

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA

Facoltà di Scienze MM. FF. NN.

Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente

Corso di Laurea Magistrale in Scienze della Natura

Densità e selezione dell'habitat della
Pernice bianca *Lagopus mutus*
nelle Alpi occidentali

Relatore:

Dott. Alberto Meriggi

Correlatore:

Dott. Luca Nelli

Tesi di Laurea Magistrale di

Alessandro Franzoi

Anno Accademico 2010/2011

1. Introduzione	3
1.1. La Pernice bianca (<i>Lagopus mutus</i> Montin, 1776)	3
1.1.1. Sistematica e distribuzione	3
1.1.2. Biologia ed ecologia	5
1.1.3. Stato di conservazione	6
1.2. Precisione e accuratezza dei metodi di censimento	9
2. Scopi della ricerca	12
2.1. Verifica dei metodi di censimento utilizzati e sperimentazione di metodi innovativi	12
2.2. Aggiornamento dei modelli di vocazionalità	13
2.3. Selezione dell'habitat dei maschi territoriali di Pernice bianca	13
3. Aree di studio	15
4. Materiali e metodi	18
4.1. Metodi di censimento	18
4.1.1. Raccolta dati	18
4.1.2. Analisi dei dati e stima delle densità	25
4.1.3. Confronto con altri metodi	26
4.2. Modelli qualitativi d'idoneità ambientale	27
4.3. Analisi della selezione dell'habitat	28
4.4. Modelli quantitativi	30
5. Risultati	32
5.1. Dati raccolti nelle stagioni di campo 2010 e 2011	32
5.1.1. Transetti lineari e indici chilometrici di abbondanza	32
5.1.2. Punti d'ascolto e indici puntiformi di abbondanza	33
5.2. Calcolo della densità	35
5.3. Stima dello sforzo medio di campionamento	39
5.4. Modello qualitativo	41
5.5. Selezione dell'habitat	45
5.6. Modelli qualitativi	48
6. Discussione	50
7. Conclusioni	57
Opere citate	60
Ringraziamenti	66

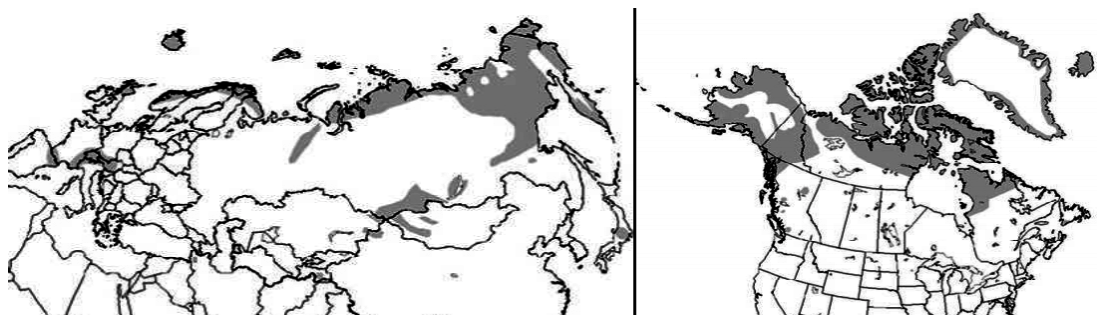
1. Introduzione

1.1. La Pernice bianca *Lagopus mutus* (Montin, 1776)

1.1.1. Sistematica e distribuzione

La Pernice bianca è un uccello appartenente all'ordine dei Galliformi, al sottordine dei Fasiani, alla famiglia dei Tetraonidi e alla sottofamiglia Tetraonini. Specie politipica, a corologia circumartica boreoalpina, è distribuita in tutto il Regno Oloartico. All'interno dell'intero areale sono riconosciute trenta sottospecie, sette delle quali sono presenti nella Regione Palearctica Occidentale (Cramp e Simmons, 1980). Esse risultano così distribuite: la sottospecie nominale *mutus* (Montin, 1776), in Scandinavia fino alla penisola di Cola (Russia), *millaisi* (Hartert, 1923) in Scozia, *helveticus* (Thienemann, 1829) sulle Alpi, *pyrenaicus* (Hartert, 1921) sui Pirenei, *nelsoni* (Stejneger, 1884), dai Monti Urali verso Oriente, attraverso la Siberia settentrionale sino al Nordamerica, *hyperboreus* (Sundevall, 1845), sulle isole Svalbard e nell'arcipelago Terra di Francesco Giuseppe, nel mare di Barent, *islandorum* (Faber, 1822) in Islanda (Cram e Simmons, 1980) (Fig. 1)

Fig. 1 – Distribuzione globale della Pernice bianca.



Le popolazioni pirenaiche e alpine sono una testimonianza dell'ultima glaciazione e considerate relitti glaciali.

Le popolazioni italiane sono presenti dalle Alpi Marittime in provincia di Imperia fino alle Alpi giulie (Fig. 2). Nel corso del XX secolo alcune popolazioni residenti in zone prealpine del Veneto, del Friuli Venezia Giulia (Bocca, 1990) e del Trentino sono scomparse (Artuso & Demartin, in Pedrini et al., 2005). La distribuzione è discontinua e rispetta la disponibilità di habitat favorevoli: determinati dalla composizione del substrato roccioso e del suolo, dall'altitudine e dall'esposizione dei pendii montani e delle praterie alpine (De Franceschi, 1992).

Fig. 2 - Distribuzione della Pernice bianca sulle Alpi italiane.



1.1.2. Biologia ed ecologia

Le popolazioni italiane di Pernice bianca alpina *Lagopus mutus helveticus* sono sedentarie. In autunno e in inverno compiono erratismi di modesta entità, solitamente nell'ordine di pochi chilometri, a seguito dei quali è possibile osservare la specie su massicci montuosi limitrofi all'areale riproduttivo (Bocca, 1990).

La specie presenta una fenologia stagionale. Durante il periodo riproduttivo è territoriale e monogama, mentre forma gruppi più o meno numerosi durante le stagioni autunnale e invernale (Bossert 1980, 1995; Desmet 1988; Scherini et al. 2003 in Favaron 2006).

La Pernice bianca è diffusa nei piani subalpino superiore, alpino e nivale, frequentando durante tutto il corso dell'anno praterie interrotte da arbusti prostrati, macereti e affioramenti rocciosi. Molto raramente scende sotto il limite della vegetazione arborea, mentre non è raro che la specie sverni, in condizioni favorevoli, oltre i 2500 metri di altitudine (Bocca,). Le zone favorevoli alla nidificazione si riscontrano sui massicci montuosi con ampie zone prossime al limite delle nevi perenni, con condizioni di esposizione e pendenza idonee; le quote estreme di nidificazione sono 1550 metri sulle Alpi Giulie e 2900 metri in Valle d'Aosta (Bocca, 1990). La peculiarità della specie sta nella colorazione del piumaggio, che muta secondo la stagione, sfruttando il mimetismo come principale difesa dai predatori. Durante la stagione estiva l'abito ha una colorazione grigio-ardesia nei maschi mentre nelle femmine tende a tonalità fulvo-brunastre, mantenendo le penne remiganti e le parti del ventre bianche; in inverno appare completamente bianco; solo nei maschi compare una sottile striscia nera tra becco e occhio. In periodo primaverile e autunnale, durante la muta, il piumaggio è intermedio tra i due stadi estivo e invernale, con presenza di piume candide e brune e grigie. Il dimorfismo sessuale non è spiccato, ma i maschi hanno dimensioni maggiori delle femmine e presentano caruncole rosse ben sviluppate da primavera a fine estate, mentre nelle femmine queste sono meno sviluppate e più tendenti all'arancio. Altra particolarità di questa specie sono le zampe, tarsi e dita, ricoperte da un fitto piumino bianco, che muta alla fine dell'estate. Becco e artigli sono sempre di colore nero (Fig. 3).

I maschi difendono, durante la stagione riproduttiva, che va dalla fine di aprile a giugno, un territorio, all'interno del quale cercano di attirare una femmina per formare la coppia; questa si mantiene fino alla schiusa delle uova, dopodiché i maschi abbandonano le femmine e formano delle brigate estive spostandosi più in alto (De Franceschi, 1992).

Fig. 3 - Abito invernale del maschio (a) e abito estivo in maschio e femmina (b).



1.1.3. Stato di conservazione

A livello europeo la Pernice bianca non è minacciata: nelle categorie SPEC (*Specie of European Conservation Concern*), come indicato da *BirdLife International*, è classificata come non-SPEC, mentre la categoria assegnata nella Lista Rossa redatta dalla IUCN è *Least Concern* (a basso rischio di minaccia), a causa del suo vasto areale di diffusione e perché la dimensione della popolazione è molto grande; tuttavia la tendenza della popolazione appare in decremento, anche se il declino non è ritenuto sufficientemente rapido per considerare la specie nella categoria *Vulnerable* (vulnerabile) (BirdLife International, 2009).

La sottospecie *helveticus* invece è ritenuta in forte declino in numerose province italiane, pertanto è stata inserita nella Lista Rossa nazionale nella

categoria Vulnerabile e fa parte delle specie dell'Allegato I della Direttiva Uccelli (Direttiva 79/409/CEE). Le popolazioni italiane presentano una distribuzione estremamente discontinua (Scherini et al., 2003; Spagnesi e Serra, 2004; Favaron et al., 2006). Cattadori e Hudson (1999) hanno messo in evidenza come questa situazione, unita alla scarsità di cibo di elevata qualità, determini fluttuazioni di densità più ravvicinate, rispetto a quelle normalmente registrate nelle popolazioni nordiche (Cattadori e Hudson, 1999; Cattadori e Hudson 2000). Diversi studi indicano come i livelli di densità primaverili delle popolazioni italiane siano nettamente inferiori rispetto a quelli del resto dell'areale della sottospecie: 1,2 - 2,0 coppie/Km² in Sud Tirolo (Clementi et al. 2008), 0,4 - 1,6 coppie/km² nelle Alpi centrali (Favaron et al., 2006), 1,0 - 4,0 coppie/km² in Valle d'Aosta e Dolomiti di Sesto (Bocca, 1990). In alta Val seriana (BG) si è passati da una densità di 9,2 individui/Km² alla fine degli anni '80 a 4,7 nel 2003 (Lubrini 2006). Un recente studio effettuato sulle Alpi svizzere e austriache ha riportato densità primaverili ben più elevate, comprese tra 4,9-15,2 coppie/Km² (Zohmann e Wöss, 2008).

Il declino generalizzato della specie è dimostrato anche da numerosi dati relativi alle analisi del prelievo venatorio. In Valle Brembana (BG) dal 1984 al 1991 si è passati da 58 a 4 individui cacciati (Artuso, 2008). Sempre in provincia di Bergamo, in Alta Valle Seriana nel 1989 sono stati abbattuti 28 capi mentre nel 2003 soltanto 4 (Lubrini, 2006). Nel Comprensorio alpino di Sondrio, in Lombardia, si è passati da 121 animali cacciati nel 1985 a 10 nel 2008 (Fig. 4). In Piemonte si è registrata una riduzione considerevole soprattutto negli ultimi 10 anni, passando da 180 capi abbattuti nel 2000 a 36 nel 2010 (Fig. 5).

Fig. 4 – Capi di Pernice bianca abbattuti dal 1979 al 2008 nel Comprensorio alpino di Sondrio.

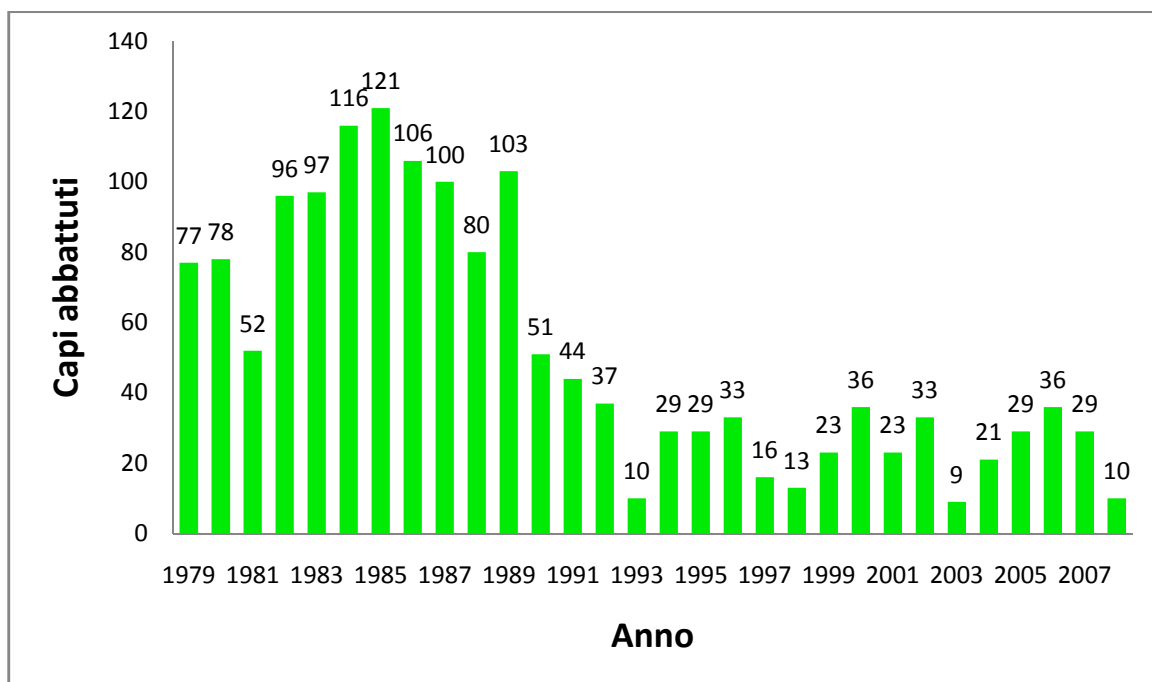
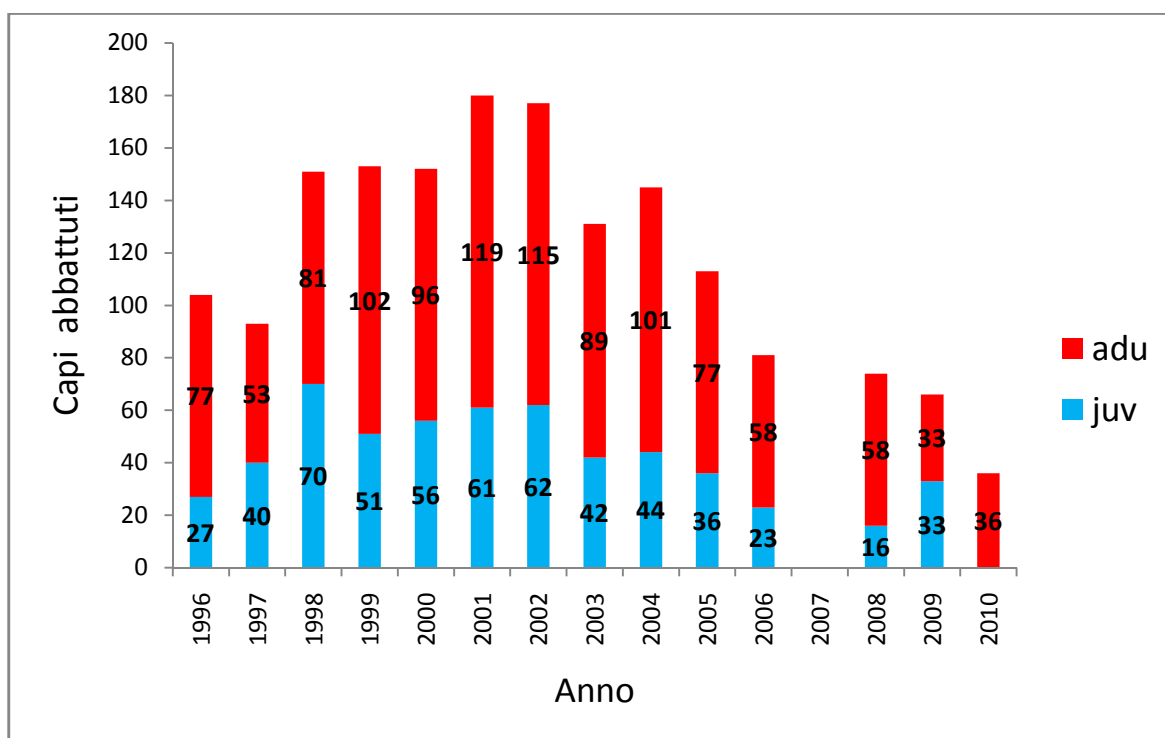


Fig. 5 – Capi di Pernice bianca abbattuti dal 1996 al 2010 nei Comprensori Alpini del Piemonte.



Le cause del declino sono da attribuirsi a una cattiva gestione, caratterizzata, dagli anni '80, da un eccessivo prelievo venatorio rapportato alle conoscenze riguardo alle reali consistenze delle popolazioni allora presenti, favorito anche da una rete stradale e sentieristica più sviluppata (Scherini e Tosi, in De Franceschi, 1992), ad alterazioni ambientali conseguenti all'uso turistico della montagna e al disturbo che questo comporta alla specie (Bocca, 1990). Essendo una specie che non presenta fluttuazioni regolari (Cattadori e Hudson, 2000), ma che soffre ogni anno della variabilità meteorologica che influisce pesantemente sul successo riproduttivo (Novoa et al. 2008), il disturbo antropico legato alla caccia e al turismo di massa può destabilizzare velocemente le popolazioni dell'arco alpino, soprattutto le più isolate.

1.2. Precisione e accuratezza nei metodi di censimento

La valutazione numerica delle dimensioni delle popolazioni animali è da tempo al centro degli interessi di quanti studiano la dinamica delle popolazioni con fini scientifici o gestionali. In entrambi i casi, le stime che nascono dai censimenti devono essere il più possibile precise e vicine alla realtà per poter essere utilizzate ad esempio nei calcoli relativi alle mortalità ed agli incrementi e per fornire quindi un supporto valido ai piani di gestione. Nel caso di specie sottoposte a prelievo, è necessario arrivare ad un buon livello di precisione per non compromettere l'esistenza delle popolazioni stesse e per mantenerle a consistenze tali da assicurare le massime produttività. Nel caso di specie protette e a rischio di estinzione la precisione e l'accuratezza dei metodi sono indispensabili per la definizione dello stato delle popolazioni e per valutarne le tendenze e per pianificare tutte le azioni gestionali volte a migliorarne lo stato di conservazione.

Negli ultimi anni i metodi di censimento della fauna selvatica si sono evoluti seguendo criteri tendenti ad ottimizzare il rapporto tra i costi e il rendimento delle operazioni. In particolare gli sforzi dei ricercatori si sono diretti alla riduzione del personale e dei tempi necessari e, contemporaneamente, sono state adottate elaborazioni dei dati sempre più complesse, tendenti a ridurre, o perlomeno a

quantificare, i margini di errore caratteristici di ogni metodo. L'uso di metodi di analisi statistica ha poi permesso di confrontare i dati provenienti da metodologie di rilievo e situazioni ambientali diverse con grande vantaggio per la ricerca scientifica (Meriggi, 1989).

Su tutto l'arco alpino viene comunemente utilizzato il metodo di Bossert (Bossert, 1977, 1995; Fasel e Zbinden 1983; Huber e Ingold 1991; Morscheidt 1994, Zohmann e Wöss, 2008). Tale metodo prevede la suddivisione dell'area oggetto di studio in diverse sezioni utilizzando elementi topografici come confini (ad esempio le creste dei rilievi). All'interno di queste sezioni vengono di norma condotti dei conteggi dei maschi al canto da un numero variabile di punti di ascolto, a distanze comprese tra i 150 e i 700 metri. I punti di ascolto vengono effettuati in orari generalmente compresi tra le 3:00 e le 6:30. Tale metodo risulta molto dispendioso in termini di sforzo di campionamento, in quanto per coprire una zona sufficientemente rappresentativa dell'area di studio è necessario coinvolgere diversi operatori, considerando il fatto che i punti vengono di norma effettuati simultaneamente. Un'altra criticità riscontrabile in questo metodo risiede nel fatto che la decisione della superficie di riferimento, su cui calcolare la densità degli individui o delle coppie, viene solitamente decisa a priori e si assume che tutti gli individui all'interno di tale superficie vengono osservati. Questo pone un limite non indifferente al metodo, in quanto il comportamento stesso, molto elusivo, della Pernice bianca e l'ambiente in cui vive, rendono molto bassa la probabilità di contattare l'animale, anche se presente. Il rischio di sottostimare la popolazione dunque è elevato. Inoltre al fine di definire lo stato ma soprattutto la tendenza delle popolazioni, tale metodo non consente di apprezzare una significatività statistica delle eventuali variazioni negli anni. L'applicazione di tecniche di censimento innovative può essere di aiuto per capire quanto l'accuratezza delle diverse metodiche sia distante dal valore reale della dimensione di una popolazione (Meriggi, 1988). Nell'ottica di applicare modelli predittivi qualitativi e quantitativi che interpretino in maniera veritiera le preferenze ambientali delle specie monitorate, diventa necessario individuare metodiche di censimento che siano il più possibile precise e accurate, oltre che di facile applicazione e che comportino un contenuto utilizzo di risorse umane, economiche e di tempo.

La Pernice bianca alpina è una sottospecie della quale le conoscenze sulle densità e la distribuzione sono tuttora frammentarie e carenti. Per questo urgono delle

azioni volte a ingrandire il bagaglio scientifico e bibliografico, concentrandosi su quali azioni o interventi possano servire a predisporre piani di gestione, conservazione e salvaguardia efficaci e precisi.

2. Scopi della ricerca

Gli scopi di questa ricerca sono stati la verifica dei metodi di censimento comunemente adottati per la Pernice bianca e la sperimentazione di nuovi metodi, l'aggiornamento dei modelli d'idoneità ambientale esistenti per la specie in Piemonte e la definizione delle richieste di habitat per i maschi di pernice bianca nel periodo della definizione dei territori e della formazione delle coppie.

2.1. Verifica dei metodi di censimento utilizzati e sperimentazione di metodi innovativi

Le metodiche classiche di censimento dei Galliformi sono di norma traducibili in stime di densità, ottenute rapportando il numero di individui osservati a una superficie di censimento. Tale superficie di solito viene stimata sulla base di alcuni parametri che possono variare in relazione alle caratteristiche del territorio in esame e degli operatori coinvolti. Per esempio, nel caso dei censimenti al canto, la superficie coperta dal censimento è definita in base alla distanza massima entro cui è possibile udire l'emissione canora. Questa però può variare in dipendenza da diversi fattori, spesso imprevedibili e di difficile misurazione, e influenzare, di conseguenza, la superficie di riferimento per la stima della densità. Alcuni esempi di tali fattori sono l'intensità e la direzione del vento, l'orografia del terreno, la vegetazione e, non ultima, la capacità di ogni operatore. Per avere la sicurezza di contattare tutti gli individui entro la distanza considerata, spesso si riduce tale distanza, perdendo in tal modo tutte quelle osservazioni fatte oltre tale distanza; la riduzione proporzionale della superficie esplorata dell'area di studio comporta, inoltre, un aumento dello sforzo di monitoraggio.

In questo studio sono state confrontate le metodiche classiche di censimento con il metodo *Distance Sampling* (Burnham et al., 1980; Buckland et al., 2001; Thomas et al., 2010). Questo metodo ha tre principali vantaggi: a) per ottenere una stima di densità degli individui, non è necessario conoscere a priori l'estensione dell'area campione, b) non tutti gli individui all'interno dell'area campione devono essere contattati e c) tutte le osservazioni possono essere utilizzate, senza avere un raggio massimo di riferimento. E' stato, quindi, sperimentato il metodo di

censimento *Distance Sampling* in alcune aree campione in parallelo alle metodiche classiche, così da valutare l'efficacia, lo scostamento delle stime e le stime degli errori dei metodi e la possibilità di utilizzo del metodo su larga scala.

2.2. Aggiornamento dei modelli di vocazionalità

I modelli sono semplificazioni e astrazioni di sistemi complessi, naturali o artificiali (Massolo & Meriggi, 1995). In ambito faunistico, i modelli matematici sono i più utilizzati, in particolare quelli stocastici sono quelli che meglio rappresentano un sistema ambientale, perché tengono in considerazione la variabilità casuale che caratterizza tali sistemi. Un modello di valutazione dell'idoneità ambientale ha lo scopo di fornire una sintesi delle informazioni relative alle relazioni tra ambiente e popolazioni animali in modo da facilitarne la comprensione e permettere quindi l'applicazione del modello stesso. Tali informazioni saranno preziose nella programmazione di quegli interventi gestionali volti alla conservazione della specie o della popolazione su cui è stato formulato il modello. Esse evidenzieranno le criticità, legate per esempio alla disponibilità di habitat idonei o alla frammentazione dell'areale di distribuzione, e individueranno le dinamiche che condizionano il rapporto ambiente-popolazione, fornendo informazioni sulle esigenze ambientali della specie da gestire o sulle limitazioni che determinate interazioni ambientali possono generare e prevedendo nuovi stati del sistema. Possono essere utilizzati diversi approcci alla modellistica statistica: nel presente studio è stato formulato un modello con il metodo della massima entropia, che fornirà la probabilità di presenza della Pernice bianca in relazione a determinate variabili eco-geografiche.

2.3. Selezione dell'habitat dei maschi territoriali di Pernice bianca

Per il sostentamento delle popolazioni animali sono necessarie adeguate quantità di risorse utilizzabili. È importante, quindi, identificare quali risorse siano utilizzate dagli animali e capire quale sia la loro disponibilità. Se le risorse sono utilizzate in maniera non proporzionale rispetto alla loro disponibilità, significa che le

popolazioni animali operano una selezione. Il bisogno di ottenere tale informazione diventa di vitale importanza soprattutto per la conservazione delle specie minacciate e nella gestione delle popolazioni soggette a prelievo. Conoscere quali risorse vengano selezionate è di particolare interesse per capire la biologia degli animali e comprendere quali scelte operino nella scelta degli habitat. La selezione delle risorse può essere indagata e misurata comparando le tre possibili categorie di utilizzo delle risorse: uso, non uso, disponibilità (Manly et al., 2002). È, quindi, interessante e indispensabile capire come la Pernice bianca selezioni i territori per la riproduzione, in particolare verificando quali habitat i maschi in canto selezionino durante la stagione in cui si formano le coppie. L'individuazione delle aree idonee alla nidificazione di una specie così delicata e suscettibile soprattutto al disturbo antropico, è di fondamentale importanza e permette di poter tutelare e proteggere le porzioni di territorio interessato soprattutto nei periodi di possibile maggior disturbo, il momento del canto, della difesa del territorio e della formazione delle coppie, l'incubazione delle uova e le prime settimane di vita delle nidiate.

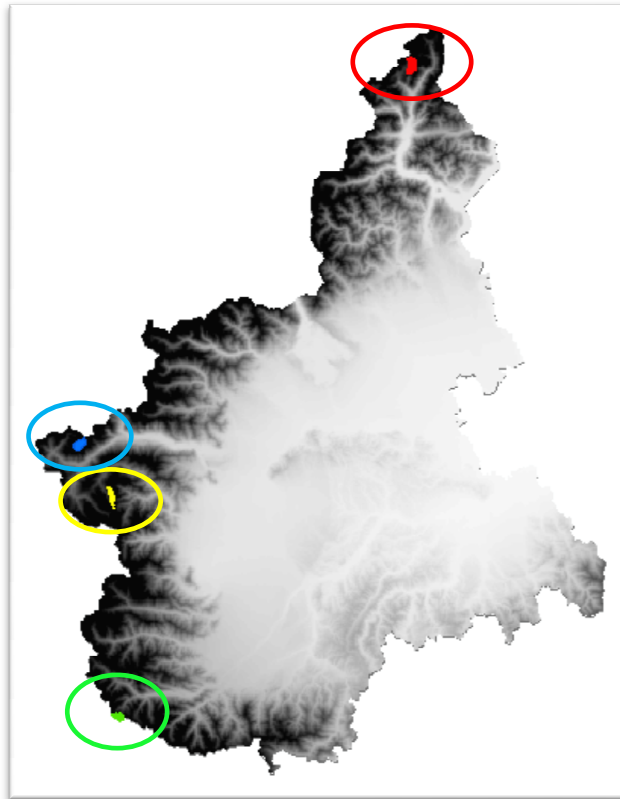
3. Aree di studio

Lo studio è stato effettuato nella regione Piemonte, nelle provincie del Verbano-Cusio-Ossola, di Torino e di Cuneo negli anni 2010 e 2011.

Per il primo anno sono state scelte due aree di studio all'interno di zone protette, per ridurre il più possibile l'influenza del disturbo antropico sulla distribuzione spaziale degli animali e sulla densità, e in base alla presenza accertata della specie con densità medio-elevate per avere un numero di osservazioni sufficienti per il trattamento statistico. La dimensione di tali aree doveva essere sufficiente (almeno 1000 ettari) per predisporre un campionamento rappresentativo delle caratteristiche ambientali e delle variazioni spaziali di densità. Le due aree sono state individuate all'interno del Parco Naturale dell'Alpe Veglia e dell'Alpe Devero, nel Verbano-Cusio-Ossola, e all'interno del Parco Naturale della Val Troncea, in provincia di Torino.

Durante il secondo anno di studio si è scelto di allargare lo studio anche a zone soggette a prelievo, individuando altre due aree di studio all'interno di altrettanti Comprensori Alpini. I Comprensori Alpini sono giuridicamente enti privati con finalità pubbliche per la gestione faunistica, venatoria e ambientale di una parte del territorio regionale. I Comprensori Alpini sono previsti dalla Legge 11 febbraio 1992 n° 157. La scelta delle ulteriori aree è ricaduta su un'area all'interno del Comprensorio Alpino Alta Valle Susa (Torino 02), l'altra nel Comprensorio Alpino Valle Stura di Demonte (Cuneo 04) (Fig. 6).

Fig. 6 - Le 4 aree di studio; in rosso l'area di studio al Parco Naturale Veglia Devero, in blu l'area nel Comprensorio Alpino TO02, in giallo l'area nel Parco Naturale Val Tronca, in verde L'area nel Comprensorio Alpino CN04.



Il Parco Naturale Veglia Devero, istituito con legge regionale n°32 il 14 marzo 1995, è situato nei comuni di Baceno, Crodo, Trasquera e Varzo. Si trova alla testata delle valli Divedro e Devero, al confine con la Svizzera, nelle Alpi Lepontine Occidentali. La superficie complessiva del parco è di 8539 ettari e lo sviluppo altitudinale è compreso tra i 1600 e i 3553 metri s.l.m. L'area di studio è stata individuata nella sezione nord-occidentale del parco, delimitata a ovest dai dirupi che sovrastano il bacino artificiale di Devero, a sud dalla cresta formata dal monte Corbernas (2578 m), il Pizzo della Valle (2667 m) e la Punta di Tanzonia (2684 m), a est dalla cresta compresa tra la Punta di Tanzonia, il Pizzo del Busin (2727 m) e il Monte Minoia (2800 m), a nord dal massiccio ofenhorn o Cima d'Arbola (3235 m); l'area si trova a un'altitudine media di 2387 metri s.l.m. e misura 1445 ettari. Al suo interno sono presenti soprattutto ambienti aperti, caratterizzati da praterie alpine e pascoli (47%), praterie rupicole (18%) e macereti e rocce (27%). Sono presenti alcune costruzioni, alcune di queste ancora utilizzate per l'alpeggio dei bovini: l'Alpe Forno, l'Alpe La Satta, l'Alpe della Valle, il

bivacco Ettore Conti al valico dello Scatta Minoia. La pendenza media è di 17,2° mentre l'esposizione prevalente è a sudovest.

Il Parco Naturale della Val Troncea, istituito con legge regionale n°45 il 16 maggio 1980, si trova interamente nel comune di Pragelato. Situato nelle Alpi Cozie, ha un'estensione di 3280 ettari e occupa la parte superiore del bacino del torrente Chisone, affluente del fiume Po. L'area di studio, che ha una superficie di 958 ettari, si trova sulla destra orografica del torrente, a un'altitudine media di 2570 metri s.l.m., delimitata a est dalla cresta che segna i confini del parco. Al suo interno sono presenti soprattutto ambienti aperti, caratterizzati da praterie rupicole (46%), praterie alpine e pascoli (17%) e rocce e macereti (12%). La monticazione del bestiame, soprattutto bovino, è ancora praticata. La pendenza media è di 23,3° mentre l'esposizione prevalente è sudovest.

L'area individuata all'interno del Comprensorio Alpino Alta Valle Susa si trova nelle Alpi Graie nei comuni di Bardonecchia, Oulx, Exilles e Salbertrand ed ha una superficie di 1355 ettari. L'ambiente è caratterizzato dalla presenza massiccia di rocce e macereti (70%) e da praterie alpine pascolate (19%) e praterie rupicole e pascoli non più utilizzati (11%). L'altitudine media è di 2750 metri s.l.m.

L'area individuata nel Comprensorio Alpino Valle Stura di Demonte si trova interamente nel comune di Vinadio, ha una superficie di 846 ettari e si trova all'interno delle Alpi Marittime. L'ambiente è caratterizzato da una dominanza di zone rocciose (79%), intervallate da praterie (5%) e praterie rupicole (12%). L'altitudine media è di 2380 metri s.l.m.

4. Materiali e metodi

4.1. Metodi di censimento

4.1.1. Raccolta dati

I conteggi dei maschi in comportamento territoriale sono stati condotti da punti d'ascolto e su transetti lineari, dal 28 maggio al 9 luglio, nel 2010, e dal 22 maggio al 6 luglio nel 2011. Nel 2010 sono state utilizzate due aree di studio (Parco Naturale Veglia-Devero e Parco Naturale Val Troncea), mentre nel 2011 a queste sono state aggiunte altre due aree (Comprensorio Alpino TO 2 e Comprensorio Alpino CN 4). Sia i punti d'ascolto, sia i transetti sono stati collocati nelle aree di studio in modo casuale utilizzando il *software* ArcGis 9.3 (ESRI); per collocare i punti sono state scelte coppie di coordinate casuali (X, Y) che ricadessero entro i confini delle aree di studio, mentre, per i transetti, sono stati scelti punti d'inizio casuali e direzioni, in gradi Nord, anch'esse casuali. Nell'area di studio del Parco Naturale Veglia Devero sono stati disposti 30 punti d'ascolto e 30 transetti (Fig. 7), mentre in ognuna delle altre aree (Parco della Val Troncea, CA TO 2 e CA CN 4) sono stati scelti 10 punti e 10 transetti (Figg. 8, 9 e 10). Per ogni area di studio metà dei transetti erano di 500 metri di lunghezza e metà di 1000 metri.

Fig. 7 - L'area di studio nel Parco Naturale Veglia Devero, con i punti d'ascolto e i transetti casuali.

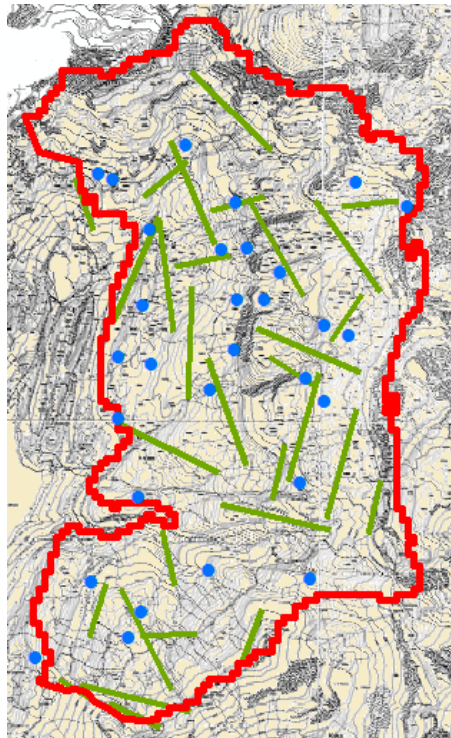


Fig. 8 - L'area di studio nel Parco Naturale Val Troncea, con i punti d'ascolto e i transetti casuali.

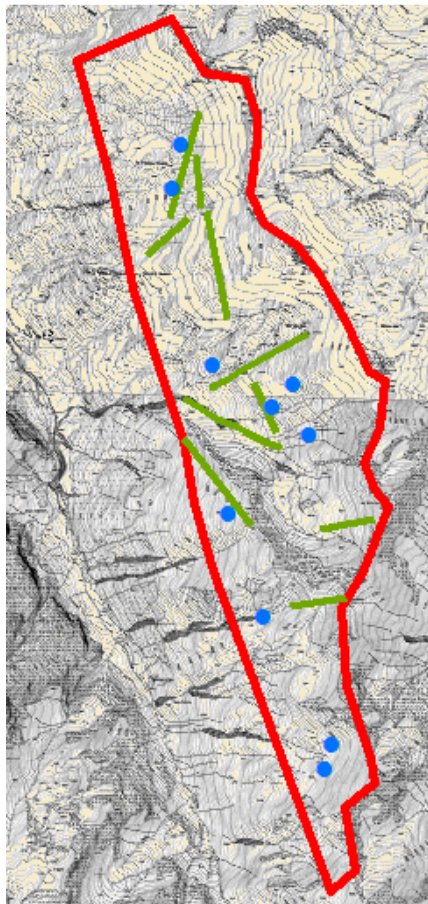


Fig. 9 - L'area di studio nel Comprensorio Alpino TO02, con i punti d'ascolto e i transetti casuali.

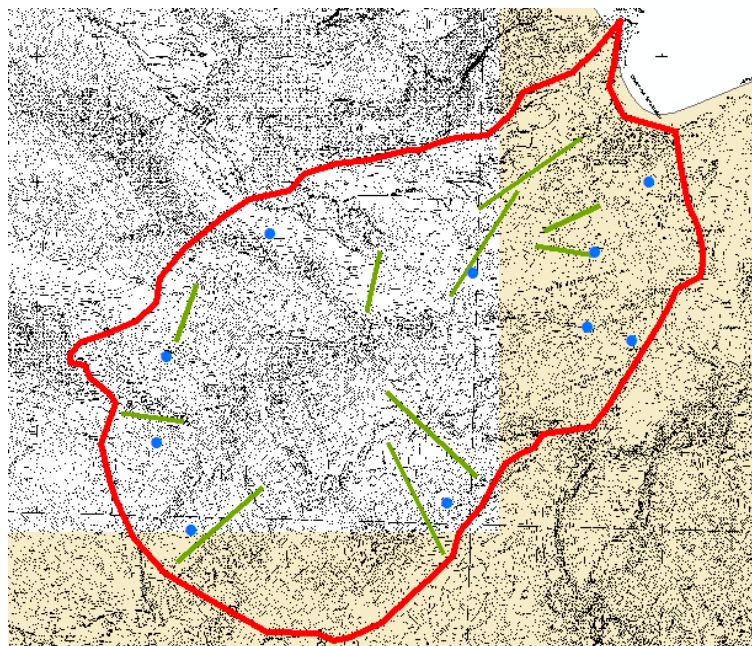
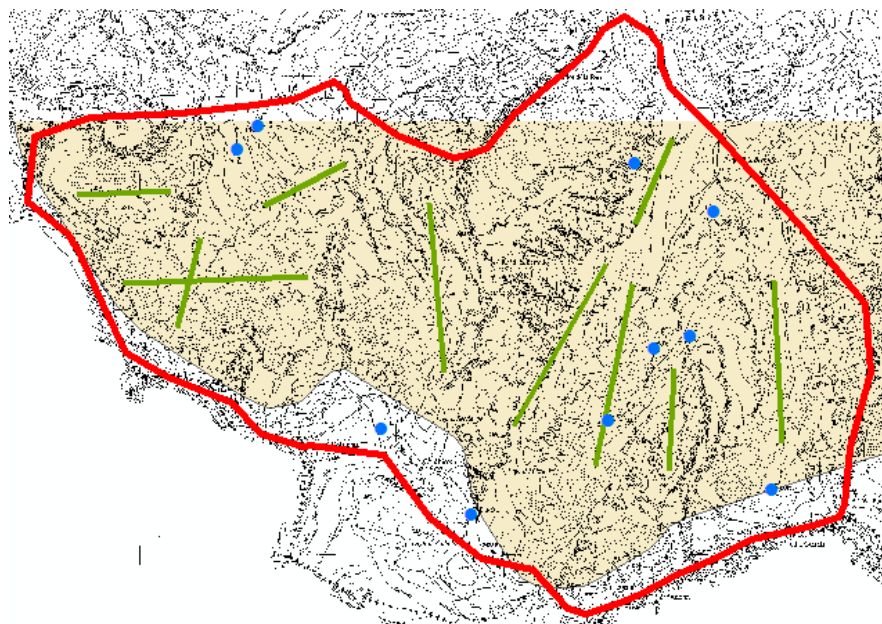


Fig. 10 - L'area di studio nel Comprensorio alpino CN04, con i punti d'ascolto e i transetti casuali.



I censimenti dai punti d'ascolto sono stati condotti al mattino e ripetuti alla sera, non necessariamente nella stessa giornata. L'ascolto, della durata di un'ora, è stato effettuato tra le 4.30 e le 5.30 del mattino e dalle 21.30 alle 22.30 della sera. Al fine di aumentare la contattabilità dei maschi in canto, è stato anche utilizzato il richiamo registrato (*play-back*) mediante magnetofoni portatili orientabili (Lockvögel Diana).

L'ascolto è stato effettuato secondo la seguente procedura: nei primi 30 minuti l'operatore rimaneva fermo registrando eventuali canti spontanei, nei successivi cinque minuti procedeva con la stimolazione acustica, emettendo tre richiami della durata di un minuto, a intervalli di 1 minuto, nei successivi dieci minuti registrava eventuali risposte. Seguiva, poi, un'altra stimolazione alternata e altri dieci minuti di ascolto per registrare eventuali ulteriori risposte. Ogni osservatore era munito di binocolo (ingrandimento minimo 8x40), di un telemetro, di un GPS grazie al quale raggiungeva le coordinate precise del punto, di un'apposita scheda di rilevamento (Fig. 11), di una mappa tratta dalla Carta Tecnica Regionale (CTR) e di una ortofotocarta in scala 1:10.000 riportanti il punto e l'area intorno ad esso (Fig. 12). Sulla scheda di rilevamento, oltre ad alcune informazioni riguardanti la situazione ambientale e meteorologica al momento del punto, sono state annotate tutte le osservazioni effettuate, con un numero progressivo e univoco per ogni differente individuo o coppia. In particolare sono state annotate l'ora e la distanza (in metri) di ogni osservazione, riportando sull'ortofotocarta la posizione di primo contatto di ogni osservazione. Per mappare l'esatta posizione dei contatti, sono stati precedentemente disegnati sulle carte dei *buffer* circolari concentrici intorno al punto a intervalli di 50 metri. Nell'eventualità che il punto fosse situato in luoghi non raggiungibili (scarpate, pozze, zone a rischio valanghe), sono state registrate le coordinate UTM del nuovo punto, individuato sul campo in una posizione più sicura per l'operatore, mantenendosi però il più possibile nelle vicinanze del punto originale.

Fig. 11 - Scheda di rilevamento per i censimenti da punti d'ascolto.

CENSIMENTO AL CANTO da punti di ascolto PERNICE BIANCA

Area di studio: Osservatore: Data:
 Punto di ascolto: Ora di inizio: X Y
 Ora fine: X Y

Cielo: Sereno Nuvoloso % Nuvoloso % Nuvoloso % Nuvoloso 4/4
 Copertura nevosa %: Spessore neve(cm): Visibilità (m):
 Pieggi: Assente Debole Media Forte Vento: Assente Debole Medio Forte

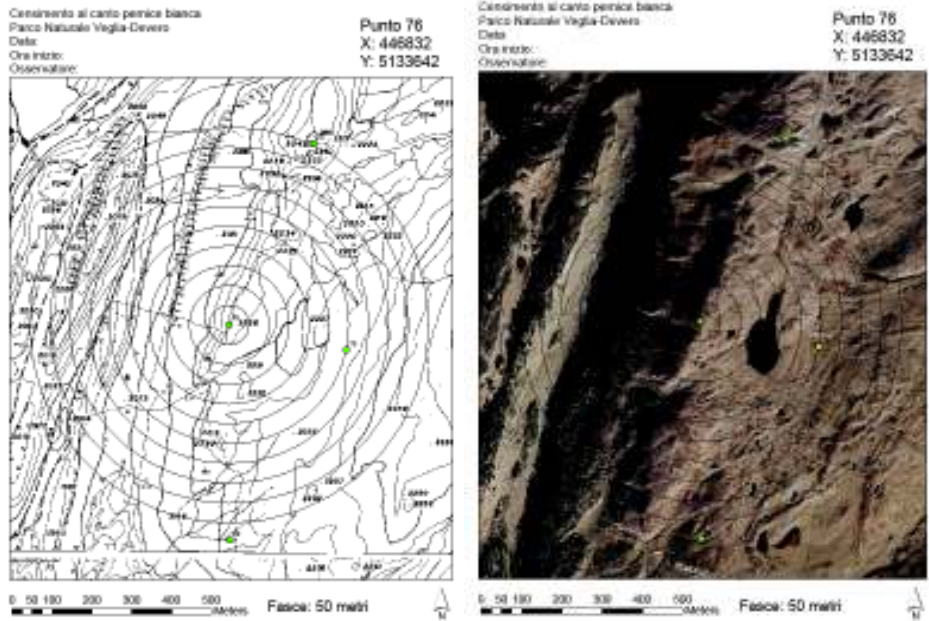
INDIVIDUI ASCOLTATI

N° Oss.	Ora inizio attività	Ora fine attività	Canto spontaneo	I 5km alternata	II 5km alternata	Distanza radiale (m)	Ambiente	Note

INDIVIDUI OSSERVATI

N° Oss.	Ora	Individuo singolo			Coppia	Distanza radiale (m)	Ambiente	Note
		Maschio	Femmina	Indet.				

Fig. 12 - Mappa (Carta Tecnica Regionale) e ortofoto di un punto d'ascolto effettuato al Parco Veglia Devero.



Anche i transetti sono stati percorsi al mattino e ripetuti alla sera, anche questi non necessariamente nella stessa giornata, in un orario compreso tra le 5.30 e le 7.00 al mattino e tra le 20.00 e le 21.30 alla sera. I transetti sono stati percorsi mantenendo velocità costante (passo di montagna), cercando di mantenere la linea più rettilinea possibile tra un estremo e l'altro del segmento. Ogni osservatore era munito di un binocolo (minimo 8x40), un telemetro, un GPS col quale si orientava durante la percorrenza del transetto, un'apposita scheda di rilevamento (Fig. 13), di una mappa tratta dalla Carta Tecnica Regionale (CTR) e di un'ortofotocarta in scala 1:10.000 riportanti il transetto e l'area circostante (Fig. 14). Ogni osservazione è stata annotata sulla scheda di rilevamento con un numero progressivo e univoco per ogni differente individuo. In particolare, le informazioni annotate per ogni osservazione erano l'ora e la distanza perpendicolare in metri dal transetto. Nel caso non fosse possibile misurare la distanza perpendicolare, veniva misurata la distanza tra osservatore e individuo o coppia osservati e l'angolo in gradi tra l'osservazione e il transetto percorso; in questo modo è stato possibile calcolare la distanza perpendicolare dell'osservazione dal transetto con una semplice operazione trigonometrica. Tutti gli individui sono stati mappati sull'ortofotocarta nella posizione del primo contatto; per aiutarsi, sono state disegnate mediante software GIS delle fasce da 50 metri intorno a ogni transetto. Sulla scheda sono state registrate anche informazioni relative a dati ambientali e meteorologici. Nelle situazioni in cui, sul campo, l'osservatore si rendeva conto di non poter percorrere la totalità del transetto (per la presenza di dirupi, pareti, zone con pericolo di valanghe), sono state registrate le coordinate UTM del punto al quale era riuscito ad arrivare per tenere conto dei metri realmente percorsi.

Fig. 13 - Scheda di rilevamento per i censimenti da transetto.

CENSIMENTO da transetti PERNICE BIANCA

Area di studio: Osservatore: Data:
 N° transetto: Ora di inizio: Ora fine:

Cielo: Sereno Nuvoloso % Nuvoloso % Nuvoloso 4/4
 Copertura nevosa (%): Spessore neve(m): Visibilità (m):
 Poggia: Assente Debole Media Forte Vento: Assente Debole Medio Forte

INDIVIDUI ASCOLTATI

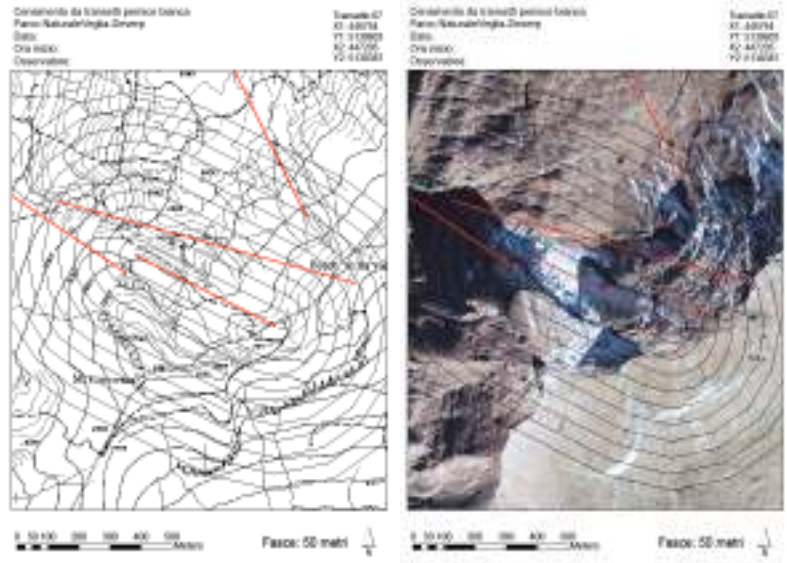
N° Ora	Ora	Distanza pop (m)	Distanza lineare (m)	Angolo (tra/tra) (°)	Ambiente	UTM		Note
						X	Y	

INDIVIDUI OSSERVATI

N° Ora	Ora	Individui (specie)			Coppie	Distanza pop (m)	Distanza lineare (m)	Angolo (tra/tra) (°)	Ambiente	UTM		Note
		PERNICE	PERNICE	PERNICE						X	Y	

NOTE _____

Fig. 14 - Mappa (Carta Tecnica Regionale) e ortofoto di un transetto nel Parco Veglia Devero.



4.1.2. Analisi dei dati e stima delle densità

Per evidenziare se ci fossero differenze significative tra le medie dei contatti effettuati al mattino e alla sera sono stati effettuati per entrambi gli anni test per dati appaiati di Wilcoxon.

Con i dati raccolti dai punti d'ascolto e dai transetti lineari, sono stati ottenuti gli indici relativi di abbondanza, calcolando l'indice puntiforme di abbondanza (IPA) e l'indice chilometrico di abbondanza (IKA) relativi alle due stagioni.

Le stime di densità sono state ottenute col metodo *Distance Sampling*, utilizzando le distanze delle osservazioni sia dai punti d'ascolto (metodo *point transect*) sia dai transetti (metodo *line transect*), per verificare l'effettiva superficie coperta dal censimento. Le osservazioni considerate sono state solo le prime per ogni eventuale individuo contattato in ogni punto o transetto. Il metodo prevede il calcolo di una funzione di contattabilità $y=g(x)$ che rappresenta la probabilità di contattare un oggetto ad una distanza radiale x dal punto di ascolto, o a una distanza perpendicolare z nel caso dei transetti. Generalmente la probabilità decresce con l'aumentare della distanza e $g(x)$ risulta compresa tra 1 (probabilità del 100% di contattare l'oggetto) e 0 (probabilità nulla di contatto); si assume che a distanza zero dal punto o dal transetto la probabilità sia massima, cioè $g(0)=1$. Utilizzando il programma DISTANCE 6.0 (Burnham et al., 1980; Buckland et al., 2001; Thomas et al., 2010) si possono ottenere diversi modelli di $g(x)$, tra i quali viene scelto quello che meglio si adatta alla distribuzione osservata delle distanze, in base al valore dell'AIC (*Akaike Information Criterion*, Akaike, 1973) che fornisce un metodo quantitativo per la selezione del modello basato sulla massima *likelihood* e sul numero di parametri che entrano nel modello. Un basso valore di AIC indica una migliore aderenza della funzione di contattabilità alla distribuzione dei dati raccolti che viene rappresentata con un istogramma. L'adattamento del modello viene saggiato con il test del chi-quadrato e col valore di P e compreso tra 0 e uno; più il valore di P si avvicina a 1, migliore è l'adattamento della $g(x)$ calcolata alla distribuzione delle distanze osservate. Con la funzione di contattabilità si ottiene una stima della densità della popolazione, con relativi limiti fiduciali e coefficiente di variazione; inoltre viene anche stimato l'ESR (*Effective Search Radius*) che rappresenta il raggio della

superficie circolare (centrata sul punto d'ascolto) coperta dal censimento o, nel caso dei transetti lineari, l'ESW (*Effective Strip Width*) che rappresenta la larghezza della fascia coperta dal censimento.

Il metodo descritto offre un alto grado di flessibilità nella raccolta e analisi dei dati, purchè vengano rispettate tre assunzioni fondamentali, che massimizzano l'accuratezza della tecnica. La prima è che gli animali a distanza zero dal punto o dal transetto siano sempre contattati; la violazione di questa assunzione porta ad una sottostima della densità. La seconda assunzione è che gli animali siano contattati nella loro posizione iniziale, cioè che il contatto non avvenga successivamente ad uno spostamento legato al disturbo provocato dagli osservatori. Anche in questo caso una violazione dell'assunto porta a una sottostima della densità reale. La terza assunzione è che le distanze radiali vengano stimate correttamente. La prima e l'ultima delle assunzioni sono dipendenti dal disegno sperimentale, dall'attrezzatura e dall'esperienza degli osservatori; la seconda assunzione dipende invece dalla risposta della specie all'avvicinarsi degli osservatori. Oltre alle assunzioni descritte sopra, per ottenere stime affidabili e precise con questo metodo è necessario avere un numero di osservazioni sufficiente perché la variabilità della stima sia contenuta (Burnham et al., 1980).

4.1.3. Confronto con altri metodi

Nell'area di studio intensiva è stata ottenuta una stima di densità anche col metodo che utilizza un raggio fisso d'ascolto costante, rapportando il numero di animali contattati in ogni punto alla superficie del cerchio di un raggio fisso di riferimento. Tale raggio è stato scelto in modo che contenesse l'80% delle osservazioni totali. E' stata calcolata una densità media su tutti i punti di ascolto e transetti utilizzati e i relativi intervalli fiduciali. Per entrambi i metodi (*Distance sampling* e raggio fisso) i punti sono stati ricampionati casualmente n volte ricalcolando la stima della densità degli animali, lasciando fuori dal campione un'osservazione (un punto) alla volta ($n, n-1, n-2, n-3, \dots, n-n$). Per ogni ricampionamento la variabilità della stima ottenuta è stata messa in relazione al numero di punti utilizzati. In particolare sono state effettuate analisi

di regressione con stima di curve tra il coefficiente di variazione (CV%) e il numero di punti di ascolto o di transetti utilizzati. Dalle regressioni ottenute è stato possibile risalire al numero di punti necessari per ottenere un errore (il coefficiente di variazione) inferiore al 10%, per ognuno dei due metodi. Infine sono stati effettuati dei confronti tra le medie dei valori di densità ottenuti dai ricampionamenti con i due metodi. Il confronto è stato effettuato mediante test T di *Student* per campioni indipendenti.

4.2. Modelli qualitativi d' idoneità ambientale

La formulazione dei modelli qualitativi ha richiesto l'acquisizione d'informazioni sugli ambienti nell'areale di diffusione in Piemonte della Pernice bianca. La Regione ha reso disponibili le carte di uso del suolo dell'intera area piemontese e una banca dati comprendente 1300 osservazioni raccolte tra il 1993 e il 2010, da vari enti e parchi della regione, sia in periodo primaverile (censimenti al canto), sia in periodo tardo estivo e autunnale (censimenti con i cani da ferma, abbattimenti, osservazioni dirette o segni di presenza), sia osservazioni invernali (osservazioni dirette e segni di presenza). Il modello è stato ottenuto utilizzando questi dati, prendendo in considerazione solo i dati relativi a osservazioni effettuate in periodo primaverile-estivo e unite alle osservazioni effettuate durante il lavoro di campo nei due anni.

La presenza della specie è stata messa in relazione alle caratteristiche ambientali del territorio, misurate dalla cartografia digitalizzata tematica disponibile per la regione Piemonte. In particolare sono state misurate le variabili relative a:

1. uso del suolo ("Carta forestale e degli altri usi del territorio"),
2. altitudine (DTM),
3. pendenza dei versanti (DTM),
4. esposizione (DTM).

Le variabili ambientali sono state misurate entro i limiti altitudinali di distribuzione della specie, mediante ArcGis 9.3.

Il metodo utilizzato è stato la modellizzazione della massima entropia (MaxEnt, Phillips et al., 2004, 2006). Il principio della massima entropia è un metodo universale per fare predizioni o inferenze partendo da dati incompleti. Tale principio venne introdotto da E.T. Jaynes in un articolo incentrato sull'inferenza statistica (Jaynes, 1957). Il Principio della Massima Entropia è enunciato nella seguente definizione: *“In presenza di dati e/o evidenze sperimentali riguardanti un ben determinato fenomeno fisico-statistico per stimarne la relativa distribuzione di probabilità è sufficiente scegliere un modello che sia consistente con i dati disponibili, ma che altrove abbia la massima entropia”*. Massimizzare l'entropia di una distribuzione di probabilità, significa generalizzarne il comportamento statistico su tutto ciò che non è conosciuto a priori. Si massimizza cioè l'incertezza assunta sui parametri del sistema non noti, ottenendo dei modelli basati solo su dati certi. Il metodo MAXENT applicato alla distribuzione geografica di specie animali è stato messo a punto recentemente da Phillips e collaboratori (2004, 2006) ed è stato creato un software per l'applicazione del metodo.

Il metodo offre diversi vantaggi, tra cui: a) sono necessari solo dati di presenza, b) può utilizzare sia dati continui sia categorici, c) sono stati sviluppati efficienti algoritmi deterministici, che garantiscono di convergere all'ottimale (massima entropia) distribuzione della probabilità di presenza.

4.3. Analisi della selezione dell'habitat

L'analisi di selezione dell'habitat è stata effettuata solo nell'area di studio intensivo (Parco Naturale Veglia-Devero). Per tale area ogni singola osservazione di maschio in canto delle due stagioni di ricerca è stata riportata su software GIS e georeferenziata. Per le analisi ambientali, il Parco Naturale Veglia Devero ha fornito una carta di uso del suolo, sulla quale, a differenza dell'uso del suolo fornito dalla Regione, le variabili ambientali erano descritte con un maggiore dettaglio. Per valutare se nell'area di studio la Pernice bianca selezioni alcune caratteristiche ambientali rispetto ad altre è stato necessario confrontare l'uso con la disponibilità. In una prima fase sono state definite all'interno dell'area di studio le variabili eco-geografiche per mezzo delle carte dell'uso del suolo, dell'esposizione, della

pendenza e dell'altitudine (DTM della regione Piemonte). La proporzione di disponibilità per ogni variabile è stata calcolata dal rapporto tra la superficie totale coperta da ogni variabile e la superficie complessiva dell'area di studio. L'analisi della selezione dell'habitat è stata effettuata confrontando le frequenze osservate (f.o.) nei diversi habitat, esposizioni, pendenze e fasce altimetriche con le frequenze attese (f.a.), calcolate in base all'ipotesi nulla (H_0) per cui gli individui utilizzino l'ambiente in base alla disponibilità e ottenute moltiplicando il numero totale degli individui osservati per la proporzione di disponibilità di ogni variabile eco-geografica. Questa analisi è stata condotta separatamente per le osservazioni del 2010, del 2011 e unendo le osservazioni dei due anni. Il confronto tra f.o. e f.a. è stato effettuato mediante il test del χ^2 per l'adattamento di una distribuzione osservata ad una attesa, secondo la formula:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(f.o. - f.a.)^2}{f.a.}$$

La significatività del test è stata valutata in base al valore del χ^2 e al numero di gradi di libertà (g.l.), con g.l.=N-1, dove N è il numero delle variabili eco-geografiche prese in considerazione. Per approfondire l'analisi del test del χ^2 , in modo da poter individuare, qualora fossero state evidenziate, quali siano esattamente le variabili per le quali esiste una differenza significativa tra uso e disponibilità, sono stati utilizzati gli Intervalli Fiduciali di Bonferroni, secondo la formula:

$$PUO_i \pm Z_{\alpha/2k} \sqrt{\frac{PUO_i(1 - PUO_i)}{N}}$$

Dove PUO_i è la proporzione d'uso osservata per ogni variabile, α è il livello di probabilità a 0.05, k è il numero delle variabili, $Z_{\alpha/2k}$ è il valore tabulare normale standard corrispondente all'integrale di probabilità a una coda di $\alpha/2k$ e N il numero totale delle osservazioni.

Calcolando gli Intervalli Fiduciali per le proporzioni d'uso per ogni variabile si è verificato se le corrispondenti proporzioni di disponibilità cadessero all'interno o all'esterno dell'intervallo, nel qual caso la differenza era considerata significativa ($P < 0.05$) (Meriggi, 1989).

4.4. Modelli quantitativi

Utilizzando i dati di densità raccolti con i censimenti nell'area intensiva del Parco Naturale Veglia-Devero, è stata effettuata un'analisi di regressione multipla (ARM), per individuare le variabili ambientali che influenzano la densità della Pernice bianca. Per questa analisi intorno ai punti d'ascolto sono stati creati dei buffer di 300 m al cui interno sono state misurate le variabili relative all'uso del suolo, all'esposizione, alla pendenza e all'altimetria. Successivamente la densità stimata in ogni punto è stata messa in relazione con le variabili ambientali mediante analisi di regressione multipla. La tecnica utilizzata è basata su un'equazione lineare del tipo:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_ix_i$$

che consente di prevedere il valore della variabile dipendente y qualora siano noti i valori di alcune variabili indipendenti x_i . Il contributo dell'aumento di una unità del valore di una variabile indipendente è rappresentato dal suo coefficiente b detto appunto Coefficiente di Aumento Unitario. La stima dei coefficienti o parametri si ottiene utilizzando il metodo dei minimi quadrati.

Attraverso tecniche di selezione (*Stepwise forward, backward selection*) è stato possibile selezionare la combinazione di variabili che meglio descrive l'andamento di valori della variabile dipendente, cioè le variabili che presentano i migliori valori di R^2 (coefficiente di determinazione o percentuale di varianza spiegata), T (significatività dei coefficienti parziali di regressione) e F (significatività della regressione multipla nel suo complesso). Sono stati ottenuti due differenti modelli: uno per il 2010, uno per il 2011. Per ogni modello è stato calcolato il fattore di

inflazione della varianza (VIF, *Variance Inflation Factor*) per individuare un'eventuale collinearità tra le variabili (Zuur et al. 2010). Per validare i modelli finali è stato effettuato un test di Kolmogorov-Smirnov per la normalità dei residui e un test di Durbin-Watson per l'autocorrelazione degli stessi (Durbin & Watson 1950, Pires & Rodrigues 2007). Per valutare l'importanza di ogni variabile è stata calcolata la variazione di R^2 per ogni step e la sua significatività.

5. Risultati

5.1. Dati raccolti nelle stagioni di campo 2010 e 2011

Nel 2010 in nessuna delle due aree di studio è stato possibile coprire tutti i punti di ascolto e i transetti originariamente programmati, a causa delle abbondanti nevicate verificatesi durante la prima metà del mese di maggio. In totale sono stati effettuati 47 punti d'ascolto (7 solo al mattino, 4 solo alla sera e 18 ripetuti mattino e sera) e sono stati percorsi 20,9 Km di transetti (14,4 Km al mattino e 5,5 Km alla sera) al Parco Naturale Veglia Devero, mentre nel Parco Naturale Val Troncea sono stati effettuati 11 punti d'ascolto (3 solo al mattino e 4 ripetuti mattino e sera) e percorsi 6,5 Km di transetti (5 Km al mattino e 1,5 Km alla sera).

Nel 2011 nel Parco Naturale Veglia Devero sono stati effettuati tutti i 30 punti d'ascolto con le ripetizioni mattino/sera previste e percorsi 42,4 Km di transetti (22,4 Km al mattino e 20 Km alla sera). Nel Parco Naturale Val Troncea sono stati effettuati e ripetuti alla sera tutti i 10 punti d'ascolto previsti e percorsi 13,4 Km di transetti (6,9 Km al mattino e 6,5 Km alla sera). Nel Comprensorio Alpino Alta Valle Susa TO02 sono stati effettuati mattino e sera tutti i 10 punti d'ascolto previsti e percorsi tutti i 7,5 Km di transetti previsti (ripetuti mattino e sera, 15 Km). Nel Comprensorio Alpino Valle Stura di Demonte CN04 tutti e 10 i punti d'ascolto previsti sono stati effettuati, ma solo 3 sono stati ripetuti mattino e sera, mentre 4 sono stati effettuati solo al mattino e 3 solo alla sera; per quanto riguarda i transetti, sono stati percorsi 9 Km di cui 4,5 Km al mattino e 4,5 Km alla sera.

5.1.1. Transetti lineari e indici chilometrici di abbondanza

Nella stagione 2010, sui complessivi 27,4 Km percorsi, le osservazioni di maschi di Pernice bianca in canto sono state in totale 10, rispettivamente 9 nel Parco Naturale Veglia-Devero per un IKA complessivo di 0,43 e 1 nel Parco Naturale della Val Troncea per un IKA pari a 0,15. Nel 2011, sui complessivi 79,8 Km percorsi nelle 4 aree di studio, sono stati osservati 18 maschi di

Pernice bianca, gli IKA dei maschi sono variati da 0,12 nel Parco Naturale Veglia-Devero a 0,40 nel Comprensorio alpino To2 (Tab. 1). Le osservazioni di Pernice Bianca da transetto sono risultate insufficienti per procedere con le successive analisi.

Tab. 1 – Valori degli IKA dei maschi di Pernice bianca nelle quattro aree monitorate (PNVD: Parco Naturale Veglia-Devero, PNVT: Parco Naturale Val Troncea, CA TO2: Comprensorio alpino Torino 2, CA CN4: Comprensorio alpino Cuneo4).

2010	IKA mattino	IKA sera	IKA totale
PNVD	0,49	0,36	0,43
PNVT	0,20	0,00	0,15
2011			
PNVD	0,22	0,00	0,12
PNVT	0,14	0,46	0,30
CA To2	0,53	0,27	0,40
CA Cn4	0,40	0,0	0,22

5.1.2. Punti d'ascolto e indici puntiformi di abbondanza

Nel 2010 nei complessivi 58 punti d'ascolto effettuati, sono stati contattati 76 maschi in canto di Pernice bianca dei quali 59 nel Parco Naturale Veglia Devero (46 al mattino e 13 alla sera) per un IPA complessivo di 1,25 e 17 nel Parco Naturale Val Troncea (14 al mattino e 3 alla sera) per un IPA calcolato pari a 1,54. Nel 2011, nei complessivi 114 punti effettuati, sono stati contattati 101 maschi di Pernice bianca, rispettivamente 56 nel Parco Naturale Veglia Devero (40 al mattino e 16 alla sera) per un IPA complessivo pari a 0,93, 21 nel Parco Naturale Val Troncea (15 al mattino e 6 alla sera) per un IPA di 1,05, 16 nel Comprensorio Alpino To2 (13 al mattino e 3 alla sera) per un IPA pari a 0,80 e 8 nel Comprensorio Alpino Cn4, 5 al mattino e 3 alla sera per un IPA di 0,57 (Tab. 2). I punti sono stati ripetuti mattino e sera, con l'eccezione dell'area

di studio non intensivo del CN04, dove solo 4 punti sono stati ripetuti, mentre 2 sono stati fatti solo al mattino e 3 solo alla sera.

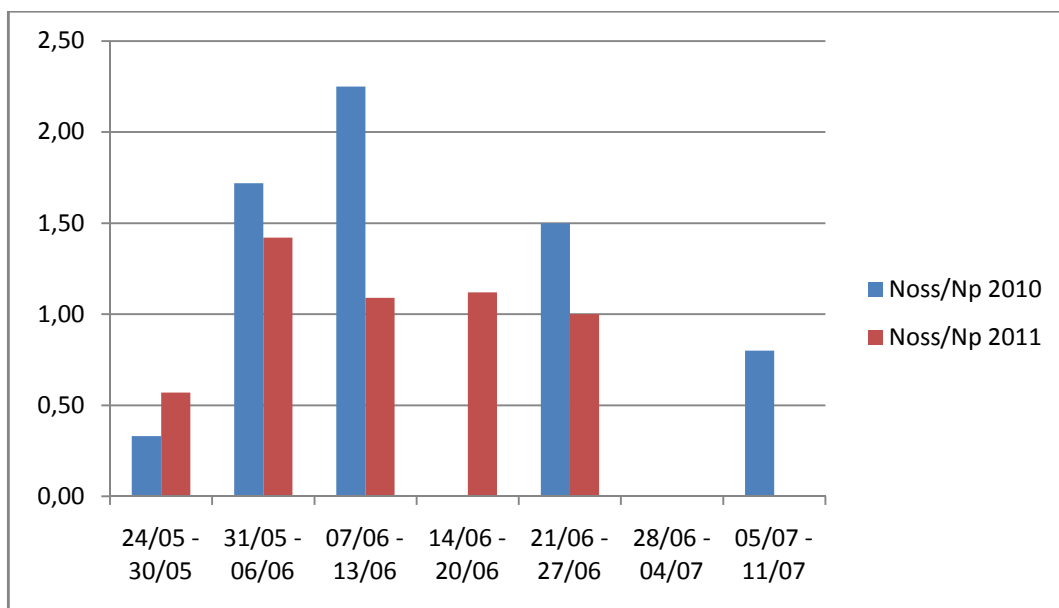
Dei 76 maschi contattati nel 2010, 10 hanno risposto al richiamo. Nel 2011 le risposte sono state 9 sui 101 maschi contattati (Fig. 1).

Tab. 2 – Valori degli IPA dei maschi di Pernice bianca nelle quattro aree monitorate (PNVD: Parco Naturale Veglia-Devero, PNVT: Parco Naturale Val Tronca, CA TO2: Comprensorio alpino Torino 2, CA CN4: Comprensorio alpino Cuneo4).

2010	IPA mattino	IPA sera	IPA totale
PNVD	1,64	0,59	1,25
PNVT	2,0	0,75	1,54
2011			
PNVD	1,33	0,53	0,93
PNVT	1,50	0,60	1,05
TO 2	1,30	0,30	0,80
CN 4	0,71	0,42	0,57

Il test di Wilcoxon per campioni appaiati è stato effettuato utilizzando punti d'ascolto effettuati durante il periodo di massima attività di canto territoriale osservata nei due anni di ricerca (Fig. 15). I campioni si riferiscono ai dati raccolti nel solo mese di giugno. Nel 2010 è stato possibile effettuare il test su un campione di nove punti, mentre nel 2011 il test è stato effettuato su un campione di 24 punti d'ascolto.

Fig. 15 - Media del numero di contatti per punto di ascolto suddivisa per settimane.



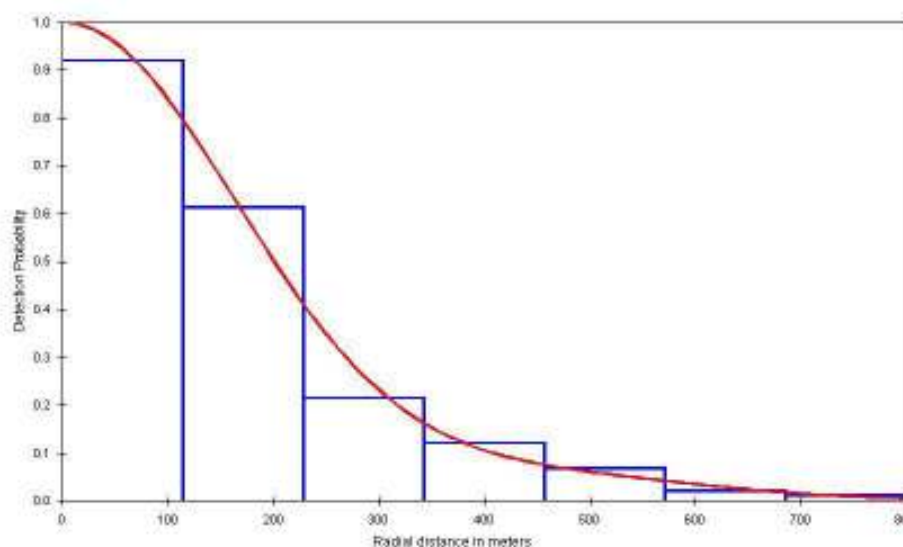
Il test di Wilcoxon sui campioni del 2010 non ha evidenziato differenze significative nella differenza tra numero di osservazioni al mattino e alla sera ($T=-1,19$; $n=9$; $P>0,05$) mentre nel 2011 i contatti alla sera sono risultati significativamente inferiori rispetto a quelli della mattina ($T=-2,58$; $n=24$; $P<0,05$).

5.2. Calcolo delle densità

Nel 2010, sulla base dei risultati del test di Wilcoxon, si è scelto di calcolare una singola funzione di contattabilità per la stima della densità dei maschi di Pernice bianca, calcolata dalla distribuzione delle distanze radiali delle osservazioni dai punti di ascolto, unendo le osservazioni del mattino con quelle della sera (Fig. 16). La funzione di contattabilità è risultata caratterizzata da 1 parametro e da un buon adattamento alla distribuzione osservata dei dati ($AIC = 260,93$, $GOF K/S p= 0,854$). Il raggio della superficie attorno ai punti con massima probabilità di contatto

è stato stimato dal modello in 272,2 metri. L'andamento della funzione di contattabilità ha evidenziato che la probabilità di osservare maschi di Pernice bianca decresce all'aumentare della distanza dal punto di ascolto, fino ad annullarsi oltre gli 800 metri. La densità, stimata dal modello selezionato, è stata pari a 6,3 maschi per Km² (ES=1,14; CV=18,1%; minimo=4,4; massimo= 9,0) nel Parco Naturale Veglia-Devero e 5,8 (ES=1,14; CV=19,6%; minimo=3,9; massimo= 8,6) nel Parco Naturale Val Troncea (Tab.3)

Figura 16 - Grafico della funzione di contattabilità calcolata per la stima della densità dei maschi di Pernice bianca nelle due aree monitorate nel 2010. In ascissa la distanza dal punto in metri, in ordinata la probabilità di contattare gli individui (1=100%).



Tab. 3 – Densità di maschi (N/Km²) stimate per il 2010 mediante Distance sampling e confronto con i dati forniti dal personale tecnico dei Parchi coinvolti.

Area di studio	Distance sampling				Dati forniti dal personale tecnico
	D (±ES)	CV (%)	Min	Max	D
PNVD	6.3 (±1.14)	18.1	4.4	9.0	3.1
PNVT	5.8 (±1.14)	19.6	3.9	8.6	2.5

Per i dati del 2011 si è scelto di effettuare tre stime di densità: mattino, sera e mattino e sera accorpate. Nei primi due casi si è utilizzato il metodo classico, calcolando la funzione di contattabilità in funzione delle sole distanze radiali delle osservazioni dai punti, mentre nel caso dei dati accorpate si è utilizzato l'approccio *Multiple covariate distance sampling* che prevede la modellizzazione della funzione di contattabilità in funzione di altre covariate, in questo caso la variabile fattoriale mattino/sera, in aggiunta alle distanze. Le due funzioni di contattabilità calcolate separatamente per mattino e sera (Fig. 17 e 18) sono risultate entrambe caratterizzate da un buon adattamento alla distribuzione delle osservazioni (mattino: AIC = 1662,38, GOF K/S p= 0,932; sera: AIC = 674,46, GOF K/S p= 0,981) mentre la funzione calcolata sui dati accorpate (Fig. 19) è risultata peggiore (AIC = 2316,78, GOF K/S p= 0,682). Il raggio della superficie attorno ai punti con massima probabilità di contatto è stato stimato dai tre modelli rispettivamente in 278,0, 307,1 e 295,4 metri.

Fig. 17 - Grafico della funzione di contattabilità calcolata (CDS) per la stima della densità dei maschi di Pernice bianca al mattino nelle quattro aree monitorate nel 2011. In ascissa la distanza dal punto in metri, in ordinata la probabilità di contattare gli individui (1=100%).

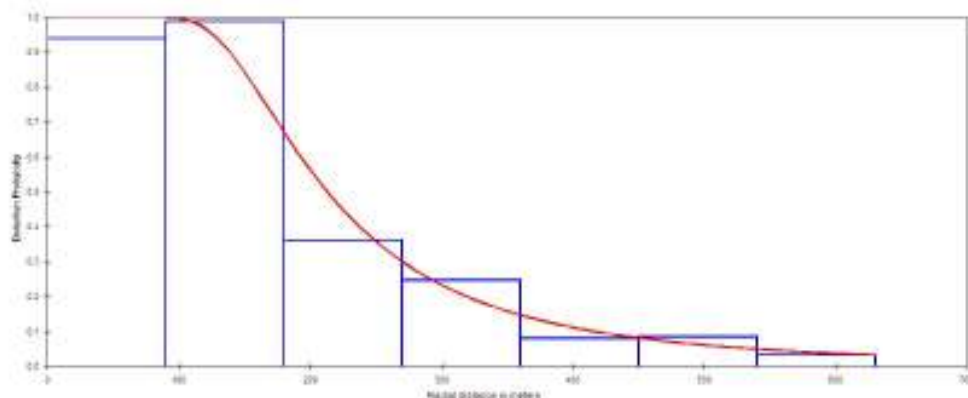


Fig. 18 - Grafico della funzione di contattabilità (CDS) calcolata per la stima della densità dei maschi di Pernice bianca alla sera nelle quattro aree monitorate nel 2011. In ascissa la distanza dal punto in metri, in ordinata la probabilità di contattare gli individui (1=100%).

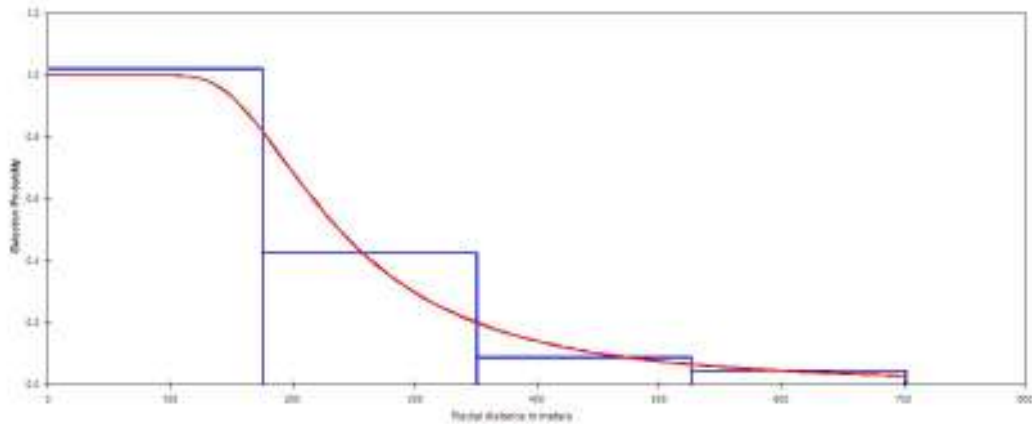
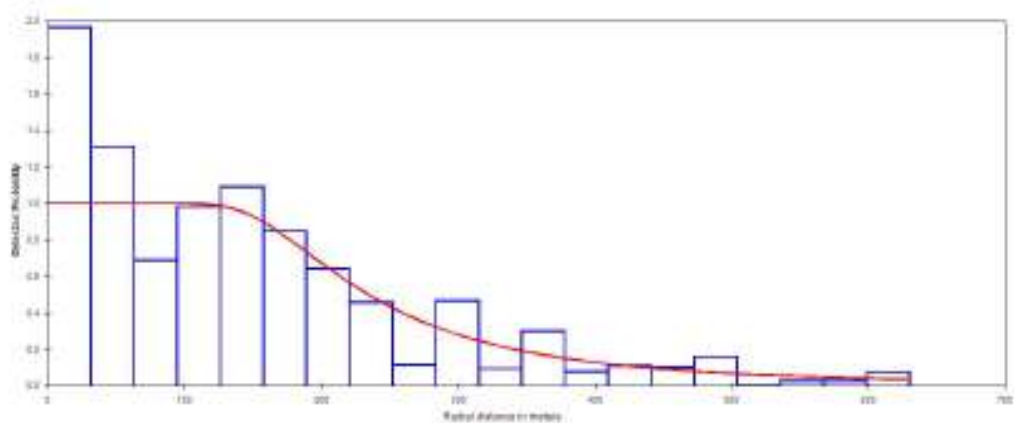


Fig. 19 - Grafico della funzione di contattabilità (MCDS) calcolata per la stima della densità dei maschi di Pernice bianca utilizzando i dati accorpati mattino/sera nelle quattro aree monitorate nel 2011. In ascissa la distanza dal punto in metri, in ordinata la probabilità di contattare gli individui (1=100%).



Le stime di densità ottenute per le diverse aree di studio con i diversi approcci sono risultate caratterizzate da un'elevata variabilità. Le differenze maggiori si sono riscontrate tra le stime del mattino, che sono variate tra i 2,9 maschi/Km² del CA

Cn4 e i 6,2 del PNVT e quelle della sera, variate tra 1,0 del CA To2 e 2,6 del PNVT. I coefficienti di variazione maggiori si sono riscontrati nell'analisi della sola mattina (min=42,6% nel PNVD, max=57,4% nel CA To2) mentre quelli minori nell'analisi MCDS con i dati di mattina e sera accorpate (min=7,6% nel PNVD, max=11,0% nel CA Cn4) (Tab. 4).

Tab. 4 - Densità di maschi (N/Km²) stimate per il 2011 mediante Distance sampling e confronto con i dati forniti dal personale tecnico degli enti coinvolti (CDS: conventional distance sampling, MCDS: multiple covariates distance sampling).

Area di studio	Distance sampling												Dati forniti dal personale tecnico D
	CDS - Mattino				CDS - Sera				MCDS - M/S				
	D (±ES)	CV(%)	min	max	D(±ES)	CV(%)	min	max	D(±ES)	CV(%)	min	max	
PNVD	5,5(±0,99)	18,0	3,8	7,6	1,8(±0,76)	42,6	0,8	4,1	3,4(±0,26)	7,6	2,9	3,9	3,1
PNVT	6,2(±1,23)	19,9	4,2	9,1	2,6(±1,40)	53,8	0,9	7,7	4,2(±0,40)	9,5	3,5	5,1	2,8
CA To2	5,8(±1,08)	18,7	4,0	8,3	1,0(±0,57)	57,4	0,3	3,2	3,1(±0,28)	8,9	2,6	3,7	1,8
CA Cn4	2,9(±0,71)	24,6	1,8	4,9	2,9(±1,57)	54,1	0,9	8,9	2,9(±0,32)	11,0	2,3	3,6	2,8

5.3. Stima dello sforzo minimo di campionamento

I ricampionamenti hanno permesso di mettere in relazione il numero di punti utilizzati con il valore del coefficiente di variazione della stima ottenuta di volta in volta. Per le analisi di regressione con stima di curve sono stati utilizzati modelli logaritmici. Dalle equazioni delle curve è stato possibile ricavare il numero minimo di punti per ottenere un errore inferiore al 10%.

Il Distance Sampling, rispetto ai metodi a raggio o fascia costante, è risultato essere il metodo meno dispendioso in termini di sforzo di campionamento.

Per la Pernice bianca infatti sono sufficienti 50 punti per ottenere un coefficiente di variazione pari al 10% (Fig. 20) contro i 60 punti che richiede il metodo a raggio costante (Fig. 21).

Fig. 20 – Relazione tra numero di punti utilizzati e coefficiente di variazione della stima ottenuta mediante Distance Sampling per la Pernice bianca nel PN Veglia-Devero.

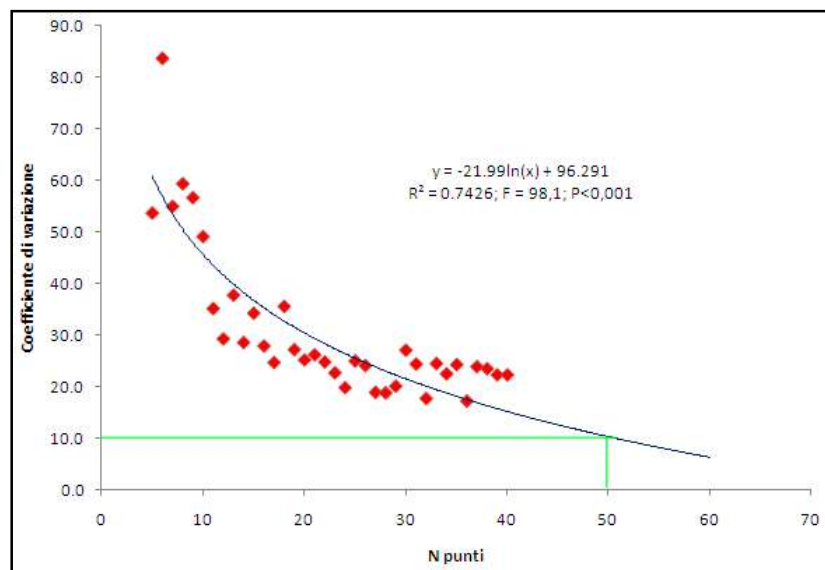
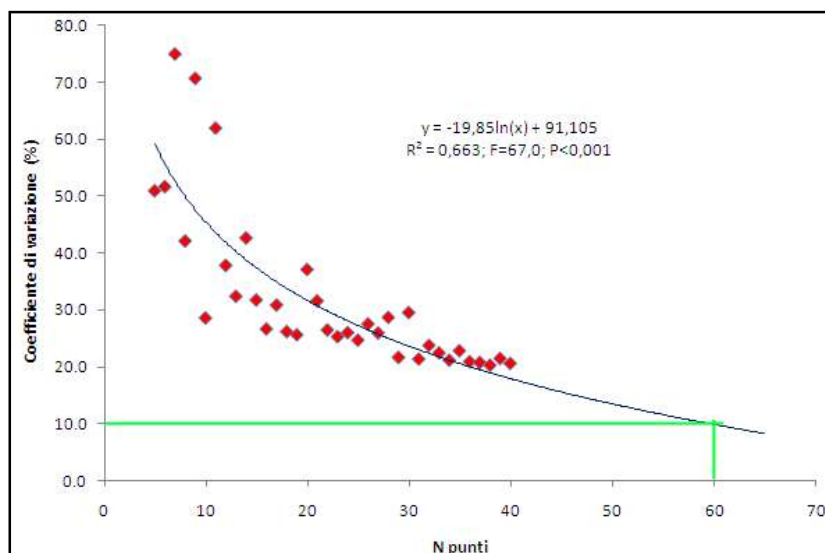


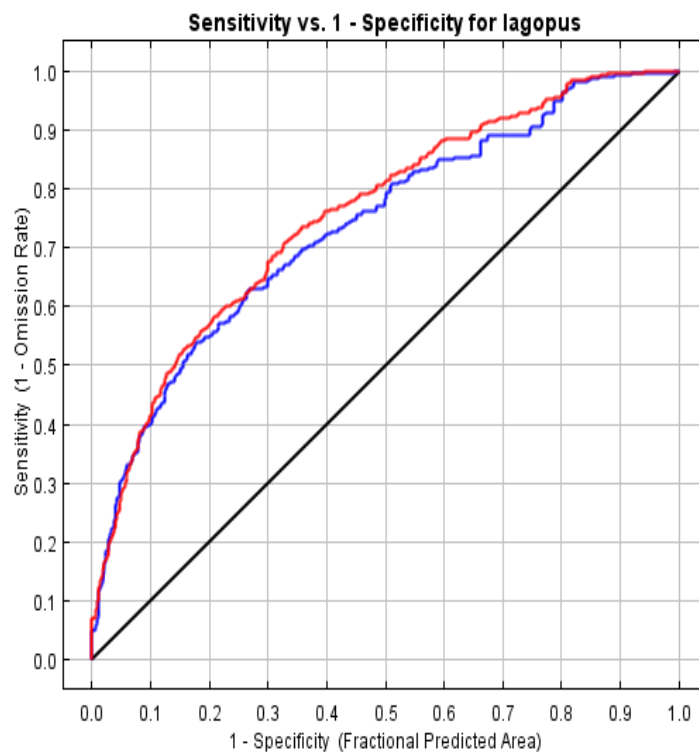
Fig. 21 – Relazione tra numero di punti utilizzati e coefficiente di variazione della stima ottenuta mediante punti a raggio fisso per la Pernice bianca nel PN Veglia-Devero.



5.4. Modello qualitativo

L'analisi della massima entropia (*MaxEnt*), ha fornito un modello predittivo della presenza della Pernice bianca nelle Alpi piemontesi. Dall'analisi effettuata mediante curva ROC il modello è risultato avere una discreta capacità predittiva; infatti la curva della sensibilità verso il reciproco della specificità sottende un'area pari a 0,75 (Fig. 22).

Fig. 22 - Grafico della curva ROC dell'algoritmo della massima entropia formulato per la probabilità di presenza della Pernice bianca (in nero la curva di un modello di riferimento che classifica casualmente, in rosso i dati utilizzati per la costruzione del modello, in blu i dati utilizzati per la cross-validation).



L'analisi dei risultati del processo di creazione dei modelli ha consentito di ordinare le variabili ambientali utilizzate in base alla loro importanza (da 0 a 100%) nel determinare la probabilità di presenza della specie (Tab. 5).

Tab. 5 – Importanza di permutazione delle variabili ambientali.

Variabile	Permutation Importance
altitudine	32,9
esposizione nordovest	6,9
praterie rupicole	6,3
acque	5,7
esposizione nord	5,0
praterie	4,3
pendenza	4,2
esposizione est	4,1
rocce, macereti e ghiacciai	3,8
boscaglie pioniere di invasione	3,7
cespuglieti pascolabili	3,6
esposizione ovest	3,0
pinete di pino uncinato	2,2
lariceti e cembreti	2,1
esposizione sudest	2,1
arbusteti subalpini	1,8
cespuglieti	1,8
esposizione sudovest	1,5
praterie non utilizzate	1,4
greti	1,2
torbiere	0,9
esposizione nordest	0,6
nessuna esposizione	0,5
peccete	0,3
esposizione sud	0,3

L'altitudine è risultata la variabile che più influenza la probabilità di presenza della Pernice bianca; in particolare ha un effetto positivo quando compresa tra i 2400 e i 3500 metri.

L'esposizione a nordovest, a ovest, a nord, a est e in maniera meno importante a nordest entrano nel modello con effetto positivo. In particolare l'esposizione a nordovest ha un'elevata importanza nel modello predittivo.

Gli ambienti di prateria sono risultati importanti predittori della specie, in particolare le praterie rupicole. La pendenza entra nel modello con effetto positivo. Solo a pendenze attorno a 50° sembra non predire positivamente la presenza della specie.

Le variabili legate ad ambienti di ecotono, come boscaglie pioniere di invasione e cespuglieti pascolabili, entrano positivamente nel modello, ma solo per ridotte percentuali di copertura (Fig. 23).

L'analisi ha permesso di realizzare una carta di idoneità ambientale per la Pernice bianca in Piemonte. Il territorio è stato suddiviso in quattro classi di idoneità sulla base della probabilità di classificazione positiva per la presenza della specie prevista dal modello stesso (nessuna idoneità fino al 25%, bassa idoneità dal 25% al 50%, media idoneità dal 50% al 75% e alta idoneità dal 75% al 100% - Fig. 24). Se si considera il valore 50% come soglia di distribuzione potenziale (Manel et al. 1999, Bailey et al., 2002), questa risulta pari a 650 Km².

Fig. 23 – Probabilità di presenza della Pernice bianca in Piemonte in relazione alle variabili eco-geografiche (a - altitudine, b – esposizione a nordovest, c – praterie rupicole, d – pendenza, e – cespuglieti pascolabili, f – acque).

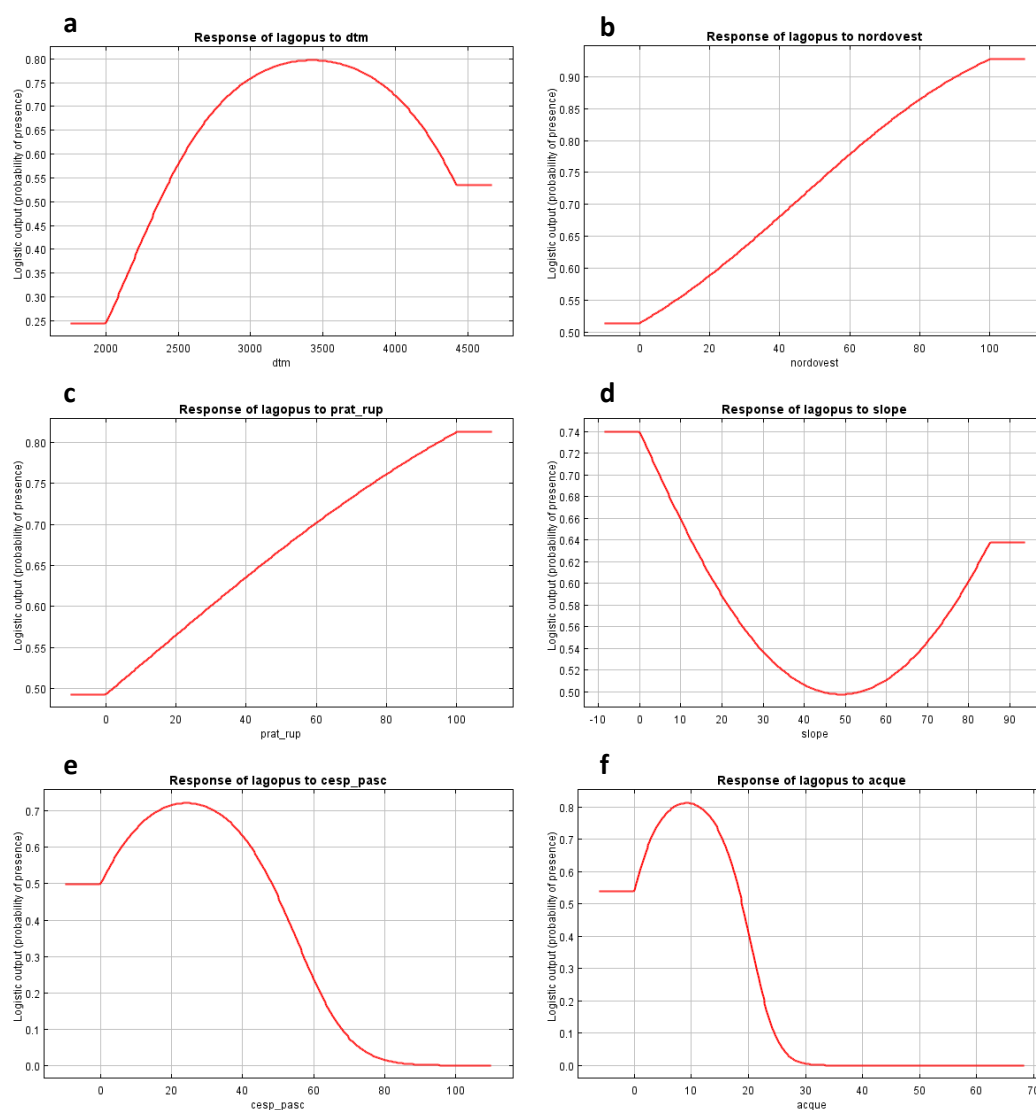
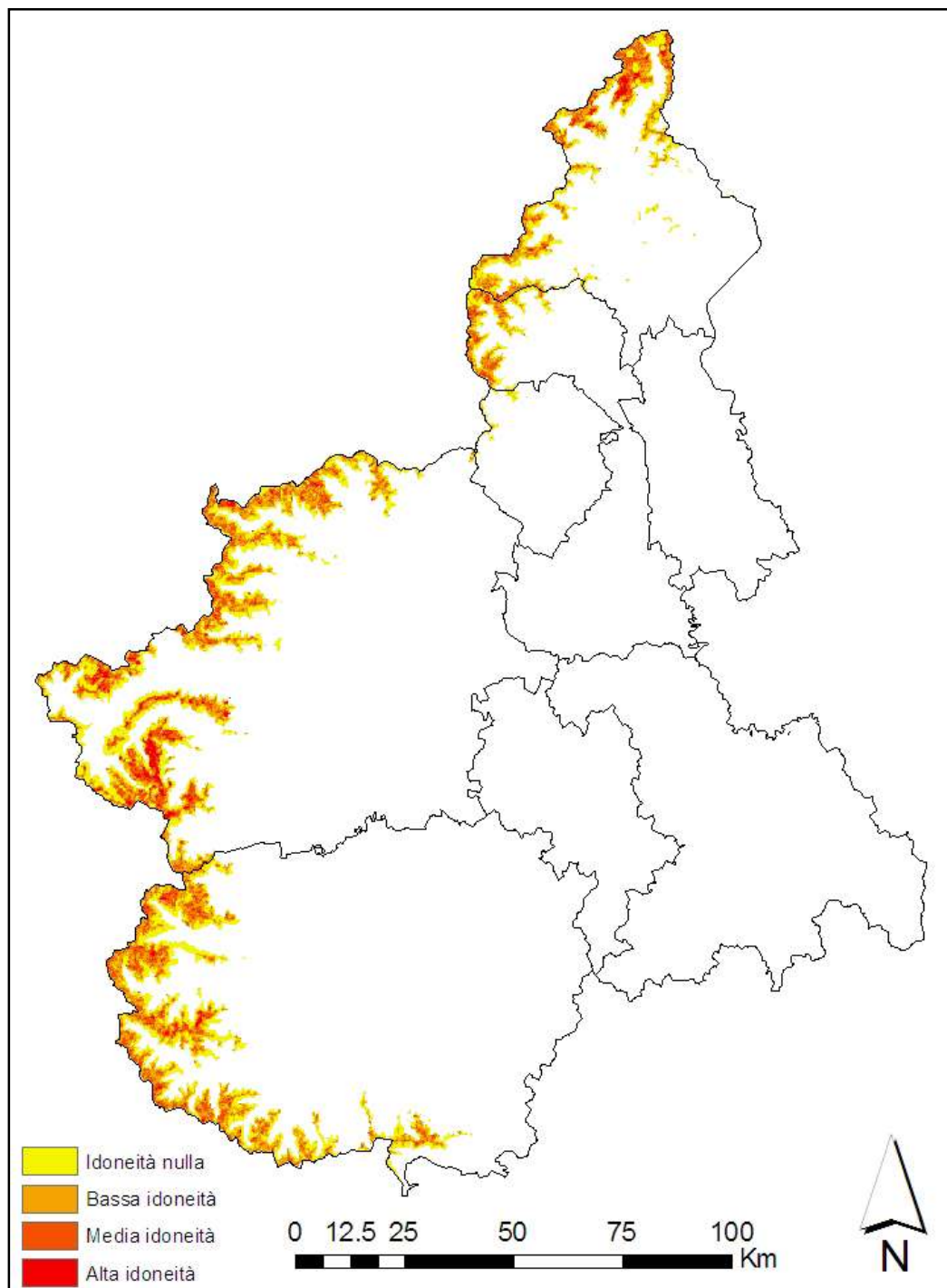


Fig. 24 – Classi di idoneità ambientale per la Pernice bianca in Piemonte



5.5. Selezione dell'habitat

Gli ambienti rappresentati sulla carta di uso del suolo del Parco Veglia Devero e compresi nell'area di studio e sui quali è stata condotta l'analisi di selezione sono: arbusteto a *Rhododendron ferrugineum*, landa a *Loiseleuria procumbens*, praterie a *Nardus stricta*, praterie a *Carex curvula*, compresenza di vegetazione delle vallette nivali e curvuleto, praterie a *Elina myosuroides*, praterie a *Sesleria disticha*, *Carex sempervires*, *Festuca* sp., vegetazione pioniera, rocce e detriti, praterie ad *Agrostis schredana*, romiceti, zone umide e laghi. Oltre che per l'uso del suolo, le analisi sono state condotte anche sulla selezione dell'esposizione, suddivisa in otto classi, nord, nordest, est, sudest, sud, sudovest, ovest, nordovest, sulla selezione della pendenza, suddivisa in quattro classi da 10°, e dell'altitudine, suddivisa in 15 fasce da 50 metri.

Il test del χ^2 tra le frequenze osservate e le frequenze attese delle osservazioni in base all'ipotesi nulla (H_0) di uso delle variabili ecogeografiche pari alla loro disponibilità nell'area di studio ha indicato che in entrambi gli anni è avvenuta una selezione dell'esposizione, mentre per quanto riguarda l'uso del suolo e l'altitudine il test ha indicato che è avvenuta una selezione solo nel 2011. La pendenza non è risultata essere selezionata in nessuno dei due periodi (Tab. 6).

Tab. 6 - Risultati del test del χ^2 per uso del suolo, esposizione, altitudine e pendenza.

Variabili eco-geografiche	g.l	2010		2011		2010-2011	
		χ^2	p	χ^2	p	χ^2	P
Uso del suolo	12	14,143	>0,05	31,489 *	<0,05	34,387 *	<0,05
Esposizione	7	25,589 *	<0,05	30,953 *	<0,05	45,805 *	<0,05
Altitudine	14	15,661	>0,05	34,458 *	<0,05	41,876 *	<0,05
Pendenza	4	8,361	>0,05	3,861	>0,05	11,674	>0,05

Dall'analisi degli intervalli Fiduciali di Bonferroni è emerso come nel 2010 vi sia stata una selezione negativa di rocce e detriti, mentre nel 2011 una selezione negativa di praterie a carex curvula e una selezione positiva delle vallette nivali. Per quanto riguarda le fasce altitudinali le fasce selezionate positivamente hanno subito uno spostamento in senso positivo dal 2010 al 2011. Le esposizioni a sud, sudest e sudovest sono state evitate in entrambi gli anni, mentre l'esposizione a ovest è stata selezionata positivamente e significativamente solo nel 2011 (Figg. 25, 26, 27 e 28).

Fig. 25 – Grafico delle proporzioni di disponibilità e uso con Intervalli Fiduciali di Bonferroni per l'uso del suolo.

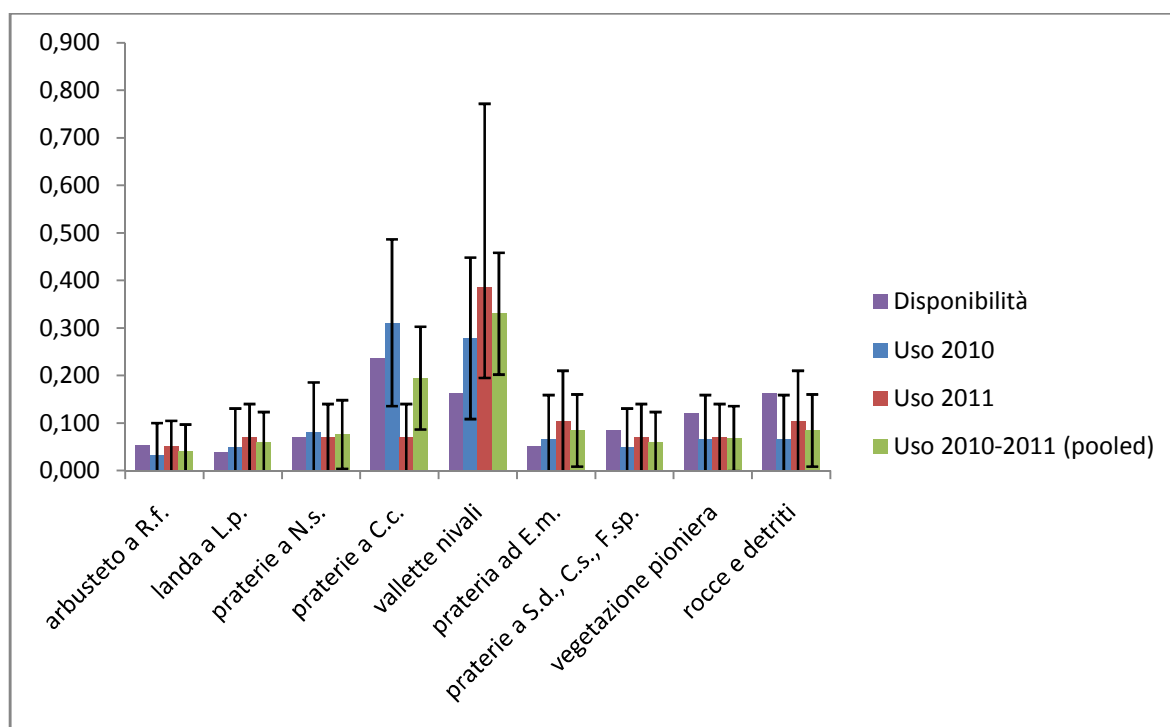


Fig. 26 – Grafico delle proporzioni di disponibilità e uso con Intervalli Fiduciali di Bonferroni per le classi di esposizione.

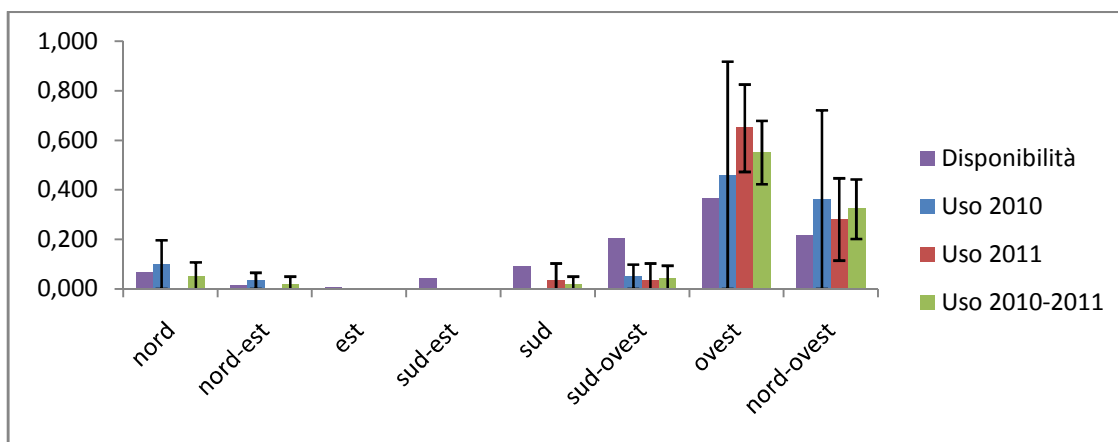


Fig. 27 – Grafico delle proporzioni di disponibilità e uso con Intervalli Fiduciali di Bonferroni per le pendenze.

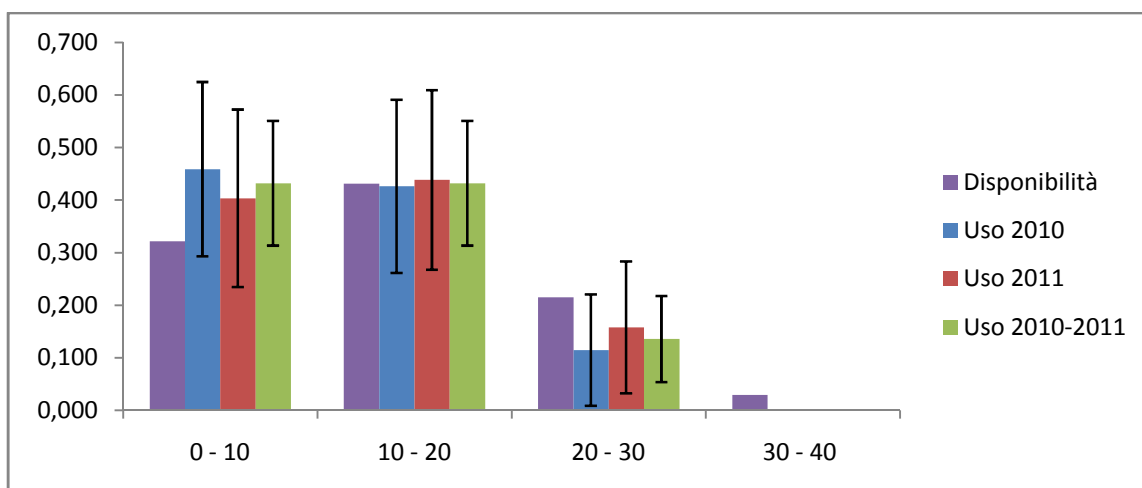
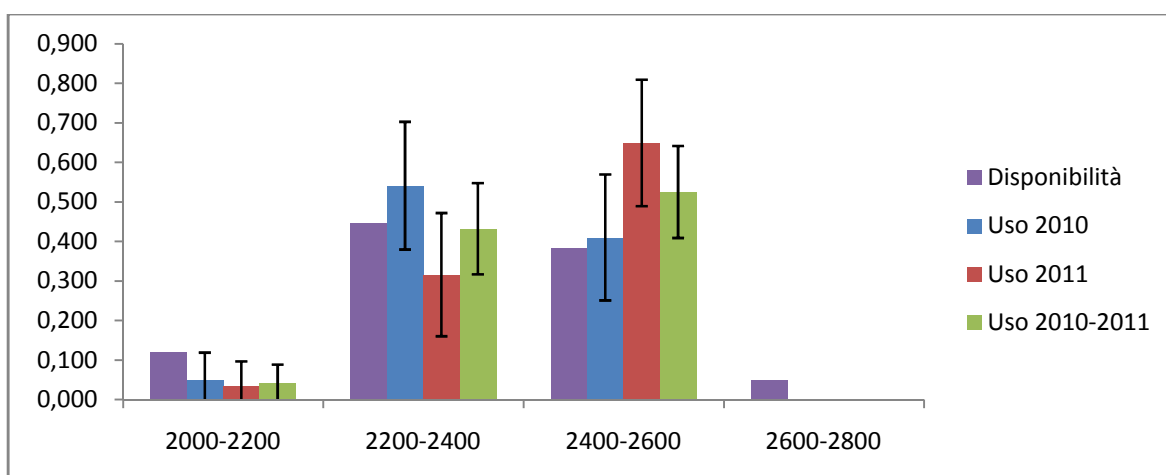


Fig. 28 – Grafico delle proporzioni di disponibilità e uso con Intervalli Fiduciali di Bonferroni per le fasce altitudinali.



5.6. Modelli qualitativi

L'analisi di regressione multipla, effettuata per il 2010, ha permesso di formulare un modello (AIC=130,06) che ha spiegato il 74,3% della varianza della densità di maschi in canto territoriale tramite la selezione di tre variabili eco-geografiche, tutte con effetto positivo e significativo sulla densità. Di queste, la percentuale di territorio senza nessuna esposizione prevalente è risultata la variabile che maggiormente ha contribuito al modello (Tab. 7). I valori dei *VIF* dei predittori entrati nel modello indicano bassa collinearità, i residui sono risultati distribuiti normalmente ($Z=1,208$, sig.>0,05) e la statistica di Durbin-Watson (2,664) indica assenza di autocorrelazione tra i residui.

Tab. 7 - Risultati dell'ARM della densità dei maschi di Pernice (2010) verso le variabili di uso del suolo (N=25).

Variabili	Coefficienti non standardizzati		Coefficienti standardizzati	Variazione di R ²	t	Sig.	VIF
	B	ES	β				
Flat	5,76	0,937	0,64	0,373	6,145	0,000	1,007
Vallette nivali	0,11	0,020	0,57	0,261	5,424	0,000	1,023
Zone umide	4,43	1,217	0,38	0,142	3,641	0,002	1,030
(costante)	0,14	0,763	-	-	0,188	0,853	-

La stessa analisi effettuata sui dati di densità registrati nel 2011 ha fornito un modello (AIC=155,68) che ha spiegato il 46,3% della varianza. Le variabili positive e significative sono state le lande a *Loiseleuria procumbens*, le vallette nivali e le rocce e detriti, mentre l'esposizione a nord è entrata nel modello con un effetto negativo e significativo. Il test Kolmogorov-Smirnov ha indicato normalità dei residui ($Z=1,061$, sig.>0,05, i valori dei *VIF* e della statistica di Durbin-Watson

(1,672) indicano scarsa collinearità tra le variabili indipendenti assenza di autocorrelazione tra i residui del modello (Tab. 8).

Tab. 8- Risultati dell'ARM della densità dei maschi di Pernice (2011) verso le variabili di uso del suolo (N=30).

variabili	Coefficienti non standardizzati		Coefficienti standardizzati	Variazione di R ²	t	Sig.	VIF
	B	ES	β				
Landa a <i>Loiseuleria</i> <i>p.</i>	0,31	0,064	0,88	0,146	4,796	0,000	1,822
Vallette nivali	0,07	0,018	0,62	0,164	3,883	0,001	1,392
Esp. Nord	-0,19	0,067	-0,51	0,128	- 2,862	0,008	1,711
Rocce e detriti	0,05	0,022	0,32	0,098	2,306	0,030	1,050
costante	0,34	0,639	-	-	0,524	0,605	-

6. Discussione

La raccolta dei dati durante le due stagioni di campo ha coinvolto 4 osservatori nel 2010 e 9 nel 2011. L'impossibilità di coprire la totalità dei punti e dei transetti previsti, soprattutto nel primo anno di ricerca, è legata a fattori meteorologici. Nel 2010 le Alpi piemontesi sono state interessate da abbondanti nevicate tra la seconda e la terza settimana di maggio e lo spesso strato di manto nevoso ha resistito sino alla fine di giugno. Ciò ha impedito l'accesso ad ampie zone nel Parco Veglia Devero e ritardato i censimenti in quello della Val Troncea fino alla seconda metà di giugno. Dai rilievi puntuali che ogni osservatore ha annotato sulla scheda di campo di punti e transetti, si ottiene un innevamento medio di circa il 60% del terreno, comprendendo anche le stime osservate in luglio, quando ormai la coltre nevosa era drasticamente ridotta o assente. Ciononostante i dati raccolti sono stati sufficienti per permettere di ottenere una prima serie di risultati interessanti, utili per meglio pianificare il disegno di campionamento dell'anno successivo e per effettuare un confronto tra i due anni. Nel 2011 le condizioni meteorologiche, anche se caratterizzate da maggiore piovosità e instabilità, non hanno rallentato le operazioni, e pur con un aumento delle aree di studio, tutti i punti e la maggior parte dei transetti prestabiliti sono stati coperti. L'innevamento era presente solo alle quote maggiori e la copertura nevosa media osservata e annotata sulle schede è risultata del 23%. Comparando i due anni, si può dire che la condizione di innevamento trovata nel 2011 a fine maggio fosse simile a quella presente nel 2010 dalla fine di giugno.

Il censimento tramite *line transect* è risultato del tutto inadeguato per la stima della densità dei maschi di Pernice bianca; gli autori del metodo infatti sottolineano come, nel caso dei transetti, per poter effettuare un buon adattamento della funzione di contattabilità alla distribuzione dei dati osservati, siano necessari almeno 20 transetti e 60-80 osservazioni (Buckland et al., 2001). Nel caso della presente ricerca il numero di transetti era adeguato ma le osservazioni effettuate sono state insufficienti. Le cause sono diverse. In primo luogo i transetti sono stati percorsi in un orario in cui l'intensità di vocalizzazione dei maschi era bassa: dopo l'alba si è osservata una diminuzione della frequenza di canto. Il disturbo dell'operatore, soprattutto quando munito di racchette da neve o sci da alpinismo, può avere ridotto la contattabilità, inducendo gli individui a mimetizzarsi o spostarsi per evitare il contatto. La Pernice bianca è una specie abituata a vivere in ambienti aperti e basa la sua principale difesa dai predatori sul mimetismo, presentando diversi abiti

stagionali con colorazioni perfettamente mimetiche secondo la stagione, ed è un animale che, se minacciato, difficilmente s'involò, trovando piuttosto rifugio tra le rocce; dunque è probabile che diversi individui lungo il transetto o molto vicini non siano stati contattati anche se presenti, violando così uno degli assunti fondamentali del metodo. Non ultimo, la percorrenza del transetto in ambiente alpino, fuori dalle reti di sentieri tracciati, porta l'operatore a concentrarsi sul percorso da seguire, per motivi di sicurezza, piuttosto che sull'ambiente circostante. Per questi motivi i dati ottenuti con i censimenti da transetto non sono risultati sufficienti per nessuna analisi che andasse oltre il calcolo del semplice indice chilometrico di abbondanza.

Il metodo *point transect*, al contrario, si è rivelato più adeguato. Le stime di densità ottenute nelle quattro differenti aree di studio col metodo *Point Distance Sampling* sono risultate comprese tra i 2,9 e i 6,3 maschi per Km², coprendo aree con estensioni comprese tra gli 8,5 e i 14,4 Km². Le densità calcolate negli stessi anni dal personale tecnico dei Parchi e dei Comprensori alpini in cui si è svolta la ricerca sono risultate quasi sempre inferiori. Confrontando le stime ottenute col metodo del *Distance Sampling* con le densità calcolate con il metodo proposto da Bossert (1977) in altre aree distribuite su tutto l'arco alpino, si trovano valori paragonabili: in un'area di studio di 6,84 Km² sulle Alpi Austriache della Carinzia, Zohmann e Wöss (2008) hanno calcolato una densità di 5,4 maschi per Km², Nopp-Mayr e Zohmann (2008) riportano densità comprese tra 1,5 e 6,7 maschi per Km² calcolate su aree comprese tra gli 0,9 e i 4,8 Km², in una zona periferica delle Alpi Austriache orientali, Slotta-Bachmayr e Winding (1994) calcolano 4,4 maschi per Km² in un'area di 1,8 Km² nella zona degli Alti Tauri, Bocca (1990) riporta per la Val d'Aosta densità comprese tra 1,0 e 4,0 maschi per Km², in aree comprese tra gli 0,8 e i 2,0 Km²; Huber e Ingold (1991) stimano 6,4 maschi per Km² sull'Augstmatthorn in Svizzera, in un'area di studio di 1,5 Km², Luder (1981) riporta 6,4 maschi per Km² a Lenk in Svizzera, in un'area di 2,0 Km², nell'Aletschgebiet in Svizzera, viene calcolata una densità di 4,8 maschi per Km² in un'area di studio di 14,0 Km² (Bossert, 1977), mentre in uno studio successivo e all'interno di un'area campione ridotta (4,0 Km²), la densità assume valori tra 4,0 e 5,0 maschi per Km² (Bossert, 1995), sul Monte Sobretta, nelle Alpi centrali in Lombardia, nella ricerca svolta tra il 1992 e il 1997 all'interno di un'area di 8,9 Km², Favaron e al. (2006) stimano densità comprese tra 0,47 e 2,29 maschi per Km².

Per ogni densità calcolata col metodo del *Point transect* è stato ottenuto un coefficiente di variazione, che ha permesso di valutare la precisione della stima. È stato possibile aumentare la precisione accorpando tutte le osservazioni per la definizione della funzione

di contattabilità e stimando la densità dei maschi stratificando i dati sulla base del tasso d'incontro ottenuto in ogni area di studio. Negli studi precedentemente citati le aree campione utilizzate per la stima delle densità erano, nella quasi totalità dei casi, riferite a superfici ridotte, quindi poco rappresentative della reale distribuzione degli individui, coprendo solo le zone più comode per definire i punti fissi da effettuare in contemporanea. L'estensione delle aree di studio utilizzate per questa ricerca ha garantito una maggiore variabilità di condizioni ambientali idonee e non idonee alla presenza della Pernice bianca. In questo modo l'indagine è riuscita a coprire anche zone difficilmente raggiungibili e scomode da censire da punti in contemporanea. Il posizionamento casuale dei punti d'ascolto ha consentito di considerare ogni osservazione indipendente, e allo stesso tempo d'indagare sia zone idonee sia non idonee alla presenza della Pernice bianca. Inoltre non è stato necessario effettuare i punti d'ascolto in contemporanea, permettendo potenzialmente a un solo operatore di censire un'intera area di studio. Il metodo proposto da Bossert (1977) prevede l'utilizzo di diversi operatori in contemporanea (da 3 a 10, Nopp-Mayr & Zohmann, 2008), ponendo dei limiti considerevoli agli aspetti organizzativi del censimento. L'analisi di ricampionamento, condotta mettendo in relazione il numero di punti utilizzati e i coefficienti di variazione, ha evidenziato come lo sforzo di campionamento sia inferiore per il metodo *Point Distance Sampling* rispetto ai metodi che utilizzano il raggio fisso. Questo calcolo però dipende anche dalla contattabilità degli individui che si riscontra ogni anno: i coefficienti di variazione del 2011 sono rimasti comunque intorno al 20%, nonostante il numero di punti sia stato superiore rispetto al 2010. Tuttavia, calcolando le stime di densità sui dati accorpati per aree campione e stratificati per mattino e sera, per il 2011 sono risultati coefficienti di variazione inferiori al 10%. Le densità ottenute però non possono essere veritiere, per il fatto che i valori di densità ottenuti alla sera abbassano considerevolmente la stima complessiva. In definitiva, il metodo *Point Distance Sampling* sembra permettere di stimare le densità dei maschi in comportamento territoriale su porzioni di territorio idoneo più estese, riducendo l'impiego di operatori e senza dipendere dalla loro convergenza di disponibilità per garantire la copertura dei punti in contemporanea necessaria con il metodo Bossert (1977).

Il metodo proposto nel Piano Faunistico Provinciale della Provincia Autonoma di Trento (Mustoni et al., 2011) per il conteggio primaverile dei maschi territoriali, prevede la percorrenza di transetti che coprano un'area compresa tra 100 e 500 ettari con l'ausilio del richiamo acustico, effettuati nelle 4 ore successive all'alba. Ogni 500 metri di percorso gli operatori effettuano delle soste di 5-7 minuti, seguiti dall'emissione di 4 stimolazioni con il

richiamo acustico in tutte le direzioni. Il metodo è riconducibile alle metodiche di censimento con raggio fisso, comportando tutte le problematiche legate allo sforzo di campionamento.

Anche nella presente ricerca era stato previsto l'utilizzo del richiamo acustico, ma solo per i punti d'ascolto, ritenendo di aumentare la contattabilità degli individui. Il numero dei maschi contattati grazie al richiamo acustico sul totale delle osservazioni è stato di 9 nel 2010 e 8 nel 2011, a cui si devono sommare altri maschi che hanno risposto, ma che erano già stati contattati in canto spontaneo; queste osservazioni si riferiscono a individui contattati entro 500 metri di distanza dall'osservatore. La distanza massima di contatto da punto d'ascolto è stata, nel 2010, di 750 metri, in accordo con il limite massimo di contattabilità di 1 Km indicato da Watson (1972) e Bossert (1977). Favaron et al. (2006) riportano in un'area delle Alpi lombarde un *home range* medio dei maschi di Pernice bianca (n=11) in periodo riproduttivo di $99,4 \pm 56,6$ ettari e una *core area* di $37,1 \pm 25,6$ ettari, che corrispondono a superfici circolari rispettivamente di 560 e 340 m di raggio. Nel presente studio, nei casi in cui si è osservata una risposta al richiamo, le distanze delle osservazioni permettono di ipotizzare che gli operatori si trovassero all'interno di una *core area*, ovvero nel territorio di massima attività territoriale, dunque si può ipotizzare che la risposta al richiamo avvenga solo se si effettua la stimolazione all'interno del territorio difeso dal maschio. Nelle occasioni in cui è stato possibile osservare i maschi in canto, questi sono stati visti spostarsi verso l'operatore emettendo il richiamo quando stimolati. Una delle assunzioni fondamentali del metodo è che gli animali vengano contattati nella loro posizione iniziale, cioè che il contatto non avvenga successivamente ad uno spostamento legato al disturbo provocato dagli osservatori. La risposta al richiamo con avvicinamento del maschio verso l'operatore potrebbe dunque aver portato a una violazione dell'assunto, portando ad una sovrastima della densità. Il numero dei maschi che hanno risposto al richiamo è stato tuttavia ridotto quindi non dovrebbe aver influito in maniera sensibile sulla forma della funzione di contattabilità.

Il modello d'idoneità ambientale ottenuto con il metodo della massima entropia ha evidenziato come l'altitudine sia la variabile che più determina la presenza della Pernice bianca, descrivendo l'intervallo altitudinale entro il quale la specie potenzialmente vive nel periodo primaverile-estivo. Le quote comprese tra i 2400 e i 3500 metri sono quindi quelle più idonee, comprendendo sia fasce più basse, idonee al periodo riproduttivo (altitudine massima di nidificazione osservata 2850 metri, Brichetti, 1987, in De Franceschi, 1992) sia altitudini più elevate, frequentate dalle brigate estive di adulti (da 3000 a 3500 metri,

Martorelli, 1960, Scherini e Tosi, 1982, in De Franceschi 1992). Le altre variabili eco-geografiche sono entrate nel modello con un peso minore, ma hanno comunque fornito indicazioni precise su quali categorie ambientali siano buoni indicatori della presenza potenziale della specie. In generale il modello ottenuto evidenzia come la Pernice bianca si distribuisca in aree con esposizioni comprese tra ovest e nord, in ambienti aperti caratterizzati da praterie rupicole, praterie alpine non pascolate e zone di pietraia e macereto, adiacenti a zone di boscaglia o cespuglieti. La variabile "acque" rappresenta soprattutto i laghi alpini: l'effetto positivo a basse percentuali può essere legato a categorie ambientali legate alla presenza dei laghi, più che agli specchi d'acqua stessi. Questo modello è stato utile per ottenere un quadro complessivo a larga scala della distribuzione potenziale della Pernice bianca in Piemonte. Tuttavia, a livello gestionale, non è sufficiente poter conoscere quale sia la distribuzione potenziale degli animali, ma è importante individuare quali siano le variabili che influenzano le densità di popolazione, in modo da poter trarre conclusioni circa la capacità portante dell'ambiente.

Quando si vuole studiare la connettività tra habitat o la distribuzione delle popolazioni, un modello sviluppato a scala regionale è sufficiente. Al contrario, quando lo scopo è quello di identificare quali caratteristiche ambientali vengano selezionate, i modelli a piccola scala sono i più appropriati (Graf et al., 2005, in Schweiger et al., 2011). L'analisi della selezione dell'habitat condotta nell'area di studio del Parco Veglia Devero ha evidenziato una differente distribuzione spaziale degli individui nei due anni di ricerca. Nel 2010 nessuna delle variabili dell'uso del suolo è stata selezionata e gli individui sono apparsi uniformemente distribuiti in tutte le categorie di altitudine e pendenza. Solamente l'esposizione a sudovest è stata selezionata in maniera negativa, mentre le altre categorie di esposizione sono state occupate secondo le proporzioni di disponibilità. L'omogeneità della distribuzione dei maschi è probabilmente riconducibile al livello d'innevamento, che ha reso l'area di studio uniforme dal punto di vista ambientale, precludendo la possibilità di poter occupare tutte le porzioni di territorio idonee alla formazione del territorio di nidificazione durante la maggior parte del censimento. Nel 2011, al contrario, il confronto tra uso e disponibilità ha messo in evidenza come la Pernice bianca abbia effettivamente operato una selezione dell'habitat. L'esposizione a ovest e la vegetazione delle vallette nivali con compresenza di *Carex curvula* risultano le variabili che i maschi territoriali hanno selezionato maggiormente, mentre le praterie a *Carex curvula* sono state evitate. Queste variabili hanno portato a un innalzamento altitudinale degli individui, che hanno occupato le fasce comprese tra i 2400 e i 2600 in relazione alla presenza delle più abbondanti

porzioni libere da innevamento di ambiente idoneo. Diversi autori descrivono la copertura rocciosa come fattore molto importante nella definizione dell'habitat idoneo alla Pernice bianca (Lieser et al. 1997, Favaron et al. 2006, Zohmann e Wöss 2008, Schweiger et al. 2011). Nella presente ricerca la variabile rocce e detriti non ha mai dimostrato di essere selezionata. La variabile utilizzata rappresenta effettivamente i macereti e le pietraie presenti nell'area, ma numerose altre categorie ambientali nell'area di studio sono in realtà caratterizzate dalla presenza di massi erratici o zone di prateria mista a rocce; dalla cartografia digitale utilizzata per i modelli però venivano considerate semplicemente come zone di prateria. Da qui l'apparente disaccordo tra i nostri risultati e quelli dei sopraccitati autori. Nelle vallette nivali la presenza di rocce sparse, assieme alla vegetazione tipica del microambiente e alla presenza di *Carex curvula*, crea l'habitat opportuno per la formazione dei territori di nidificazione. Le praterie pure di *Carex curvula*, al contrario, vengono evitate, probabilmente per l'assenza di rocce e vegetazione diversificata che, oltre a fornire nutrimento e siti di rifugio, offrono punti di vedetta, nascondigli per i nidi, siti di riparo dal cattivo tempo (Schweiger et al., 2011). Questo tipo di praterie sono quelle utilizzate in periodo estivo per il pascolo d'alpeggio bovino, che può determinare una selezione delle specie vegetazionali presenti a causa della nitrificazione del suolo, dell'azione di brucatura del bestiame e del calpestio del suolo.

Nei modelli quantitativi ottenuti per i due anni, è sempre entrata positivamente la variabile vallette nivali, a conferma dell'importanza di tale ambiente in periodo primaverile. Per il 2010 la varianza spiegata è stata del 74,3%, ma nel 2011 il modello è stato spiegato solo per il 46,3% della varianza. Nel modello ottenuto nel secondo anno, però, è entrata positivamente e significativamente la variabile rocce e detriti, confermando l'importanza di una copertura vegetazionale intermedia (Bergmann e Engländer, 1996, Schweiger et al., 2011). Le lande a *Loiseuleria procumbens* sono entrate nel modello positivamente e significativamente. Questo ambiente si trova soprattutto a quote comprese tra i 2200 e i 2400 metri, indicando probabilmente quale tipo di ambiente le pernici selezionino nell'eventualità di non poter occupare le zone più idonee nelle vallette nivali. L'esposizione a nord ha avuto un effetto negativo, evidenziando come le popolazioni di Pernice bianca necessitino di versanti più soleggiate, selezionando dunque quelli esposti a ovest. Ulteriori indagini e una maggiore precisione nelle analisi ambientali sono tuttavia indispensabili per comprendere le reali dinamiche che agiscono sulla densità dei maschi territoriali. Per una specie così specializzata alla vita in ambiente alpino, ma opportunista nelle abitudini alimentari (Berterman et al. 1996, in Zohmann & Wöss, 2008), sarebbe opportuno

verificare l'influenza di variabili ambientali legate al microhabitat che è possibile misurare soltanto facendo dei rilievi mirati, come dimostrato recentemente da diversi autori (Revermann et al., 2011, Schweiger et al., 2011).

7. Conclusioni

Il confronto tra i metodi di censimento dei maschi in comportamento territoriale di Pernice bianca ha fornito informazioni applicabili alla gestione e alla conservazione della specie. Si è osservato come i metodi classici ricoprano spesso aree troppo ridotte per essere rappresentative della reale distribuzione delle densità e non coprano tutti gli habitat potenziali di presenza. La precisione del metodo del *point transect* risulta maggiore di quella dei metodi classici a parità di sforzo di campionamento, dunque è possibile ottenere risultati soddisfacenti coinvolgendo un minor numero di operatori, i quali possono effettuare i censimenti in giornate differenti, senza dover contare sulla disponibilità di più persone nelle date prestabilite per i censimenti in contemporanea. Questo è possibile anche per la scelta casuale dei punti d'ascolto che in questo modo sono di fatto repliche indipendenti.

Tra i metodi proposti dagli autori del metodo (Burnham et al., 1980; Buckland et al., 2001; Thomas et al., 2010), per diminuire la variabilità delle stime e di conseguenza aumentarne la precisione, un accorgimento da prendere in considerazione, in un eventuale proseguimento dello studio, è un approccio di post-stratificazione, da seguire nella fase della definizione del disegno di campionamento. In sostanza tale approccio prevede una suddivisione dell'area di studio in sub-zone a differente densità e che i punti di ascolto vengano stabiliti in numero proporzionale alla densità: più punti nelle sub-zone a elevata densità e meno punti in quelle a densità inferiori. La densità finale dell'area di studio verrebbe calcolata dalla media delle sub-zone pesata per lo sforzo di campionamento in ciascuna zona. In questo modo si avrebbe una riduzione della percentuale di variabilità dovuta al tasso d'incontro nei punti. Un limite di tale approccio però risiede nel fatto che sono necessarie approfondite conoscenze a priori sulla distribuzione della specie nell'area di studio, conoscenze che raramente si hanno prima di un eventuale studio pilota.

Considerando l'area di studio nel Parco Veglia Devero, per la quale si hanno maggiori informazioni sulla reale distribuzione dei maschi territoriali, in base all'analisi della selezione dell'habitat e ai modelli quantitativi, si potrebbe pensare di suddividerla in futuro in tre zone a diversi gradi di presenza: le zone caratterizzate dalla presenza delle vallette nivali, più in alto, più selezionate; le zone di landa, non selezionate, ma che sono risultate importanti nel modello quantitativo, le quali potrebbero rappresentare habitat meno idonei ma che ospitano alcuni territori primaverili; le zone ad altitudini più basse e caratterizzate

dalla prateria e dal pascolo, selezionate negativamente e che potrebbero ospitare solo una piccola parte dei maschi. La stratificazione secondo questo disegno presumerebbe il riposizionamento di nuovi punti d'ascolto, collocandone un maggior numero nelle aree più idonee, un numero intermedio in quelle a media idoneità, un numero basso in quelle meno idonee. In questa maniera è probabile che la precisione delle stime di densità aumenti. Nell'ottica di migliorare la precisione e l'accuratezza delle stime di densità di Pernice bianca sulle Alpi, questo tipo di post-stratificazione del campionamento è auspicabile in qualunque territorio da censire, posizionando i punti con densità differente in relazione all'idoneità ambientale, anche senza conoscere a priori la distribuzione degli animali, ma avendo chiare le dinamiche ambientali locali.

Per ottenere delle stime di densità anche con il metodo del *line transect*, una soluzione potrebbe essere quella di anticiparne l'orario di percorrenza, iniziando il censimento alle prime luci dell'alba. La contattabilità degli individui e l'intensità maggiore di vocalizzi del canto potrebbero aumentare il numero di osservazioni, permettendo il calcolo della curva di contattabilità e la stima di densità. Anche in questo caso, come per i punti di ascolto, nell'ottica di un eventuale proseguimento dello studio, è consigliabile la definizione di un nuovo disegno di campionamento volto a migliorare l'efficienza del metodo di censimento, alla luce delle conoscenze acquisite in questi due anni di studio. Tuttavia resterebbero i limiti della reale fattibilità e percorribilità dei transetti elencati nel capitolo precedente.

I modelli qualitativi descrivono in maniera non sufficiente la reale probabilità di presenza della Pernice bianca alpina, soprattutto in zone, come il Piemonte, che si trovano ai confini dell'areale e che più evidenziano la scarsa tendenza a mostrare andamenti ciclici delle popolazioni (Cattadori e Hudson, 2000), troppo legati alle differenti condizioni ambientali e climatiche presenti di anno in anno.

Il declino delle popolazioni e la scomparsa della Pernice bianca dalle periferie del suo areale alpino, potrebbero suggerire un effetto della scomparsa di habitat, a causa del tanto dibattuto cambiamento climatico. Tuttavia un'errata gestione dovuta a una scarsa precisione e accuratezza nelle stime di densità sia in periodo primaverile, sia in periodo post-riproduttivo, possono aver influito in maniera ancor più drastica sulla dinamica, complicata e per molti aspetti tuttora sconosciuta, della popolazione alpina di questa specie.

Anche se le densità ottenute con il metodo del *point transect* sono state quasi sempre superiori a quelle ottenute con i metodi classici, bisogna ricordare che una delle caratteristiche delle aree prescelte per il presente studio doveva essere la confermata

presenza della specie a buone densità. I valori delle densità ottenuti sono stati alti, ma non hanno mai superato i valori più alti ottenuti in altre aree di studio con il metodo proposto da Bossert (1977), e sono riferiti sempre a grandi estensioni di territorio. Campionando aree più piccole, esiste invece la possibilità di sovrastimare o di sottostimare le densità presenti.

Opere citate

- Akaike H. (1973). Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: B.N. Petrov e F. Csaki (Eds). Second International Symposium on Information Theory. Akademiai Kiado, Budapest. Pp 267-281.
- Artuso I. (a cura di) (2008). I Galliformi alpini e la Lepre bianca della Vale Brembana (Bergamo). Comprensorio alpino Valle Brembana (BG), pp. 1-528.
- Artuso I. e Demartin P. (2005). Pernice bianca *Lagopus mutus helveticus*. In Pedrini P., Caldonazzi M., Zanghellini S. (a cura di). Atlante degli Uccelli nidificanti e svernanti in provincia di Trento. Museo Tridentino di Scienze Naturali, Trento. Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Biologica, 80 (2003), suppl. 2. Pp 69-71.
- Bailey S.A., Haines-Young R.H., Watkins C. (2002). Species presence in fragmented landscapes: modelling of species requirements at the national level. Biol. Conserv. 108:307-316.
- Bergmann H.H. e Engländer W. (1996). Lebensraumnutzung des Alpenschneehuhns (*Lagopus mutus*) zur sommerlichen Mauserzeit. Wissensch. Mitteil. aus dem Nationalpark Hohe Tauern. 2:115-124.
- Bertermann C., Weber-Sparenberg C., Pechura A., Renard A.I., Bergmann H.H. (1998). Zur Ernährung von Alpenschneehühnern *Lagopus mutus helveticus* im Sommer. Egr. 41:15-26.
- Bocca M. (1990). La coturnice *Alectoris graeca* e la Pernice bianca *Lagopus mutus* in Valle d'Aosta. Regione Autonoma della Valle d'Aosta. Comitato Regionale della Caccia della Valle d'Aosta. Pp 76.
- Bossert A. (1977). Bestandesaufnahmen am Alpenschneehuhn (*Lagopus mutus*) im Aletschgebiet. Ornithol. Beob. 74:95-98.

- Bossert A. (1995). Bestandsentwicklung und Habitatnutzung des Alpenschneehuhns *Lagopus mutus* im Aletschgebiet (Schweizer Alpen). Ornithol. Beob. 92:307-314.
- Brichetti P. (1987). Atlante degli Uccelli delle Alpi italiane. Editoriale Ramperto, Brescia.
- Buckland S.T., Anderson D.R., Burnham K.P., Laake J.L., Borchers D.L., Thomas L. (2001). Introduction to Distance Sampling. Estimating abundance of biological populations. Oxford U.P. Pp 432.
- Burnham K.P., Anderson D.R., Laake J.L. (1980). Estimation of density from line transect sampling of biological populations. Wildl. monogr. 72:1-202.
- Cattadori I.M. e Hudson P.J. (1999). Temporal dynamics of grouse populations at the southern edge of their distribution, *Ecography* 22:374-383.
- Cattadori I.M. e Hudson P.J. (2000). Are grouse populations unstable at the southern end of their range? *Ecography* 22:374-383.
- Clementi T., Stadler M., Gerstgrasser L., Carmignola G. (2008). Relazione sulla situazione dei galliformi alpini ai fini della pianificazione del prelievo venatorio. Ufficio caccia e pesca, Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige.
- De Franceschi P. (1992). Pernice bianca *Lagopus mutus*. In Brichetti P., De Franceschi P. e Baccetti N. (a cura di). Fauna d'Italia, XXIX, Aves. I – Calderini, Bologna, pp 708-721.
- Desmet J.F. (1988). Densité de peuplement en période de reproduction de lagopède alpin en haute vallée de Giffre (Haute Savoie). *Gib. Faune Sauv.* 5:447-458.
- Durbin J. e Watson G.S. (1950). Testing for Serial Correlation in Least Squares Regression: I. – *Biometrika* 37:409-428.

- Fasel M. e Zbinden N. (1983). Kausalanalyse zum Verlauf der südlichen Arealgrenze des Alpenschneehuhn *Lagopus mutus* im Tessin. Ornithol. Beob. 80:231-246.
- Favaron M., Scherini G.C., Preatoni D., Tosi G., Wauters L.A. (2006). Spacing behaviour and habitat use of rock ptarmigan (*Lagopus mutus*) at low density in the Italian Alps. J. Ornithol. 146:618-628.
- Graf R.F., Bollmann K., Suter W., Bugmann H. (2005). The importance of spatial scale in habitat models: Capercaillie in the Swiss Alps. Landsc. Ecol. 20:703-717.
- Huber B. e Ingold P. (1991). Bestand und Verteilung der Territorien des Alpenschneehuhns *Lagopus mutus* am Augstmatthorn BE. Ornithol. Beob. 88:1-7.
- Jaynes E.T. (1957). Information theory and statistical mechanics. Phys. Rev. 106:620-630.
- Lieser M., Zakrzewski M., Sittler B. (1997). Summer ecology of ptarmigan *Lagopus mutus* on Traill Island, NE Greenland. Ornithol. Beob. 94:225-232.
- Lubrini G. (2006). Coturnici, galli forcelli e pernici bianche in Alta Valle Seriana (20 anni di gestione). Ricerche ed osservazioni sulle dinamiche delle popolazioni, sui dati dei censimenti e della gestione faunistico-venatoria dal 1987 al 2006. Pp 57.
- Luder R. (1981). Die Avifauna der Gemeinde Lenk. Ornithol. Beob. 78:193-208.
- Manel S., Dias J. M., Ormerod S. J. (1999). Comparing discriminant analysis, neural networks and logistic regression for predicting species distributions: a case study with a Himalayan river bird. Ecol. Modell. 120:337-347.
- Manly B.F.J., McDonald L.L., Thomas D.L., McDonald T.L., Erickson W.P. (2002). Resource Selection by Animals. Statistical Design and Analysis for Field Studies. Second Edition. Kluwer Academic Publishers. 221pp.
- Martorelli G. (1960). Gli Uccelli d'Italia. Cogliati, Milano, 678 pp.

- Massolo A. e Meriggi A. (1995). Modelli di valutazione ambientale nella gestione faunistica. *Ecology, Ethology and Evolution* (Supplemento al n° 1) 7:2-11.
- Meriggi A. (1989). Analisi dei metodi di censimento della fauna selvatica (Aves, Mammalia). *Aspetti teorici e applicativi. Ricerche di Biologia della Selvaggina* 83:1-59.
- Morscheidt J. (1994). Densités au printemps et succès de la reproduction chez le Lagopède alpin *Lagopus mutus* dans la Réserve Domaniale du Mont Vallier (Ariège, France). *Alauda*. 62:123-132.
- Mustoni A., Cetto E., Baldessari F., Pedrini P., Brambilla M., Menegon M. (a cura di) (2011). Piano Faunistico Provinciale. Provincia Autonoma di Trento, Dipartimento Risorse Forestali e Montane, Servizio Foreste e Fauna, Ufficio Faunistico. Pp 239-243.
- Nopp-Mayr U. e Zohmann M. (2008). Spring densities and calling activities of Rock Ptarmigan (*Lagopus muta helvetica*) in the Austrian Alps. *J. Ornithol.* 149:135-139.
- Novoa C., Besnard A., Brenot J.F., Ellison L.N. (2008). Effect of weather on the reproductive rate of Rock Ptarmigan *Lagopus muta* in the eastern Pyrenees. *Ibis* 150:270-278.
- Phillips S.J., Dudik M., Schapire R.E. (2004). A maximum entropy approach to species distribution modeling. *Proc. of the 21st Int. Conf. on Mach. Lear.*, ACM Press, New York, pp. 648-662.
- Phillips S.J., Anderson R.P., Schapire R.E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol. Model.* 190:231-259.
- Pires, A.N. e Rodrigues, I.M. (2007). Multiple linear regression with some correlated errors: classical and robust methods. – *Stat. in med.* 26:2901-2918.
- Revermann R., Zbinden N., Schmid H., Spaar R., Schröder B. (2011). Suitable habitat for ptarmigan (*Lagopus muta helvetica* Thienemann 1829) in the Swiss Alps

and its response to rapid climate change in the 21st century: a multi-scale approach.

<http://brandenburg.geoecology.uni-potsdam.de/users/schroeder/publications.html>.

Accessed 28 November 2011.

- Scherini G.C., Tosi G., Wauters L.A. (2003). Social behaviour, reproductive biology and breeding success of Alpine Rock Ptarmigan *Lagopus mutus helveticus* in northern Italy. *Ardea* 91:11-23.
- Scherini G.C. e Tosi G. (1982). Pernice bianca. In: Brichetti P. (red.), Atlante degli Uccelli nidificanti sulle Alpi italiane. I. Riv. Ital. Orn., Milano, 52:16-18.
- Schweiger A.K., Nopp-Mayr U., Zohmann M. (2011). Small-scale habitat use of black grouse (*Tetrao tetrix* L.) and rock ptarmigan (*Lagopus muta helvetica* Thienemann) in the Austrian Alps. *Eur. J. Wildl. Res.*
- Slotta-Bachmayr L. e Winding N. (1994). Verteilung und Siedlungsdichte von Schnee und Birkhuhn (*Lagopus mutus*, *Tetrao tetrix*) im Laufe der Vegetationsperiode im Wald und Baumgrenzebereich (Hohe Tauern, Österreich). *Ornithol. Beob.* 91:195-202.
- Spagnesi M. e Serra L. (a cura di) (2004). Uccelli d'Italia. Quad. Cons. Natura, 21, Min. Ambiente – Ist. Naz. Fauna Selvatica.
- Thomas L., Buckland S.T., Rexstad E.A., Laake J.L., Strindberg S., Hedley S.L., Bishop J.R.B., Marques T.A., Burnham K.P. (2010). Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *J. App. Ecol.* 47:5-14.
- Watson A. (1972). The behaviour of ptarmigan. *Brit. Birds* 65:6-26.
- Zohmann M. e Wöss M. (2008). Spring density and summer habitat use of alpine rock ptarmigan *Lagopus mutus helvetica* in the southeastern Alps. *Eur. J. Wildl. Res.* 54:379-383.

- Zuur A.F., Ieno E.N., Elphick C.S. (2010). A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. – *Methods in Ecology and Evolution*. 1:3-14.

Ringraziamenti

Questi due anni di laurea magistrale sono stati per me indimenticabili. Le cose che ho imparato, le persone che ho conosciuto, le situazioni che ho vissuto, sono state un capitolo molto importante della mia vita. Non sarebbe stato lo stesso se non avessi incontrato proprio le persone che adesso comincio a ringraziare.

In primo luogo ringrazio il Dott. Alberto Meriggi, che mi ha offerto la possibilità di partecipare a questo progetto, due anni fa, quando mi presentai dicendo che volevo studiare la Pernice bianca. Grazie per i consigli, per le lezioni e gli insegnamenti, per i pranzi e le cene, per le risate e la disponibilità. Imparerò a essere meno ornitologo, ma sono un inguaribile romantico.

Grazie infinite al Dott. Luca Nelli, che mi sa strano scriverlo così...grazie infinite a Luca quindi, o a Capitan Alecoris, che ha condiviso con me la sua ricerca e il suo studio. Non avrei potuto desiderare un correlatore migliore, ed è bello che oltre che con una tesi, mi ritrovo anche con un amico in più. Grazie per la pazienza in queste ultime settimane, senza il tuo aiuto non sarebbe stato possibile.

Un ringraziamento particolare va ai miei genitori, ai quali dedico questa tesi. Senza il vostro sostegno, fatto di amore e di fiducia, che mi avete trasmesso ogni giorno, sarebbe stata molto più dura. Voglio ringraziarvi perché mi sento veramente fortunato, siete unici. Grazie anche a mio fratello Andrea, che trasmette determinazione, e che sette anni fa mi ha convinto a studiare all'università.

Questa tesi non sarebbe stata possibile senza tutte quelle persone che hanno contribuito alla raccolta dati e alla logistica. Ringrazio dunque Ramona Viterbi, Radames Bionda, Andrea Mosini, Daniele Regine, Marta Putetto, Marco Piccolo e Valentina Andreo.

Ringrazio anche gli impavidi che ci hanno seguito sul campo, GP Bona Bonazza e Marco Porcella, che insieme a Capitan Alecoris e a me, Bianchina, formiamo i GAGA' (Gruppo d'Assalto Galliformi Alpini). Un grazie anche a Sara, Matteo e Mattia.

Se mi sono laureato è anche perché sono riuscito a fare gli esami. Grazie ai miei compagni di corso, ai gruppi di studio, alle cene, alle escursioni, agli appunti, ai consigli, alle cazzate e alle cantate. Siamo proprio un bel gruppo. Un ringraziamento particolare comunque lo devo fare a Esther, che ha l'argento vivo addosso e riesce a trasmetterlo, e alla Zia Silvia, saggia e ottima cantante. Divertenti.

Grazie anche a Eva e Rocco, a Ema e Marta, a Annina, a Laura e anche alla Ali.

Un grazie anche ai miei amici di sempre, Mazzu, Toby, Seba, Fra, Bene, Teo, Giobbe e tutti gli altri, che ci sono sempre, come fratelli.

Un ringraziamento anche agli amici di Sagliano, Davide, Claudia, Carlo, Michele e Alessandro e gli altri, per l'ospitalità e l'allegria. La vostra presenza è musica.