi 2 e 3 siano quelle che mostrano i risultati maggiori è in accordo con quanto riscontrato in questo studio riguardo la ricchezza di specie di Uccelli presenti.

CONCLUSIONE

È stato verificato come, ad eccezione di pochi casi, le classi latenti riflettono abbastanza bene la distribuzione dei punti nelle cinque macroaree campione nella provincia di Rimini, definendo i tre ambiti di alta, media e bassa valle.

Le tre comunità individuate si caratterizzano per le specie che meglio sono in grado di descriverle.

La comunità 1 è costituita principalmente da specie tipicamente di ambiente boschivo, come quelle del genere *Turdus* e *Phylloscopus*. A conferma di ciò, è rilevante anche la presenza del Ciuffolotto, Codibugnolo e Picchio muratore, specie particolarmente legate ad ambienti con vegetazione matura, dove, specialmente le ultime due, possono trovare siti idonei alla nidificazione. Analogamente, la stessa comunità è caratterizzata dall'assenza di specie tipiche delle aree aperte, come ad esempio

Tests of Between-Subjects Effects						
Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	IPA	1422,926(a)	2	711,463	18,274	0,00
	Nd	134,548(b)	2	67,274	8,249	0,00
	S	260,209(c)	2	130,104	21,575	0,00
	Nd/S	1,912(d)	2	0,956	15,753	0,00
	H'	2,314(e)	2	1,157	24,045	0,00
	J	0,120(f)	2	0,06	25,219	0,00

Tab. 3. Output di analisi del modello che mette in relazione gli indici descrittivi di comunità e le classi latenti.

Tests of Between-Subjects Effects						
Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	Regolazione dei gas atmosferici	59284,122(n)	2	29642,061	17,016	0,000 (*)
	Prevenzione dai disturbi	240622,478(o)	2	120311,239	112,213	0,000 (*)
	Regolazione del ciclo dell'acqua	141251586,445(p)	2	70625793,22	108,725	0,000 (*)
	Assimilazione degli inquinanti	98736,867(q)	2	49368,434	16,114	0,000 (*)
	Regolazione dei nutrienti	415259,852(r)	2	207629,926	62,377	0,000 (*)
	Biodiversità	1726268,249(s)	2	863134,125	5,924	0,003 (*)
	Servizi ricreativi	287600,402(t)	2	143800,201	1,892	0,153
	Servizi estetici	2639,999(u)	2	1320	5,481	0,005 (*)
	Creazione e rinforzo del suolo	57242,904(v)	2	28621,452	2,409	0,092
	Servizio di impollinazione	689904,272(w)	2	344952,136	104,382	0,000 (*)
	Servizi totali	167288885,678(x)	2	83644442,84	83,659	0,000 (*)

Tab. 4. Output di analisi del modello che mette in relazione i servizi ecosistemici e le classi latenti.

€/ha/anno	LC1	LC2	LC3
Regolazione dei gas atmosferici	72 (2-3)	34 (1)	35 (1)
Prevenzione dai disturbi	84 (2-3)	1 (1-3)	22 (1-2)
Regolazione del ciclo dell'acqua	2091 (2-3)	60 (1-3)	633 (2-3)
Assimilazione degli inquinanti	78 (2-3)	23 (1-3)	52 (1-2)
Regolazione dei nutrienti	196 (2-3)	85 (1-3)	119 (1-2)
Biodiversità	701 (2-3)	893 (1-3)	906 (1-2)
Servizi estetici	15 (3)	20	24 (1)
Servizio di impollinazione	165 (2-3)	23 (1-3)	65 (1-2)
Servizi totali	3553 (2-3)	1331 (1-3)	2004 (1-2)

Tab. 5. Valori medi dei servizi ecosistemici calcolati nei buffer dei punti di ascolto appartenenti alle tre classi latenti. Fra parentesi sono indicate le classi per cui quel valore assume valori significativamente diversi.

Cutrettola e Saltimpalo. L'analisi delle coperture presenti nei siti appartenenti a questa classe appaiono in sintonia con le preferenze ambientali delle specie osservate come caratterizzanti: si tratta infatti di ambienti dominati in termini di superficie da boschi di latifoglie (48%).

Le specie principali della comunità 2 sono quelle più comuni negli ambienti antropizzati, che frequentano i giardini e le aree verdi urbane; fra queste troviamo la Passera d'Italia e Mattugia, alcuni Fringillidi comuni quali Verzellino e Cardellino e altre specie legate alle abitazioni e ai parchi pubblici come Storno e Tortora dal collare. In questa comunità invece sono assenti specie tipicamente di bosco (Ghiandaia, Picchio rosso maggiore) e tutte le specie che qualificavano positivamente la classe 1. Infatti le tipologie ambientali più diffuse in questi ambienti sono le aree edificate, le aree agricole e il verde urbano, mentre la copertura generale dei boschi non supera il 6%.

La comunità 3 è caratterizzata da specie di ambiente aperto, compresi i coltivi, fra cui troviamo come specie caratterizzanti Pigliamosche, Allodola e Quaglia. Tuttavia sono presenti anche Sterpazzolina, Occhiocotto e due specie di Picchio, che rivelano la presenza di vegetazione arbustiva e arborea più complessa. L'analisi della vegetazione conferma quanto mostrato dalle preferenze ambientali delle specie caratterizzanti la classe 3: le aree aperte, fra cui prati da sfalcio, seminativi e medicai occupano circa il 37% della superficie, i boschi il 22% e gli arbusti circa il 15%.

Per quanto riguarda i servizi ecosistemici, otto dei dieci considerati sono risultati essere significativamente associati con le comunità, ad eccezione dei servizi ricreativi e della creazione e mantenimento del suolo. Da sottolineare come anche la somma totale dei servizi è in relazione con le classi latenti, con un R^2 del 44%. Singolarmente, i servizi che presentano il coefficiente di determinazione più alto sono il servizio di prevenzione dei disturbi e di regolazione del ciclo dell'acqua (entrambi superiori al 50%). Inoltre i valori che i singoli servizi assumono nelle aree occupate dalle tre classi, assumono valori definiti significativamente diversi gli uno dagli altri nella maggior parte dei casi.

In relazione ai risultati ottenuti, possiamo affermare che la capacità di descrivere le caratteristiche ecologiche di un territorio

da parte degli Uccelli, ed in particolare delle loro comunità, si estende non solo alle caratteristiche ecologiche necessarie a garantirne l'esistenza, ma anche ad una qualità ambientale e paesaggistica più generale, che comprende anche le funzioni ecologiche in grado di sostenere la vita e il benessere dell'uomo.

BIBLIOGRAFIA

- BLONDEL J., FERRY C. & FROCHOT B., 1970 - Le méthode des Indices Ponctuels d'Abondance (I.P.A.) ou des relevés d'avifaune par "station d'écoute". *Alauda*, 38: 55-71.
- BLONDEL J., FERRY C. & FROCHOT B., 1981 - Point counts with unlimited distance. Pp. 414-420 in C.J. Ralph and J.M. Soott (Eds.) *Estimating Numbers of Terrestrial Birds. Studies in Avian Biology*, 6.
- BRADLEY J.C., SRIVASTAVA D.S., DUFFY J.E., WRIGHT J.P., DOWNING A.L., SANKARAN M. & JOUSEAU C., 2006 - Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems. *Nature*, 443: 989-992.
- COSTANZA R., d'ARGE R., DE GROOT R., FARBER S., GRASSO M., HANNON B., LIMBURG K., NAEEM S., O'NEILL R.V., PARUELO J., RASKIN R.G., SUTTON P. & VAN DEN BELT M., 1997 - The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-26.
- DARWIN C., 1859 - *The origin of species*. London.
- DE GROOT R.S., WILSON A.M. & BOUMANS R.M.J., 2002 - A tipology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and service. *Ecological Economics* 41: 393-408.
- GREGORY R. D., NOBLE D., FIELD R., MARCHANT J., RAVEN M. & GIBBONS D.W., 2003 - Using birds as indicators of biodiversity. *Ornis Hungarica*, 12-13: 11-24.
- HAGEMIJER E.J.M. & BLAIR M.J., 1997 - *The EBCC Atlas of European Breeding Birds; Their distribution and abundance*. T. & A.D. Poyser, London, pp. 903.
- HAWKINS K., 2003 - *Economic Valuation of Ecosystem Services*. University of Minnesota.
- HECTOR A. & BAGCHI R., 2007 - Biodiversity and ecosystem multi-functionality. *Nature*, 448: 188-190.
- ISERENTANT R. & DE SLOOVER J., 1976 - Le concept de bioindicateur. *Mem. Soc. Roy. Bot. Belg.*, 7: 15-24.
- JARVINEN O. & VAIKANEN R.A., 1979 - Changes in bird populations as criteria of environmental changes. *Holarctic. Ecol.*, 2: 75-80.
- LAZARSFELD P.F. & HENRY N.W., 1968 - *Latent structure analysis*. Boston: Houghton Mifflin.
- LOREAU M., NAEEM S., INCHAUSTI P., BENGTSSON J., GRIME J.P., HECTOR A., HOOPER D.U., HUSTON M.A., RAFFAELLI D., SCHMID B., TILMAN D. & WARDLE D.A., 2001 - Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science* 294: 804-808.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005 - *Vivere al di sopra dei nostri mezzi: Patrimonio naturale e benessere umano*. Dichiarazione finale del board, ONU.
- MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE, 2012 - *Strategia Nazionale per la Biodiversità*. Roma.
- MORELLI F., PRUSCINI F., SANTOLINI R., PERTA P., BENEDETTI Y. & SISTI D., 2013. Landscape heterogeneity metrics as indicators of bird diversity: Determining the optimal spatial scales in different landscapes. *Ecological Indicators*, 34: 372-379.
- PETERSON G., ALLEN C.R. & HOLLING C.S., 1998 - Ecological Resilience, Biodiversity, and Scale. *Ecosystems*, 1: 6-18.
- PIELOU E.C., 1966 - The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13: 131-44.

- SCOLOZZI R., MORRI E. & SANTOLINI R., 2012 - Delphi-based change assessment in ecosystem service values to support strategic spatial planning in Italian landscapes. *Ecological Indicators*, 21: 134-144.
- SHANNON C.E., 1949 - *The mathematical theory of communication*. In: Shannon, C.E., Weaver, W. (Eds.), *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, pp. 29-125.
- TILMAN D., 1996 - Biodiversity: Population versus ecosystem stability. *Ecology*, 77(3): 350-363.
- WALLACE K.J., 2007 - Classification of ecosystem services: Problems and solutions. *Biological Conservation*, 139: 235-246.

Appendice 1

LC1		LC2		LC3	
Copertura	%	Copertura	%	Copertura	%
Boschi di latifoglie	48,0	Aree edificate	16,1	Prati da sfalcio	16,9
Prati da sfalcio	13,8	Seminativi	15,4	Boschi di latifoglie	15,9
Arbusti bassi	9,4	Prati da sfalcio	12,9	Seminativi	10,9
Arbusti alti	6,7	Verde urbano	10,7	Medicai	10,0
Boschi misti	3,4	Frutteti	6,9	Aree edificate	8,3
Medicai	3,3	Ortaggi	6,7	Arbusti bassi	7,4
Aree edificate	3,0	Medicai	5,5	Arbusti alti	7,3
Seminativi	2,9	Vigneti	5,1	Boschi misti	6,0
Strade - ferrovie	2,0	Seminativi alberati	4,9	Seminativi alberati	4,0
Pascoli	1,0	Arbusti bassi	3,9	Frutteti	2,5
Prati aridi	1,0	Boschi misti	3,0	Verde urbano	2,2
Verde urbano	0,9	Boschi di latifoglie	2,3	Pascoli	1,6
Seminativi alberati	0,8	Strade - ferrovie	2,1	Ortaggi	1,5
Boschi di conifere	0,8	Arbusti alti	1,9	Cave - cantieri	1,2
Torrente	0,7	Cave - cantieri	1,1	Strade - ferrovie	0,6
Fiume	0,5	Aree industriali	0,9	Boschi di conifere	0,6
Calanchi	0,5	Boschi di conifere	0,3	Vigneti	0,6
Frutteti	0,3	Pascoli	0,1	Aree industriali	0,5
Fragmiteto	0,3	Arboreti	0,1	Calanchi	0,5
Prati umidi	0,3	Fragmiteto	0,1	Arboreti	0,4
Arboreti	0,2	Fiume	0,0	Fiume	0,4
Ortaggi	0,2	Torrente	0,0	Prati aridi	0,3
Aree industriali	0,1	Sabbia	0,0	Fragmiteto	0,2
Cave - cantieri	0,0	Calanchi	0,0	Torrente	0,1
Vigneti	0,0	Prati aridi	0,0	Sabbia	0,1
Sabbia	0,0	Prati umidi	0,0	Prati umidi	0,0

Appendice 2

Latent Class 1		Latent Class 2		Latent Class 3	
SPECIE	rapporto di probabilità	SPECIE	rapporto di probabilità	SPECIE	rapporto di probabilità
Lù bianco	344,54	Passera mattugia	265,25	Pigliamosche	266,85
Ciuffolotto	344,54	Cardellino	230,22	Allodola	209,49
Tordo bottaccio	309,94	Verdone	225,64	Quaglia	203,49
Tordela	301,01	Saltimpalo	210,19	Sterpazzolina	200,31
Codibugnolo	287,12	Rondine	187,60	Taccola	197,07
Picchio muratore	264,40	Cutrettola	186,75	Tottavilla	194,05
Cincia bigia	260,16	Balestruccio	185,92	Occhiocotto	191,97
Fiorrancino	251,77	Torcicollo	182,18	Gruccione	178,14
Cincia mora	229,68	Rondone	174,67	Cannaiola	176,93
Colombaccio	228,02	Tortora collare	169,96	Picchio verde	174,94
Ghiandaia	219,02	Passera d'Italia	162,25	Picchio r. maggiore	168,13
Lù piccolo	218,69	Verzellino	159,39	Fagiano	166,97
Pettirosso	208,74	Storno	157,55	Sterpazzola	163,79

Continua.

Appendice 2

Latent Class 1		Latent Class 2		Latent Class 3	
SPECIE	rapporto di probabilità	SPECIE	rapporto di probabilità	SPECIE	rapporto di probabilità
Rampichino	185,72	Gazza	139,94	Strillozzo	158,43
Cuculo	178,68	Codirosso	130,14	Usignolo di fiume	151,77
Fringuello	178,11	Averla piccola	115,20	Rigogolo	150,90
Scricciolo	164,53	Ballerina bianca	113,78	Beccamoschino	146,30
Tortora selvatica	163,34	Cincia mora	99,50	C. spazzacamino	145,52
Cinciarella	160,60	Gruccione	99,23	Canapino	142,20
Cornacchia grigia	127,68	Beccamoschino	99,13	Upupa	140,42
Picchio r. maggiore	127,45	Merlo	98,70	Cornacchia grigia	138,53
Usignolo di fiume	122,19	Capinera	94,86	Usignolo	132,84
Cannaiola	116,09	Upupa	90,06	Zigolo nero	129,94
Rigogolo	109,83	Zigolo nero	89,96	Tortora selvatica	123,93
Sterpazzola	103,79	Cinciallegra	88,13	Ballerina bianca	123,52
Canapino	103,55	Occhiocotto	83,76	Rampichino	123,00
Cinciallegra	99,83	Usignolo	79,04	Averla piccola	121,10
Merlo	97,30	C. spazzacamino	59,08	Storno	120,89
Capinera	94,14	Fagiano	53,00	Gazza	117,87
Tottavilla	93,99	Codibugnolo	49,75	Cinciarella	117,08
Taccola	90,09	Canapino	49,72	Fringuello	114,72
C. spazzacamino	88,46	Strillozzo	46,92	Passera d'Italia	112,30
Sterpazzolina	85,91	Allodola	42,83	Cinciallegra	110,74
Strillozzo	85,83	Cuculo	35,86	Scricciolo	109,62
Usignolo	81,79	Rigogolo	34,55	Capinera	109,13
Picchio verde	79,67	Picchio verde	33,78	Codirosso	107,07
Zigolo nero	72,92	Scricciolo	33,34	Merlo	103,25
Fagiano	67,79	Cornacchia grigia	32,92	Rondone	101,88
Quaglia	60,96	Colombaccio	29,85	Pettirosso	100,12
Upupa	59,28	Cinciarella	28,38	Cutrettola	99,90
Codirosso	56,09	Sterpazzola	25,37	Verzellino	99,27
Averla piccola	55,22	Usignolo di fiume	22,87	Ghiandaia	97,21
Ballerina bianca	53,73	Tortora selvatica	18,35	Cuculo	96,40
Tortora collare	46,34	Quaglia	18,06	Balestruccio	91,43
Beccamoschino	41,23	Fringuello	15,87	Lù piccolo	88,29
Torcicollo	40,42	Lù piccolo	10,27	Rondine	87,87
Verzellino	32,39	Pettirosso	5,66	Tortora collare	79,01
Gazza	30,82	Cannaiola	0,00	Saltimpalo	78,95
Allodola	24,62	Ciuffolotto	0,00	Torcicollo	72,68
Passera mattugia	18,26	Pigliamosche	0,00	Fiorrancino	71,85
Cardellino	16,38	Taccola	0,00	Cincia bigia	65,35
Rondine	14,55	Lù bianco	0,00	Colombaccio	63,56
Passera d'italia	12,26	Tottavilla	0,00	Picchio muratore	62,07
Balestruccio	11,89	Sterpazzolina	0,00	Verdone	58,31
Rondone	11,39	Tordela	0,00	Cardellino	48,36
Verdone	8,81	Tordo bottaccio	0,00	Tordela	33,72
Storno	6,59	Fiorrancino	0,00	Tordo bottaccio	26,80
Pigliamosche	0,00	Picchio muratore	0,00	Passera mattugia	15,58
Gruccione	0,00	Rampichino	0,00	Cincia mora	0,01
Cutrettola	0,00	Picchio r. maggiore	0,00	Ciuffolotto	0,00
Saltimpalo	0,00	Cincia bigia	0,00	Lù bianco	0,00
Occhiocotto	0,00	Ghiandaia	0,00	Codibugnolo	0,00