

Capitolo 4

COSTRUZIONE DI UN MVA PER IL FAGIANO DI MONTE

4.1 Riassunto

Il fagiano di monte (*Tetrao tetrix*) rappresenta un valido indicatore ecologico del livello di degrado dell'ambiente alpino e, quindi, è di notevole interesse studiare le caratteristiche dell'habitat in cui questa specie vive. Scopo del presente capitolo è la costruzione di modelli di valutazione ambientale a diversa scala per il fagiano di monte che permettano di stimare l'attitudine (in termini di probabilità di presenza) di un territorio quale zona di accoppiamento o di allevamento delle covate in base alle caratteristiche ambientali del territorio stesso. L'area di studio è situata nel Parco Naturale dell'Alpe Veglia e dell'Alpe Devero (Verbania), nelle Alpi italiane occidentali. Lo sviluppo dei modelli è basato sull'analisi delle caratteristiche ambientali (descritte da cartografia tematica) presenti nelle aree situate intorno alle localizzazioni puntuali di presenza della specie (rilevate durante tre anni di censimenti). In particolare si sono considerati intorni circolari di dimensioni diverse (raggi 25, 50, 100, 200 m). I modelli, sviluppati seguendo una procedura originale e mediante l'utilizzo di GIS e di analisi statistiche multivariate, sono stati validati e sono stati utilizzati per produrre carte di vocazionalità faunistiche per il fagiano di monte nel territorio del parco.

Dalle analisi eseguite i modelli che spiegano meglio la presenza di fagiano di monte sono, sia per le zone di accoppiamento che per le zone di cova, quelli basati su altitudine e copertura vegetazionale e sviluppati su intorni piccoli (raggio 25 m).

4.2 Introduzione

Come visto nel capitolo 3, il fagiano di monte (*Tetrao tetrix*) è una specie alpina di notevole importanza non soltanto perché soggetta a prelievo, ma soprattutto in quanto, essendo particolarmente sensibile alle alterazioni dell'ambiente, rappresenta un valido indicatore ecologico del livello di degrado dell'ambiente alpino. La gestione della specie non può, quindi, prescindere da una pianificazione e una gestione efficace del territorio basate su una conoscenza approfondita dell'habitat ad essa adatto. Risulta, allora, necessario indagare le relazioni esistenti tra le caratteristiche demografiche ed ecologiche di questa specie e le caratteristiche dell'habitat in cui essa vive.

Come visto nel capitolo 2, un interessante approccio quantitativo allo studio delle relazioni specie-habitat è costituito dai modelli di valutazione ambientale (MVA) che descrivono la relazione tra la presenza e l'abbondanza potenziale di una specie e le caratteristiche dell'ambiente in cui essa vive. Prima di descrivere lo scopo del presente capitolo, analizzo i modelli di valutazione ambientale per il fagiano di monte presenti in letteratura.

4.2.1 Rassegna dei modelli di valutazione ambientale per il fagiano di monte

Per il fagiano di monte in ambiente alpino pochi sono i modelli di valutazione ambientale esistenti (Perco 1990; Gallinaro 1997; Meriggi *et al.* 1998) e tra questi nessuno è stato validato. In particolare, il modello di Perco sviluppato per il bacino montano del Vanoi all'interno del "Progetto Fauna" della Provincia Autonoma di Trento è, a detta dell'autore stesso, un modello unicamente teorico che dovrebbe servire a tarare i diversi parametri utilizzati, che dovrebbe essere verificato per aree meglio conosciute, che contiene parametri probabilmente ininfluenti e ridondanti e che, quindi, necessiterebbe di essere rivisto alla luce di un'analisi dei parametri effettivamente utili. Il modello è basato sulle informazioni ambientali disponibili relative alle particelle forestali della Provincia e su stime qualitative dei parametri antropici considerati. Nonostante la sua ovvia scarsa applicabilità, questo modello è tuttavia il primo tentativo in Italia di formalizzare in maniera quantitativa le conoscenze relative alle preferenze ambientali del fagiano di monte e vale, quindi, la pena di descriverlo più dettagliatamente.

Il modello permette di calcolare un punteggio di vocazionalità e una consistenza potenziale della popolazione di fagiano di monte presente nell'area studiata in base al valore delle singole variabili ambientali. Ciascuna di queste è divisa in classi di valore e a ciascuna classe è attribuito un punteggio che ne indica il valore in termini di vocazionalità per la specie (Tabella 4.1 e Tabella 4.2). La somma dei punteggi relativi a ciascuna variabile costituisce il valore faunistico dell'area studiata per il fagiano di monte e ad esso corrisponde una densità potenziale di individui che l'area può sostenere (Tabella 4.3). Il modello è suddiviso in due sottomodelli, simili ma

con una differente attribuzione dei punteggi, che tengono conto delle diversità stagionali. Si ottengono in questo modo due diverse classi di vocazionalità e, quindi, due densità potenziali della specie a seconda che l'area sia utilizzata dagli animali in estate (Tabella 4.1) o in inverno (Tabella 4.2). Le variabili ambientali considerate sono divise in due classi: quelle di valore e quelle di disvalore. La prima classe include le variabili morfologiche (altitudine, acclività, esposizione), meteorologiche (temperatura, precipitazioni) e vegetazionali (tra cui tipo di bosco, caratteristiche dello strato cespugliare, copertura dei suoli improduttivi) che vengono selezionate positivamente dalla specie. La classe di disvalore raggruppa invece quegli elementi che hanno un impatto negativo sulla presenza della specie, tra questi il bracconaggio, il turismo, il rumore, l'inquinamento, la rete viaria. Queste variabili, sempre suddivise in classi, contribuiscono al punteggio complessivo con un valore negativo; si tiene così conto non solo del valore teorico di bontà dell'area ma anche dei disturbi reali presenti sul territorio. Da notare è la ricchezza di informazioni necessaria per giungere, attraverso il modello, a determinare la vocazionalità dell'area: per ciascuna delle due stagioni considerate i parametri ambientali da misurare sono venti. Perco ha voluto quantificare quanto più possibile i valori assunti dalle variabili, limitando al minimo la possibilità di un giudizio soggettivo dell'utente del modello e garantendo così una certa ripetibilità della valutazione. Così anche parametri che indicano il disturbo antropico sono stati tradotti in indici quantitativi; il bracconaggio e il turismo annuale, ad esempio, vengono quantificati rispettivamente come numero di contravvenzioni su km² per anno e numero di persone per ettaro per anno.

Dal modello di Perco emerge che il fagiano di monte frequenta ambienti dove il bosco è a fustaia pura o mista di larice eventualmente con presenza di abete, lo strato cespugliare è abbondante, le zone aperte sono costituite da pascolo in estate e da prati e radure in inverno, vi è presenza di ontaneti e arbusteti. Oltre il bracconaggio, tra i principali fattori di disturbo spiccano la presenza di allevamento ovino e di escursionisti in estate, la pratica di sci fuori pista e di intensi lavori di silvicoltura in inverno.

Un secondo modello di valutazione ambientale per il fagiano di monte è stato sviluppato da Gallinaro (1997) per una zona (Buco di Grigna, Lecco) di estensione molto limitata (1 km²) situata all'estremità meridionale dell'areale di distribuzione della specie e che ospita una popolazione poco consistente di fagiani di monte. Il modello valuta separatamente le aree adatte all'accoppiamento e quelle adatte all'allevamento delle covate. Le variabili ambientali considerate riguardano la morfologia del terreno, la copertura vegetazionale (analizzata in modo molto dettagliato), la presenza di formicai e il disturbo antropico. Per ogni variabile, in base alle conoscenze sulla specie, è stata costruita una funzione di utilità che per ogni valore della variabile fornisce il corrispondente punteggio parziale di vocazionalità. Il punteggio totale di idoneità dell'area viene definito dalla somma pesata delle singole funzioni di utilità dove i pesi delle singole variabili vengono derivati da una matrice reciproca quadrata di confronti tra le variabili prese a due a due. I confronti

Tabella 4.1 Modello di valutazione ambientale per il fagiano di monte (Perco, 1990)
- Scheda di valutazione estiva.

| A. CLASSI DI VALORE TEORICO | | B. CLASSI DI DISVALORE | |
|---|----|--|-----|
| 1. Temperatura media di luglio (in C°): | | 1. Braconaggio: | |
| >25° | 0 | non da escludere | -4 |
| da 20° a 25° | 0 | 0.01 contravvenzionato/kmq/anno | -7 |
| da 15° a 20° | 2 | 0.1 contravv./kmq/anno; notorio | -9 |
| da 10° a 15° | 7 | 1 contravv./kmq/anno; arcinoto | -10 |
| <10° | 10 | palese e non represso | -10 |
| 2. Altitudine (in metri s.l.m.): | | 2. Randagismo: | |
| < 250 | 0 | periferie di paese | -0 |
| 250-500 | 0 | periferie urbane | -0 |
| 500-1000 | 4 | pastorizia | -6 |
| 1000-1500 | 7 | segugismo | -1 |
| >1500 | 10 | presenza di pastorizia e segugismo | -7 |
| 3. Acclività: | | 3. Turismo annuale: | |
| <10% | 6 | <10 persone/ha/anno | -0 |
| 10-20% | 8 | 11-30 persone/ha/anno | -5 |
| 20-40% | 10 | 30-60 persone/ha/anno | -8 |
| 40-90% | 5 | 60-100 persone/ha/anno | -9 |
| >90% | 3 | >100 persone/ha/anno | -10 |
| 4. Esposizione: | | 4. Danni alla silvicoltura: | |
| tutte | 5 | lavori intensi in periodo riproduttivo | -2 |
| S e SO | 10 | 5. Danni all'agricoltura: | |
| E e SE | 10 | con modesto impiego di macchine | -0 |
| O e NO | 4 | con notevole impiego di macchine | -0 |
| N e NE | 7 | grande e continuo impiego di macch, | -0 |
| 5. Precipitazioni: | | 6. Danni alla zootecnia: | |
| < 1000 mm | 1 | zootecnia normale non controllata | -3 |
| 1000-1200 mm | 7 | eccessivo con bovini | -4 |
| 1200-1600 mm | 10 | cavalli | -5 |
| 1600-2000 mm | 7 | stanziale con pecore e/o capre "libere" | -10 |
| >2000 mm | 4 | transumante con pecore e capre | -10 |
| 6. Punti acqua (=PA): | | 7. Polluzioni, inquinamenti, dissesti: | |
| PA saltuari | 6 | sospetto che ci siano | -2 |
| PA saltuari ma distribuiti | 7 | rischio d'incendi | -1 |
| PA perenni 1/kmq | 8 | frane e dissesti | -0 |
| PA perenni 1/50 ha | 10 | notevole uso di pesticidi | -0 |
| PA perenni 1/20 ha | 10 | periferie industriali | -0 |
| 7. Bosco: | | 8. Incidenti stradali, da cavi, elettrodotti, etc. | |
| faggeta | 0 | saltuari | -1 |
| fustaia mix. a faggio; peccio, pino mix. e pura | 4 | percepibili ma non monitorati | -3 |
| fustaia mix. e pura a larice, abete pred. | 10 | <0.2/kmq/anno o elettrodotti<1 ml/ha | -5 |
| Ceduo di protezione | 4 | 0.3-0.9/kmq/anno o elettrodotti 1-20 ml/ha | -7 |
| ceduo di produzione | 0 | >1/kmq/anno o elettrodotti>20 ml/ha | -10 |
| 8. Strato cespugliare: | | 9. Rumore: | |
| molto modesto | 0 | bordi di strade a modesta percorrenza (<25m) | -2 |
| scarso | 2 | bordi di strade a discreta percorrenza | -4 |
| mediocre | 4 | bordi di strade a buona percorrenza | -6 |
| abbondante | 8 | bordi di arterie a grande traffico | -10 |
| molto abbondante | 10 | forti, ripetuti e non predicibili (manovre) | -10 |
| 9. Zone aperte: | | 10. Competizione: | |
| colture legnose agrarie | 0 | presunta | -0 |
| seminativi | 0 | probabile; parziale | -1 |
| foraggiere avvicendate | 0 | probabile; trofica | -1 |
| prati e radure | 5 | nota; trofica | -2 |
| pascoli | 10 | nota; spaziale e trofica | -3 |
| 10. Improduttivi: | | | |
| roccia nuda, greti, ghiaioni | 2 | | |
| zolle pionere | 3 | | |
| rocce con ripiani e vegetazione | 6 | | |
| mughete | 8 | | |
| arbusteti, ontaneti | 10 | | |

Tabella 4.2 Modello di valutazione ambientale per il fagiano di monte (Perco, 1990)
- Scheda di valutazione invernale.

| A. CLASSI DI VALORE TEORICO | | B. CLASSI DI DISVALORE | |
|---|----|--|-----|
| 1. Temperatura media di gennaio (in C°): | | 1. Bracconaggio: | |
| >4° | 0 | non da escludere | -4 |
| da 1° a 4° | 2 | 0.01 contravvenzionato/kmq/anno | -7 |
| da -1° a 1° | 9 | 0.1 contravv./kmq/anno; notorio | -9 |
| da -4° a -1° | 10 | 1 contravv./kmq/anno; arcinoto | -10 |
| >-4° | 9 | palese e non represso | -10 |
| 2. Altitudine (in metri s.l.m.): | | 2. Randagismo: | |
| < 250 | 0 | periferie di paese | -0 |
| 250-500 | 2 | periferie urbane | -0 |
| 500-1000 | 8 | pastorizia | -0 |
| 1000-1500 | 10 | segugismo | -1 |
| >1500 | 8 | presenza di pastorizia e segugismo | -7 |
| 3. Acclività: | | 3. Turismo invernale: | |
| <10% | 0 | piccoli impianti di tipo locale | -1 |
| 10-20% | 0 | impianti discretamente sviluppati | -3 |
| 20-40% | 5 | impianti molto sviluppati, sci da fondo | -5 |
| 40-90% | 10 | solo sci di fondo e sci fuoripista | -10 |
| >90% | 8 | impianti, fondo e fuoripista | -10 |
| 4. Esposizione: | | 4. Danni alla silvicoltura: | |
| tutte | 1 | lavori intensi nei quartieri invernali | -10 |
| S e SO | 6 | 5. Danni all'agricoltura: | |
| O e SE | 4 | con modesto impiego di macchine | -0 |
| E e NO | 8 | con notevole impiego di macchine | -0 |
| N e NE | 10 | grande e continuo impiego di macchine | -0 |
| 5. Precipitazioni nevose: | | 6. Danni alla zootecnia: | |
| assenti o < 100 cm per un mese | 0 | zootecnia normale non controllata | -0 |
| >20 cm per due mesi | 8 | eccessivo con bovini | -0 |
| >40 cm per tre mesi | 10 | cavalli | -0 |
| >100 cm per quattro mesi | 7 | stanziale con pecore e/o capre "libere" | -0 |
| >200 cm per più di quattro mesi | 4 | transumante con pecore e capre | -0 |
| 6. Punti acqua (=PA): | | 7. Polluzioni, inquinamenti, dissesti: | |
| PA saltuari | 6 | sospetto che ci siano | -2 |
| PA saltuari ma distribuiti | 7 | slavine e valanghe | -4 |
| PA perenni 1/kmq | 8 | periferie industriali | -0 |
| PA perenni 1/50 ha | 10 | alto rischio di incendio | -0 |
| PA perenni 1/20 ha | 10 | 8. Incidenti stradali, da cavi, elettrodotti, etc. | |
| 7. Bosco: | | saluari | -1 |
| faggeta | 0 | percepibili ma non monitorati | -3 |
| fustaia mix. faggio; peccio, pino mix. e pura | 4 | <0.2/kmq/anno o elettrodotti<1 ml/ha | -5 |
| fustaia mix. e pura a larice, abete pred. | 10 | 0.3-0.9/kmq/anno o elettrodotti 1-20 ml/ha | -7 |
| Ceduo di protezione | 4 | >1/kmq/anno o elettrodotti>20 ml/ha | -10 |
| ceduo di produzione | 0 | 9. Rumore: | |
| 8. Strato cespugliare: | | bordi di strade a modesta percorrenza (<25m) | -2 |
| molto modesto | 0 | bordi di strade a discreta percorrenza | -4 |
| scarso | 2 | bordi di strade a buona percorrenza | -6 |
| mediocre | 4 | bordi di arterie a grande traffico | -10 |
| abbondante | 8 | forti, ripetuti e non predicibili (manovre) | -10 |
| molto abbondante | 10 | 10. Competizione: | |
| 9. Zone aperte: | | presunta | -0 |
| colture legnose agrarie | 0 | probabile; parziale | -3 |
| seminativi | 0 | probabile; trofica | -1 |
| foraggiere avvicendate | 0 | nota; trofica | -4 |
| prati e radure | 10 | nota; spaziale e trofica | -10 |
| pascoli | 2 | 10. Improduttivi: | |
| 10. Improduttivi: | | roccia nuda, greti, ghiaioni | 0 |
| roccia nuda, greti, ghiaioni | 0 | zolle pionere | 0 |
| zolle pionere | 0 | rocce con ripiani e vegetazione | 7 |
| rocce con ripiani e vegetazione | 7 | mughete | 8 |
| mughete | 8 | arbusteti, ontaneti | 10 |
| arbusteti, ontaneti | 10 | | |

Tabella 4.3 Modello di valutazione ambientale per il fagiano di monte (Perco, 1990)
- Classi di vocazionalità e densità potenziale.

| classe di valore | Densità potenziale (n° capi/km ²) | |
|------------------|---|--------|
| | invernale | estiva |
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 |
| 3 | 1 | 2 |
| 4 | 2 | 4 |
| 5 | 3 | 6 |
| 6 | 4 | 8 |
| 7 | 5 | 10 |
| 8 | 7 | 15 |
| 9 | 8 | 20 |
| 10 | 10 | 23 |

riguardano l'importanza relativa delle due variabili nel determinare l'attitudine ambientale ad ospitare il fagiano di monte.

Il lavoro di Gallinaro ha due meriti principali: il primo è quello di descrivere in modo approfondito le caratteristiche vegetazionali dell'area di studio; il secondo è quello di fornire reali indicazioni gestionali individuando e proponendo le pratiche colturali ritenute più idonee al mantenimento e miglioramento dell'idoneità ambientale per il fagiano di monte nell'area indagata. Tuttavia la metodologia utilizzata nello sviluppo del modello ha le seguenti limitazioni:

- la scelta delle variabili ambientali da includere nel modello è fatta a priori e non è corredata di analisi statistiche necessarie per l'individuazione di eventuali variabili inutili o correlate tra loro e, quindi, ridondanti;
- la quantificazione dei punteggi di vocazionalità parziali e dei pesi si basa sul parere soggettivo di un esperto;
- il modello è difficilmente applicabile ad aree diverse da quella per cui è stato sviluppato poiché necessita di molte informazioni (infatti le variabili ambientali considerate sono numerose e la loro descrizione è effettuata a scala molto dettagliata);
- il modello non è stato validato e, quindi, non è nota la sua effettiva bontà.

Un terzo modello di attribuzione delle vocazioni faunistiche per il fagiano di monte è stato sviluppato da Pompilio e Meriggi (Pompilio *et al.* 1999) nell'ambito della stesura del Piano Faunistico Venatorio della Provincia del Verbano Cusio Ossola (Meriggi *et al.* 1998). Tale modello permette di valutare la presenza/assenza della specie su quadrati di 2 km di lato e, inoltre, la classe di abbondanza (bassa o medio-alta) su quadrati di 1 km di lato per le aree classificate come idonee. L'elaborazione di questo modello è basata sulla mappa CORINE Land Cover a scala 1:100.000 quale descrizione dell'uso del suolo e della copertura vegetazionale. La validità è a

scala provinciale (l'area coperta è pari a 2158 km²). Le analisi statistiche effettuate (analisi della varianza e analisi di regressione logistica) hanno individuato che il gallo forcello seleziona positivamente le zone con elevate estensioni di cespuglieti o di pascoli e praterie d'alta quota e con presenza di predatori (volpe *Vulpes vulpes*). Quest'ultimo risultato, alquanto strano, potrebbe essere spiegato dal fatto che alcune variabili, rilevanti per la presenza della volpe, potrebbero avere un'influenza anche per la presenza del fagiano di monte. Il modello indica come idonea a questa specie una superficie di 1123 km² pari al 52% della superficie provinciale e a circa il 30% in più dell'areale attualmente occupato (885 km²). Il modello classifica in maniera abbastanza soddisfacente le aree di attuale presenza della specie attribuendo una probabilità di presenza della specie maggiore del 50% al 75% dei quadrati in cui la specie è stata effettivamente rilevata. La mancanza di validazione non permette però di valutare in modo affidabile la sua reale bontà.

Nonostante l'esiguo numero di veri e propri modelli di valutazione ambientale sviluppati per il fagiano di monte, tuttavia in letteratura sono disponibili alcuni studi relativi all'utilizzo dell'ambiente da parte di questa specie e alla determinazione del suo habitat potenziale, studi quindi che in qualche modo costituiscono le analisi preliminari necessarie per la costruzione di un MVA. Alcuni di questi lavori riguardano purtroppo ambienti profondamente diversi dall'ambiente alpino (in particolare ambienti nord europei; Baines *et al.* 1993; Hjeljord & Fry 1993; Hjeljord *et al.* 1993; Kurki *et al.* 2000), tuttavia alcune analisi e informazioni sono disponibili anche per le popolazioni alpine (Anonimo 1992; Bernard 1981; Bocca 1993; Bocca 1987; Celada 1994; Scherini *et al.* 1989; Zbinden 1985). Tra questi è meritevole di attenzione l'analisi compiuta da Celada (1994) relativa all'habitat utilizzato dai maschi in parata nel Parco Naturale della Val Tronca (Torino), dove non sono presenti vere e proprie arene di canto poiché i maschi cantano tutti singolarmente. Lo studio è basato sull'analisi statistica di 36 caratteristiche ambientali relative sia al micro-habitat che al macro-habitat presente nell'intorno dei punti di canto. Tali caratteristiche sono state confrontate tramite analisi statistiche sia univariate che multivariate con quelle relative a punti di controllo distribuiti casualmente nell'area di studio. Lo studio ha evidenziato che i punti di canto sono preferibilmente localizzati in aree caratterizzate da esposizione nord-ovest, elevata copertura arborea, bassa percentuale di suolo privo di vegetazione e fitto sottobosco con bassa percentuale di cespugli di altezza superiore a 1 metro. Nell'area di studio un sottobosco così caratterizzato è risultato fortemente correlato alla presenza di arbusti di altezza superiore ai 30 cm, principalmente rappresentati da rododendro *Rhododendron ferrugineum*. Interessante di questo studio è l'approccio multiscalare adottato che consiste nel considerare variabili relative sia al micro-habitat che al macro-habitat e, quindi, rilevate a scala diversa. Tuttavia non viene indagata la possibilità di rilevare una stessa variabile a scale diverse per valutare quale sia la scala spaziale ottima, cioè che spiega meglio la presenza della specie. A questo proposito, tra gli studi relativi ad ambienti nordici, merita attenzione, soprattutto per la metodologia adottata, il lavoro compiuto recentemente da Kurki *et al.* (2000) sugli effetti della frammentazione del paesaggio e della composizione della foresta boreale sul successo riproduttivo del fagiano di monte in Finlandia. L'analisi delle

caratteristiche ambientali è stata effettuata su aree di dimensione diversa (cerchi di raggio 500, 1500, 5000 e 10000 m) attorno ai punti in cui gli animali sono stati avvistati durante i censimenti. L'ampiezza dei raggi utilizzati è stata valutata in base alle conoscenze dell'ecologia delle popolazioni di fagiani di monte che vivono in ambienti nordici e con la finalità di considerare anche il possibile impatto delle popolazioni di predatori (tra cui volpi rosse, corvidi, procioni) sul successo riproduttivo dei fagiani di monte. I risultati di questo studio mettono in luce che la variazione del successo riproduttivo viene spiegata maggiormente considerando le aree più estese (raggio pari a 10 km). Questi risultati possono essere difficilmente estesi alle popolazioni alpine di fagiano di monte la cui ecologia è molto meno conosciuta e che occupano ambienti completamente diversi e molto più vari di quelli scandinavi. Tuttavia la metodologia seguita è molto valida e offre notevoli spunti di riflessione.

4.2.2 Scopo del capitolo

Come è emerso dal paragrafo precedente, pochi sono i modelli di valutazione ambientale esistenti per il fagiano di monte in ambiente alpino e tutti presentano alcune limitazioni di metodologia (non sono basati su analisi quantitative; mancano di validazione) o sono sviluppati su popolazioni con basse densità o particolarmente destrutturate (mancanza di vere e proprie arene di canto). Tali limitazioni ne riducono la validità e l'uso per aree diverse da quelle per cui sono stati sviluppati. Il lavoro di Kurki *et al.* (2000) suggerisce poi l'adozione di un approccio multiscalare particolarmente interessante e mai adottato finora nei MVA relativi a popolazioni alpine di fagiano di monte.

Scopo di questo capitolo è quello di sviluppare e validare su dati di campo un modello di valutazione ambientale per il fagiano di monte, cercando di individuare quale è la scala spaziale ottimale per la descrizione delle caratteristiche ambientali. Per questo baso lo sviluppo del modello sull'analisi della tessitura ambientale di aree di diverse dimensioni situate intorno alle localizzazioni puntuali di presenza della specie. Oltre all'approccio multiscalare, il modello che voglio costruire ha le seguenti caratteristiche innovative:

- individua separatamente le caratteristiche ambientali idonee per le aree dove avvengono gli accoppiamenti (arene di canto) e quelle per le zone di cova e allevamento della prole;
- è basato su cartografia a scala compresa tra 1:10.000 e 1:25.000 ed è, quindi, in grado di valutare localmente l'attitudine di un territorio per il fagiano di monte;
- è di tipo quantitativo essendo il suo sviluppo basato su analisi statistiche dei dati disponibili;
- è di tipo stocastico essendo i risultati espressi sotto forma di probabilità di presenza della specie;

- è validato su dati di campo non utilizzati per il suo sviluppo e la validazione è parte integrante della procedura di costruzione del modello cosicché, nei casi in cui la validazione mostra prestazioni poco soddisfacenti del modello, esso viene modificato e rivalidato fino a giungere ad un modello accettabile.

La base dati su cui sviluppo questo studio deriva dal lavoro di indagine sull'ecologia del fagiano di monte intrapreso nella zona del Parco Naturale dell'Alpe Veglia e dell'Alpe Devero (Verbania) già da vari anni. Strumento principale per la costruzione del MVA è un Sistema Informativo Geografico (GIS - Geographical Information System).

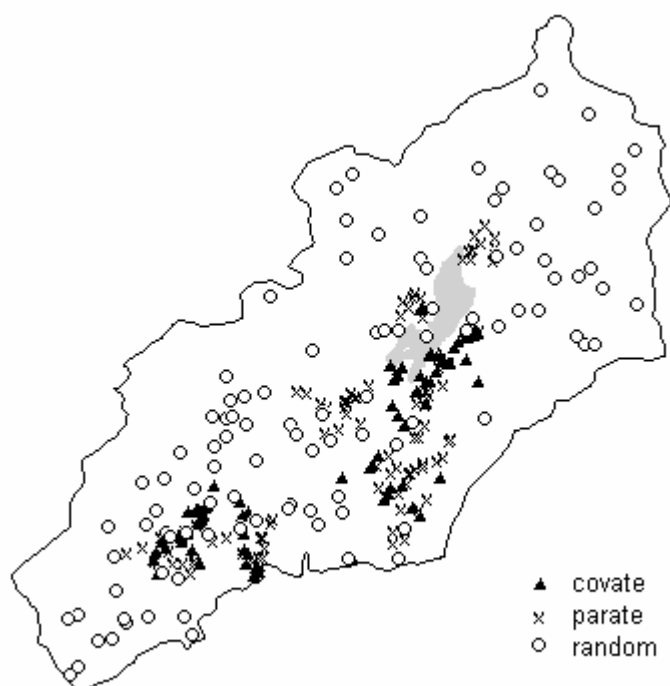
4.3 Area di studio: il Parco Naturale dell'Alpe Veglia e dell'Alpe Devero

Il Parco Naturale dell'Alpe Veglia e dell'Alpe Devero (Figura 4.1) è un parco alpino formato da due ampie conche di origine glaciale e situato in alta Val d'Ossola (Verbania), al limite occidentale delle Alpi Lepontine. Il Parco insieme ad una Zona di salvaguardia (o preParco), soggetta a particolari vincoli ma in cui comunque è permesso il prelievo venatorio, costituisce un unico territorio protetto che si sviluppa per più di 10000 ettari dal Monte Leone, che con i suoi 3553 m s.l.m. è la più alta vetta delle Alpi Lepontine, alla Punta d'Arbola, 3235 m s.l.m.. Il Parco è stato istituito nel 1995 con legge della Regione Piemonte ma le due conche separatamente erano già aree protette: l'Alpe Veglia, soggetta a protezione delle bellezze naturali e oasi faunistica con divieto di caccia fin dal 1974, divenne Parco nel 1978 mentre l'Alpe Devero nel 1990.

Figura 4.1 Localizzazione geografica del Parco Naturale Alpe Veglia - Alpe Devero.

L'area di studio è situata all'interno della conca del Devero per un'estensione pari a 56.8 km² (Figura 4.2). Il suo territorio ricade in parte all'interno del Parco e in parte nella Zona di salvaguardia. All'interno dell'area di studio è situata una piccola stazione sciistica comprensiva di 3 ski-lift (per uno sviluppo complessivo di 2075 m) aperti nel periodo natalizio e nei week-end da gennaio ad aprile.

Figura 4.2 Mappa dell'area di studio all'Alpe Devero con le localizzazioni dei fagiani di monte in parata (x), delle covate (▲), casuali (o). In grigio è segnato il Lago di Devero.



Ampie zone dell'Alpe sono occupate da pascoli ma la formazione più tipica del territorio è il lariceto (*Larix decidua*) con sottobosco a rododendro (*Rhododendron ferrugineum*) e mirtillo nero (*Vaccinium myrtillus*). Le caratteristiche del sottobosco variano con altitudine ed esposizione: in particolare, il rododendro è più sviluppato su versanti poco esposti al sole mentre il mirtillo è maggiormente presente alle quote più elevate dove il bosco è più rado e viene regolarmente pascolato dal bestiame bovino. Il limite del bosco si situa tra i 2000 e i 2200 m di quota a seconda dell'esposizione e della pendenza dei versanti. Ad altitudini maggiori sono presenti formazioni di rododendro e mirtillo nero che sfumano in praterie e lande di arbusti nani (*Vaccinium uliginosum*, *Vaccinium vitis idaea*, *Salix* spp.). Le quote più elevate sono occupate da rocce, morene e vegetazione rupestre.

Nel territorio del Parco vive una popolazione consistente di fagiano di monte durante tutto il corso dell'anno. Quest'area comprende, infatti, le diverse zone utilizzate dalla

specie nel corso dell'anno per la riproduzione, per l'allevamento della prole e per lo svernamento.

4.4 Dati disponibili

Per la costruzione di un modello di valutazione ambientale sono necessari due tipi di dati:

- dati georeferenziati relativi alla presenza e abbondanza della specie;
- cartografia tematica che descrive le variabili ambientali del territorio.

4.4.1 Censimenti di fagiano di monte nel Parco Naturale Alpe Veglia - Alpe Devero

Il Parco ormai da alcuni anni censisce due volte nel corso di ogni anno (in primavera e nella tarda estate) la popolazione di fagiano di monte presente all'Alpe Devero e all'Alpe Veglia. I censimenti, effettuati per la prima volta nel 1994 a Devero e nel 1996 a Veglia, sono realizzati da postazioni fisse secondo una metodologia ormai consolidata (Bionda 1994; Bionda 1996; Rotelli & Bionda 1998) e vedono la partecipazione dei guardiaparco, di cacciatori volontari e, più raramente, di studenti in discipline attinenti alle scienze naturali. Io ho partecipato attivamente ai censimenti primaverili ed estivi degli ultimi tre anni.

Rimando al capitolo 6 la presentazione dei dati relativi al numero di animali censiti mentre tratto qui solo i dati utili allo scopo del presente capitolo. Tali dati consistono nelle localizzazioni georeferenziate relative ai singoli individui avvistati e sono stati rilevati nel 1997, 1998 e 1999 durante i censimenti primaverili ed estivi e durante alcune ulteriori uscite effettuate sul campo alla fine di agosto. I dati disponibili per la zona dell'Alpe Devero (Figura 4.2) sono i seguenti:

- 105 localizzazioni relative a 204 maschi in parata e 45 femmine sulle arene di canto (singole localizzazioni si possono riferire a gruppi di più animali presenti nello stesso punto);
- 88 localizzazioni di femmine con covate e 44 localizzazioni di femmine sole.

I dati sono stati rilevati nell'arco di tre anni e, quindi, i risultati relativi alla selezione dell'habitat non dovrebbero essere influenzati da particolari condizioni meteorologiche e ambientali specifiche di un singolo anno (Laymon & Barrett 1994). Per le analisi relative alle zone di accoppiamento considero le localizzazioni primaverili sulle arene di canto sia dei maschi in parata che delle femmine. Per le analisi delle zone adatte all'allevamento della prole analizzo invece solo le localizzazioni relative a femmine con covate, in quanto la presenza di femmine sole non è indice di utilizzo di un'area quale luogo di allevamento dei piccoli.

4.4.2 Cartografia tematica

La cartografia tematica disponibile per l'area di studio (Figura 4.3) è la seguente:

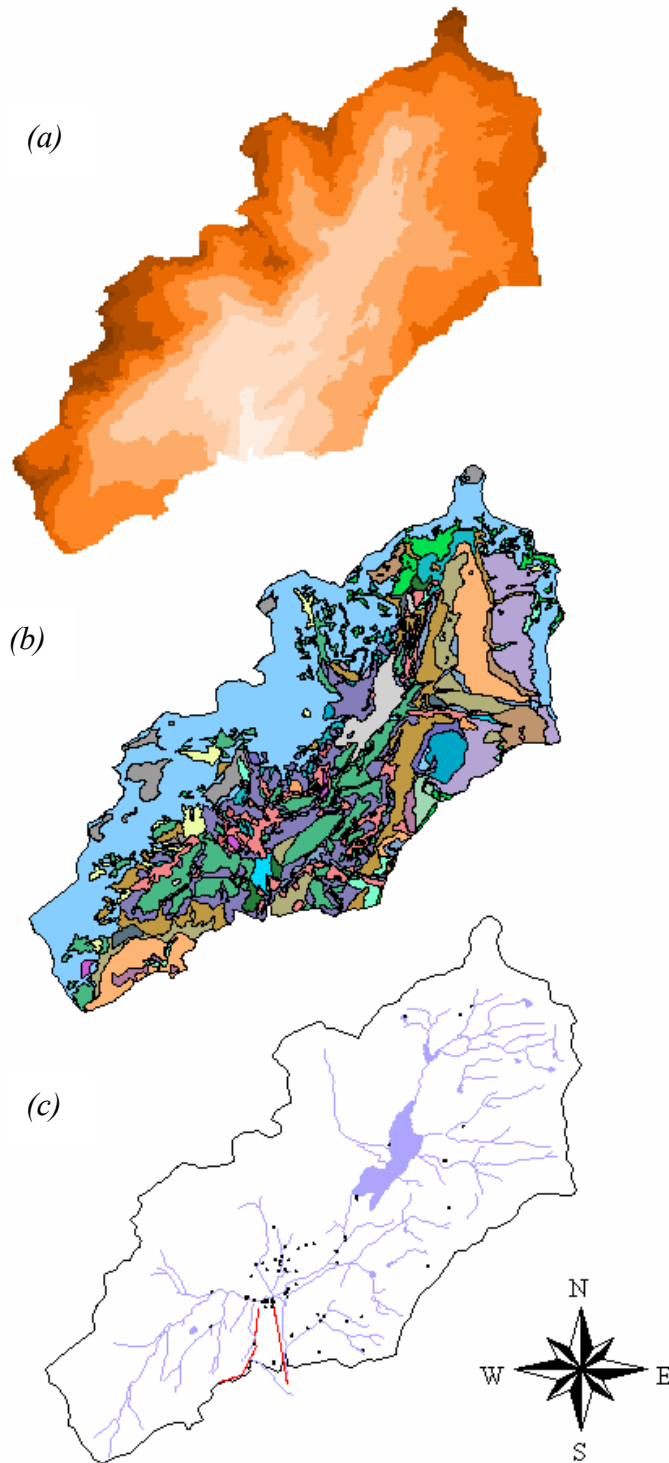
| <i>Carta tematica</i> | <i>Fonte</i> | <i>Scala, risoluzione</i> | <i>Sistema di riferimento</i> | <i>Formato</i> |
|--|------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------|
| Modello digitale del terreno (DEM) | | ris. 50 m | Gauss Boaga | digitale |
| Carta della vegetazione dell'Alpe Devero | Pirocchi, 1992 | 1:25.000 | sistema nazionale svizzero CH1903 | cartaceo |
| Carta Tecnica Regionale vettoriale | Regione Piemonte | 1:10.000 | Gauss Boaga | digitale |

Per utilizzare queste mappe ho dovuto eseguire alcune operazioni e correzioni tramite i GIS ARC/INFO e ArcView (ESRI Inc., Redlands, CA, USA). La carta della vegetazione dell'Alpe Devero in formato cartaceo è stata sviluppata da Pirocchi (1992) nell'ambito di una tesi di Laurea della facoltà di Scienze naturali dell'Università degli Studi di Pavia. Per poterla utilizzare nell'ambito del presente lavoro, l'ho digitalizzata ed elaborata cosicché è ora disponibile in ArcView sia in coordinate svizzere CH1903 che in coordinate italiane Gauss-Boaga. La precisione della mappa è tale per cui l'errore di localizzazione di ogni punto è con probabilità 68.3% inferiore ai 4.5 metri (*Root Mean Square error* RMS=4.49) e con probabilità 95.4% inferiore ai 9 metri. L'area minima cartografata è pari a 400 m².

Dal modello digitale del terreno, dopo averlo trasformato nel sistema di riferimento svizzero CH1903, ho ottenuto le mappe (sempre a risoluzione 50 m) dell'esposizione dei versanti e delle pendenze (espresse in gradi). Sulla carta tecnica regionale vettoriale ho eseguito alcune correzioni ed elaborazioni necessarie per poter assemblare i diversi fogli e, quindi, per renderla utilizzabile. Non ho utilizzato l'ulteriore cartografia tematica a scala 1:100000 disponibile per l'area di studio (Corine Land Cover, mappa di uso del suolo, carta forestale, carta del reticolo idrografico) in quanto essendo a scala troppo poco dettagliata non aggiunge informazioni a quelle già fornite dalla cartografia a scala minore.

E' da notare che, tranne la carta della vegetazione, tutti i dati sulla specie e sull'ambiente presentati in questo e nel precedente paragrafo sono disponibili sia per l'Alpe Veglia che per l'Alpe Devero. Purtroppo è proprio la mancanza della carta della copertura vegetazionale che ha imposto la riduzione dell'area di studio alla sola conca del Devero.

Figura 4.3 Cartografia tematica per l'Alpe Devero: (a) modello digitale del terreno (DEM); (b) carta della vegetazione; (c) fiumi, laghi, edifici e cavi aerei tratti dalla CTR vettoriale.



APPOSITAMENTE VUOTA peche' dietro c'e' stampa a colori

4.5 Metodi

Per sviluppare il modello di valutazione ambientale per il fagiano di monte ho utilizzato metà dei dati relativi alla presenza della specie (53 localizzazioni sulle arene di canto e 44 localizzazioni delle covate) per la creazione del modello mentre i restanti (rispettivamente 52 e 44 localizzazioni) per la validazione del modello. La procedura abbastanza complessa che ho adottato è nuova ed originale ed è costituita dalle seguenti fasi principali:

1. *analisi territoriali* per il calcolo delle variabili ambientali misurate nell'intorno delle localizzazioni di fagiano di monte. Ho considerato intorni di 4 dimensioni diverse (approccio multiscalare) e ho trattato separatamente le localizzazioni primaverili e quelle estive cosicché i set di dati considerati sono stati 8 (4 scale per ciascuno dei 2 momenti del ciclo biologico della specie). Ho quindi eseguito le fasi seguenti per ciascuno degli 8 set di dati;
2. *analisi statistiche* univariate e multivariate volte allo studio della relazione tra la presenza della specie e le variabili ambientali e, quindi, identificazione di una lista di modelli ordinati secondo la loro bontà rispetto criteri fissati;
3. *creazione della carta di vocazionalità faunistica* tramite l'applicazione su tutta l'area di studio del primo modello della lista individuata nella fase 2;
4. *validazione del modello* tramite tre diverse procedure. Ho basate le validazioni sul confronto delle localizzazioni di validazione con, rispettivamente, i risultati del modello applicato sulle localizzazioni stesse e la carta della vocazionalità faunistica. In entrambi i casi ho valutato le prestazioni del modello come percentuale di localizzazioni (che indicano presenza certa dell'animale) classificate correttamente dal modello (probabilità di presenza ≥ 0.5);
5. *modifica del modello* nel caso in cui la validazione ha messo in luce risultati non soddisfacenti. In particolare, ho considerato via via modelli successivi della lista individuata nella fase 2 ripetendo, per ciascuno di essi, le fasi 3 e 4 e fermandomi al primo modello con prestazioni accettabili.

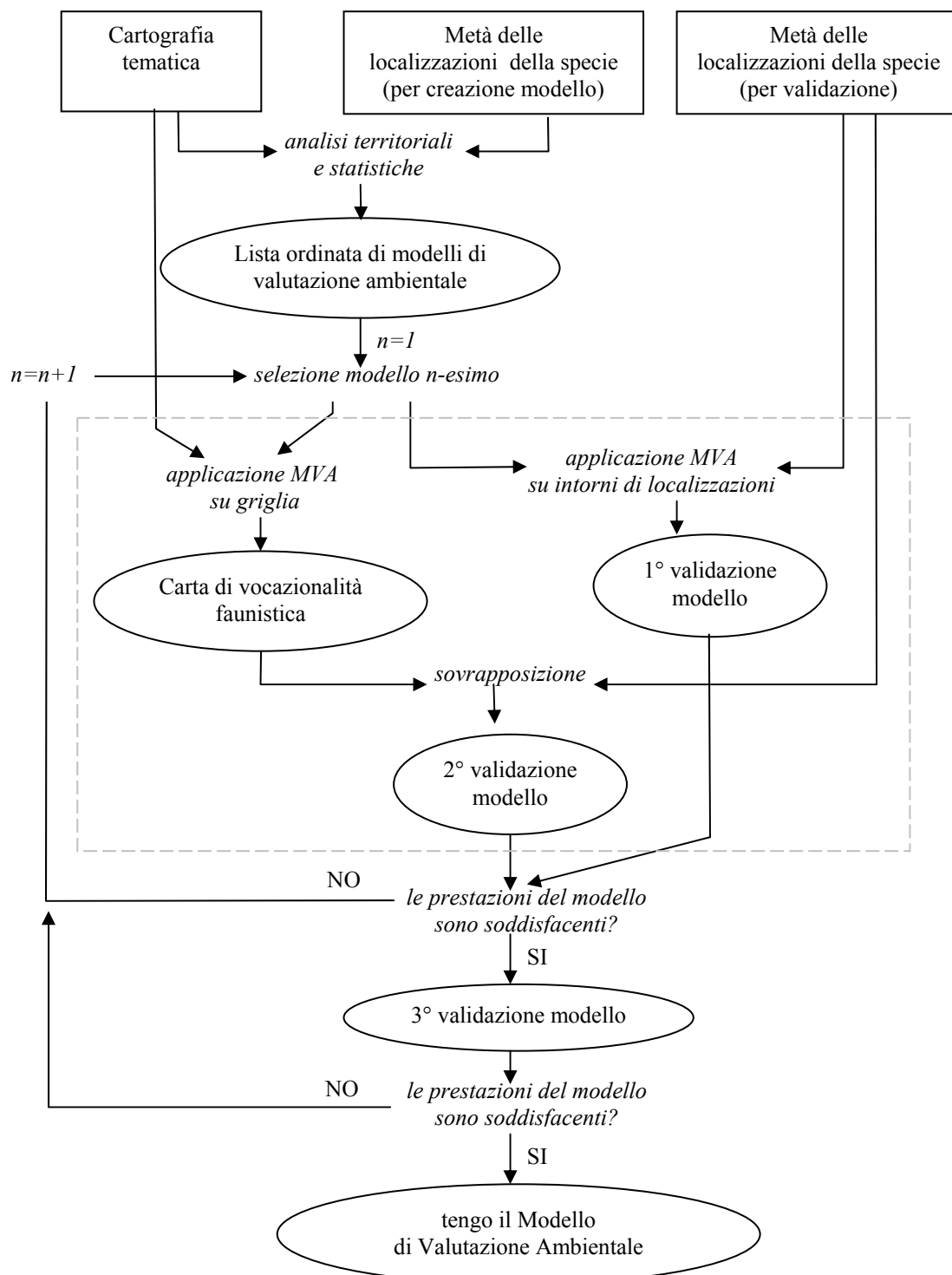
La Figura 4.4 riporta sinteticamente lo schema logico delle fasi di lavoro che ho seguito nello sviluppo del modello e che descrivo dettagliatamente nei paragrafi seguenti.

4.5.1 Analisi territoriali

Per indagare le preferenze della specie, ho confrontato i dati di presenza della specie con 105 localizzazioni distribuite casualmente all'interno dell'area di studio¹ (Figura 4.2). Queste localizzazioni casuali possono essere pensate come localizzazioni

¹ Ho utilizzato un numero (105) di localizzazioni casuali pari al massimo del numero di localizzazioni per stagione (che sono 105 in primavera e 88 in estate). Questa scelta tuttavia non è obbligatoria.

Figura 4.4 Schema logico della procedura seguita per lo sviluppo di ciascuno degli 8 (4 scale per 2 fasi biologiche) modelli di valutazione ambientale del fagiano di monte. Nei riquadri sono indicati i dati utilizzati.



potenziali nel caso in cui la specie non mostrasse nessuna preferenza ambientale, ovvero come se tutto il territorio avesse eguale vocazionalità (Brennan *et al.* 1994). Per la generazione delle localizzazioni casuali ho utilizzato l'estensione Animal Movement Analysis per ArcView (USGS - BRD, Alaska Biological Science Center, Glacier Bay Field Station, Anchorage, Alaska, USA).

Ho basato lo sviluppo dei modelli di valutazione ambientale sull'analisi delle caratteristiche ambientali presenti nelle aree situate intorno a ciascuna localizzazione puntuale (sia di presenza della specie che casuali). In particolare ho considerato intorno (*buffers*) di forma circolare di diverse dimensioni (raggi rispettivamente pari a 25, 50, 100, 200 m). Non ho ritenuto opportuno considerare raggi minori ai 25 m in quanto possibili errori insiti nelle localizzazioni e nella cartografia tematica potrebbero invalidare i risultati ottenuti. D'altra parte, data la variabilità del paesaggio alpino, l'utilizzo di raggi molto maggiori di 200 m rischierebbe di includere nei buffers ambienti molto diversi tra loro e, quindi, di non riuscire ad individuare i fattori ambientali più importanti per la specie.

Le variabili ambientali che ho considerato per ogni buffer (Tabella 4.4) sono state necessariamente limitate dalla disponibilità di cartografia. Per le variabili vegetazionali, oltre alle 53 classi presenti nella carta della vegetazione (date da diversi combinazioni delle 20 classi riportate in Tabella 4.5), ho anche considerato delle classi più ampie date da diversi raggruppamenti di alcune di esse. Per il calcolo per ogni buffer dei valori delle variabili ambientali ho fatto uso dei software GIS ARC/INFO e ArcView (ESRI Inc., Redlands, CA, USA).

4.5.2 Analisi statistiche

Per individuare le variabili ambientali significativamente associate alla presenza/assenza della specie e per determinare la funzione di classificazione del MVA, ho eseguito varie analisi statistiche univariate e multivariate. In queste analisi le variabili indipendenti (d'ora in poi indicate con x) sono costituite dalle variabili ambientali, mentre come variabile dipendente ho considerato una variabile binaria che esprime la presenza della specie ($y=1$ per localizzazioni relative a fagiani di monte avvistati durante i censimenti; $y=0$ per localizzazioni casuali). Ho compiuto le analisi separatamente ma in maniera analoga per gli 8 set di dati (4 dimensione dei buffers per ciascuno dei 2 momenti del ciclo vitale della specie - accoppiamento e cova).

Le analisi statistiche eseguite sono state le seguenti:

- (a) *Regressioni logistiche univariate tra ciascuna variabile ambientale e la variabile dipendente.* Ho compiuto questa analisi per fare una prima selezione delle variabili ambientali significativamente associate alla presenza del fagiano di monte. Ho valutato la significatività delle variabili in base alla statistica di Wald ($p < 0.05$, test χ^2) e ho considerato per le successive analisi solo le variabili significative.

Le curve definite dalla funzione logistica

Tabella 4.4 Variabili ambientali considerate per ogni buffer attorno alle localizzazioni di fagiano di monte. In parentesi viene indicata la cartografia tematica da cui sono stati ricavati i valori delle variabili.

| | |
|--|---|
| ALTITUDINE (fonte: DEM) | |
| 1. altitudine media altitudine minima | 3. dislivello |
| 2. altitudine massima | 4. deviazione standard dell'altitudine |
| PENDENZA (fonte: DEM) | |
| 1. pendenza media | 4. range di pendenza (pendenza massima – pendenza minima) |
| 2. pendenza minima | |
| 3. pendenza massima | 5. deviazione standard della pendenza |
| ESPOSIZIONE DEI VERSANTI (fonte: DEM) | |
| 1. percentuale superficie del buffer con esposizione a N | |
| 2. percentuale superficie del buffer con esposizione a NE | |
| 3. percentuale superficie del buffer con esposizione a E | |
| 4. percentuale superficie del buffer con esposizione a SE | |
| 5. percentuale superficie del buffer con esposizione a S | |
| 6. percentuale superficie del buffer con esposizione a SW | |
| 7. percentuale superficie del buffer con esposizione a W | |
| 8. percentuale superficie del buffer con esposizione a NW | |
| 9. percentuale superficie del buffer con esposizione piana | |
| 10. indice di diversità (=N° di classi di esposizione presenti nel buffer) | |
| FIUMI e LAGHI (fonte: Carta Tecnica Regionale 1:10.000, Carta della vegetazione 1:25.000) | |
| 1. presenza/assenza di fiumi all'interno del buffer (variabile binaria) | |
| 2. lunghezza totale dei tratti fluviali presenti all'interno del buffer | |
| 3. indice di abbondanza dei fiumi (lunghezza dei fiumi/area del buffer) | |
| 4. superficie percentuale dei laghi | |
| CAVI AEREI degli impianti di risalita (fonte: Carta Tecnica Regionale 1:10.000) | |
| 1. presenza/assenza di cavi aerei all'interno del buffer (variabile binaria) | |
| 2. lunghezza dei tratti di cavi presenti all'interno del buffer | |
| 3. indice di abbondanza dei cavi (lunghezza dei cavi/area del buffer) | |
| EDIFICI (fonte: Carta Tecnica Regionale 1:10.000) | |
| 1. presenza/assenza di edifici all'interno del buffer (variabile binaria) | |
| 2. numero di edifici all'interno del buffer | |
| 3. percentuale della superficie del buffer coperta da edifici | |
| TIPOLOGIE VEGETAZIONALI (fonte: Carta della vegetazione 1:25.000) | |
| 1-53 percentuale della superficie del buffer coperta dalla tipologia vegetazionale <i>i</i> -esima (le tipologie vegetazionali sono descritte in Tab.2) | |
| INDICI di DIVERSITA' della copertura vegetazionale | |
| 1. numero di classi vegetazionali presenti all'interno del buffer: <i>n</i> | |
| 2. indice di diversità di Shannon: $H = -\sum_i p_i \ln p_i$ con $p_i = \frac{A_i}{A}$ | |
| 3. indice di dominanza: $D = H_{\max} - H$ con $H_{\max} = \ln n_{\max}$ | |
| 4. indice di ricchezza relativa: $R = \frac{n}{n_{\max}} * 100$ | |
| dove: <i>A</i> = area del buffer; <i>A_i</i> = superficie del buffer con copertura vegetazionali <i>i</i> ; <i>p_i</i> = percentuale del buffer con copertura vegetazionale <i>i</i> ; <i>n_{max}</i> = numero delle classi vegetazionali esistenti. | |

$$p = \frac{\exp(b_0 + b_1x)}{1 + \exp(b_0 + b_1x)}$$

dove p è la probabilità di presenza della specie e b_0 e b_1 i coefficienti di regressione, sono delle sigmoidi e sono quindi monotone (crescenti o decrescenti). Queste curve sono perciò adatte ad essere utilizzate per variabili per cui la probabilità di presenza del fagiano di monte aumenta (o diminuisce) all'aumentare del loro valore. Tuttavia la specie può mostrare una preferenza verso i valori intermedi delle variabili ambientali, evitando valori estremi. Potrebbe essere questo, ad esempio, il caso dell'altitudine: il fagiano di monte è presente in un certo range altitudinale ma evita quote troppo basse o troppo elevate. Per questo motivo ho modificato la funzione logistica per riprodurre una curva unimodale; a tal fine ho considerato e introdotto nelle analisi anche i termini quadratici delle variabili continue relative ad altitudine, pendenza, esposizione e copertura vegetazionale. La funzione

$$p = \frac{\exp(b_0 + b_1x + b_2x^2)}{1 + \exp(b_0 + b_1x + b_2x^2)}$$

descrive infatti una curva a campana.

- (b) *Calcolo del coefficiente di correlazione tra ciascuna coppia di quelle variabili ambientali che siano risultate significative nell'analisi (a).* Come coefficiente di correlazione ho usato il coefficiente Gamma (Siegel & Castellan 1988) particolarmente adatto qualora si considerino anche variabili discrete continue che presentano valori ripetuti nei set di dati. Tra le coppie di variabili con coefficiente di correlazione maggiore o uguale a 0.8 ho scartato, e quindi non sottoposto a successiva analisi, la variabile che fornisce la minore funzione di verosimiglianza (calcolata come log-likelihood) nell'analisi (a).
- (c) *Regressioni logistiche multivariate tra le variabili ambientali selezionate tramite l'analisi (a) e (b) e la variabile dipendente.* Tra tutti i modelli di regressione logistica dati dalle possibili combinazioni delle variabili indipendenti ho selezionato quelli caratterizzati dalla significatività di tutti i coefficienti di regressione (statistica di Wald: $p < 0.05$, test χ^2) e, quindi, li ho ordinati in base all' Akaike Information Criterion (AIC; Akaike, 1974). Questo criterio seleziona i modelli in base alla loro massima verosimiglianza e al numero dei loro parametri. In particolare, l' AIC tiene conto del fatto che modelli con un maggior numero di variabili, e quindi di parametri, possono avere una maggiore verosimiglianza ma sono meno "economici". La bontà di un modello viene quindi misurata sottraendo al valore della sua log-likelihood il numero dei suoi parametri (maggiore è questo valore migliore è il modello). In aggiunta, per permettere il confronto con altri modelli presenti in letteratura, ho valutato le prestazioni di ciascun modello anche in termini di percentuale di casi classificati correttamente e di *odds ratio*², statistiche molto utilizzate nel campo dei MVA.

² L'odds ratio è pari a $f_{11} * f_{22} / f_{12} * f_{21}$ dove: f_{11} =numero delle localizzazioni della specie classificate dal modello come presenza (cioè probabilità di presenza ≥ 0.5); f_{22} = numero di localizzazioni casuali

I risultati di queste analisi sono 8 liste (4 scale per 2 fasi biologiche) ciascuna contenente possibili modelli per la valutazione dell'habitat della specie nel periodo del ciclo biologico considerato ordinati in base a ottimalità decrescente valutata con l' Akaike Information Criterion.

Per tutte le analisi statistiche ho utilizzato il software Statistica (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA).

Tabella 4.5 Tipologie vegetazionali della carta delle vegetazione dell'Alpe Devero (Pirocchi, 1992).

| | |
|-----|---|
| 1. | rocce e vegetazione rupestre |
| 2. | ghiacciai |
| 3. | pietraie e morene |
| 4. | pietraie e morene colonizzate |
| 5. | acque libere |
| 6. | vegetazione dei luoghi umidi e delle paludi |
| 7. | vegetazione delle vallette nivali |
| 8. | praterie falciate |
| 9. | praterie xeriche a Sesleria varia |
| 10. | praterie xeriche a Festuca varia |
| 11. | praterie xeriche a Agrostis schraderana |
| 12. | praterie acide a Carex curvula |
| 13. | praterie secondarie da pascolamento |
| 14. | boscaglie ad ontano verde |
| 15. | cespuglieti a rododendro |
| 16. | cespuglieti nani a ginepro nano |
| 17. | cespuglieti nani ad azalea alpina |
| 18. | boschi compatti di larice |
| 19. | boschi di larice e peccio |
| 20. | boschi di larice a copertura rada (<35%) dello strato arboreo |

4.5.3 Creazione delle carte di vocazionalità

L'applicazione di un modello di valutazione ambientale ad un territorio di cui si disponga della cartografia tematica necessaria permette la costruzione della carta di vocazionalità di quel territorio per la specie in oggetto. Utilizzando i GIS ArcView e ARC/INFO, ho quindi applicato al territorio dell'Alpe Devero il primo modello di ciascuna delle 8 liste ricavate dalle analisi statistiche per produrre carte di vocazionalità faunistica del fagiano di monte in cui ad ogni punto è associata una probabilità di presenza della specie. Ho applicato i modelli sviluppati usando *buffers* con raggi differenti su griglie di dimensioni diverse. In particolare, ho usato griglie con celle quadrate di lato pari al diametro dei buffers (50, 100, 200, 400 m). Ho così

classificate dal modello come assenza (probabilità di presenza<0.5); f_{12} = numero di localizzazioni della specie classificate come assenza (prob.presenza<0.5); f_{21} = numero di localizzazioni casuali classificate come presenza (prob.presenza>=0.5). Odds ratio maggiori indicano migliori prestazioni del modello.

prodotto un totale di 8 carte di vocazionalità: 4 per le zone di accoppiamento e 4 per le zone di cova e di allevamento della prole.

4.5.4 Validazione dei modelli di valutazione ambientale

Ho validato i modelli di valutazione ambientale con le localizzazioni (52 localizzazioni sulle arene di canto e 44 localizzazioni delle covate) non usate per il loro sviluppo seguendo tre diverse procedure.

Validazione 1

Ho basato la prima validazione sull'applicazione dei MVA alle localizzazioni del dataset di validazione e, quindi, sul calcolo della percentuale di localizzazioni che vengono classificate correttamente (cioè come presenza) dal modello. Ho supposto che la specie è presente quando la probabilità di presenza data dal modello è maggiore o uguale a 0.5. Per applicare i modelli ho generato attorno ad ogni localizzazione di validazione i 4 buffers di dimensione diversa (raggio pari a 25, 50, 100, 200 m) e ho calcolato per ciascuna localizzazione le variabili ambientali necessarie per l'applicazione degli 8 modelli (es. altitudine massima, etc). Successivamente ho applicato ciascun modello alle localizzazioni di validazione ottenendo per ciascuna di esse la probabilità di presenza della specie relativa a quel modello (ad esempio la probabilità di presenza di covate secondo il modello basato su buffer di raggio 25 m). Ho quindi valutato la bontà del modello in termini di percentuale di localizzazioni di presenza classificate correttamente dal modello (cioè probabilità di presenza ≥ 0.5).

Validazione 2 (con le carte di vocazionalità)

Ho basato una seconda validazione sulla sovrapposizione delle localizzazioni di validazione con le carte di vocazionalità create. Per semplicità ho considerato le mappe di vocazionalità riclassificate in due classi: aree adatte (probabilità di presenza ≥ 0.5) e aree non adatte (probabilità di presenza < 0.5). Per ogni mappa di vocazionalità, ho stimato, quindi, il numero di localizzazioni che rispettivamente ricadono in celle adatte e in celle non adatte e ho valutato le prestazioni del modello come percentuale di localizzazioni della specie che ricadono in celle classificate dal modello come adatte.

Validazione 3 (test esatto)

Le carte di vocazionalità permettono un'ulteriore validazione basata su un test statistico. Innanzitutto per ogni mappa di vocazionalità, ho stimato, oltre al numero di localizzazioni che rispettivamente ricadono in celle adatte e in celle non adatte (frequenze osservate), anche la superficie delle aree classificate rispettivamente come adatte al fagiano di monte e come non adatte. Per ogni modello ho, successivamente, impostato la validazione sul seguente ragionamento. Se il fagiano

di monte non distinguesse tra ambiente adatto e non adatto, le localizzazioni dovrebbero essere distribuite casualmente nel territorio, ovvero nelle due classi (adatto, non adatto) secondo la percentuale di area che queste occupano nel territorio stesso (frequenze attese). Per testare questa ipotesi nulla (frequenze osservate = frequenze attese), ho utilizzato un test esatto basato sulla distribuzione binomiale. L'ipotesi alternativa è che la frequenza osservata di localizzazioni nelle aree adatte è maggiore della frequenza attesa secondo la disponibilità del territorio. Il test è quindi ad una coda. L'ipotesi nulla viene rigettata qualora il numero di localizzazioni della specie nelle aree adatte è maggiore del numero che ci si aspetterebbe ipotizzando una distribuzione binomiale (con parametri: n =numero di localizzazioni, p =frequenza attesa relativa) e assumendo un livello di significatività pari a 0.01 (1%).

4.5.5 Selezione dei modelli ottimi

Nei casi in cui le validazione 1 e 2 hanno messo in luce prestazioni non soddisfacenti del modello, esso è stato rivisto criticamente e modificato partendo dai risultati delle analisi statistiche. In particolare, nei casi in cui ho dovuto scartare il primo modello presente nelle liste identificate con l'Akaike Information Criterion, ho via via considerato i modelli di regressione di minore "ottimalità" (ovvero in posizioni successive nelle liste) validandoli con le prime due procedure illustrate (e quindi creando anche le rispettive carte di vocazionalità) e fermandomi al primo modello con prestazioni soddisfacenti. Ho considerato un modello soddisfacente quando la percentuale di localizzazioni della specie classificate correttamente è di almeno il 50% sia secondo la procedura di validazione 1 che secondo la procedura di validazione 2.

Ho eseguito la validazione 3 solo sui modelli che sono risultati soddisfacenti in base alle prime due validazioni. In caso di rifiuto dell'ipotesi nulla del test esatto ho accettato il modello, in caso di rifiuto ho invece scartato il modello e sono passata ad analizzare il modello successivo nella lista identificata con l'Akaike Information Criterion.

4.6 Risultati

4.6.1 La lista ordinata dei modelli "possibili"

Per ciascuno degli 8 set di dati analizzati le variabili ambientali che sono risultate significativamente associate alla presenza del fagiano di monte secondo l'analisi di regressione logistica univariata (analisi *a*) sono riportate in Tabella 4.6. Tramite l'analisi della correlazione (analisi *b*) ho scartato le variabili indipendenti correlate tra loro e, quindi, selezionato le variabili (indicate con XX nella Tabella 4.6) da

analizzare con l'analisi logistica multivariata (analisi *c*). All'aumentare del raggio considerato le variabili ambientali che sono risultate significative con l'analisi *a* rimangono sostanzialmente le stesse tranne in alcuni casi in cui aumentano di numero (si vedano le variabili relative alla pendenza per le zone di accoppiamento e quelle relative all'esposizione e alla copertura vegetazionale per le zone di covata). Inoltre le variabili ambientali sono maggiormente correlate tra loro per raggi più piccoli. Questo fa sì che all'aumentare del raggio aumenta il numero di variabili che deve essere analizzato con le regressioni logistiche multivariate.

Dalla Tabella 4.6 si vede che quasi tutte le variabili altitudinali analizzate risultano significativamente associate alla presenza della specie. Tuttavia, essendo fortemente correlate tra loro, nella maggior parte dei modelli l'unica variabile da sottoporre ad analisi multivariata è l'altitudine massima (con anche il termine quadratico). La pendenza, in particolare quella minima, è significativa per 7 degli 8 casi studiati e vengono selezionate aree con pendenza molto limitata sia per le parate che per la cova e l'allevamento della prole. L'esposizione è sempre significativamente associata alla presenza della specie (sono preferite le esposizioni a NW mentre sono evitate le esposizioni a SW-SE) e non è correlata ad altre variabili. Anche la diversità delle esposizioni (misurata come numero di classi di esposizioni presente nel buffer) risulta importante per tutti i modelli (ad eccezione di quelli relativi alle zone di accoppiamento e basati su raggi maggiori) ed è selezionata positivamente. Tra le variabili vegetazionali i boschi di larice e, soprattutto per le aree di allevamento delle covate, i cespuglieti a rododendro sono risultati significativamente associati alla presenza della specie e preferiti indipendentemente dalla scala considerata. Praterie, rocce con vegetazione rupestre, morene colonizzate e vegetazione delle vallette nivali sono invece significative principalmente per raggi maggiori e, in ogni caso, evitati. Nessuna delle variabili relative alla presenza di laghi e di edifici è risultata significativa mentre la presenza di fiumi è risultata importante solo per raggi pari a 200 m e la presenza di cavi solo per le zone di covate per raggi pari a 50 m.

Tramite l'analisi logistica multivariata compiuta sulle variabili ambientali selezionate tramite l'analisi *a* e *b* e l'Aikake Information Criterion (analisi *c*) ho identificato 8 liste (4 scale per 2 fasi biologiche) di modelli possibili ordinati secondo bontà decrescente. La Tabella 4.7 riporta i modelli che ho analizzato con le rispettive variabili ambientali, le quali sono relativamente poche rispetto all'ampio set di variabili analizzate. L'altitudine massima all'interno del buffer e la tipologia vegetazionale risultano fondamentali per quasi tutti i modelli. In particolare, per l'individuazione delle zone di accoppiamento sembra fondamentale la percentuale di bosco a larice (raro e fitto) mentre, per le aree di covata, la percentuale sia di bosco di larice che di cespuglieto a rododendro. La diversità di esposizione entra nei modelli basati su buffer con raggi minori per entrambi le fasi del ciclo biologico della specie, in alcuni casi insieme alla pendenza minima e alla deviazione standard dell'altitudine.

Le prestazioni dei modelli valutate in fase di stima dei parametri (basate, quindi, sui dati utilizzati per lo sviluppo dei modelli stessi) ed espresse come percentuale di casi

Tabella 4.6 Variabili ambientali significativamente associate alla presenza del fagiano di monte secondo l'analisi di regressione logistica univariata (X). Tra queste le variabili XX sono quelle selezionate tramite l'analisi della correlazione per essere analizzate con la regressione logistica multivariata.

| Raggio buffer (m) → | Zone di allevamento covate | | | | Zone di accoppiamento | | | |
|--|----------------------------|-----|----|----|-----------------------|-----|----|----|
| | 200 | 100 | 50 | 25 | 200 | 100 | 50 | 25 |
| <i>Altitudine</i> | | | | | | | | |
| altitudine media | X | X | X | X | X | X | X | X |
| altitudine minima | X | X | X | X | | X | X | X |
| altitudine massima | X | X | X | X | | X | X | X |
| dislivello | X | X | X | X | | | | |
| deviazione standard dell'altitudine | XX | X | X | XX | | | | |
| altitudine media * | X | X | X | X | X | X | X | X |
| altitudine minima * | X | X | X | X | X | X | X | X |
| altitudine massima * | XX | XX | XX | XX | XX | XX | XX | XX |
| dislivello * | | XX | | | X | | | |
| <i>Pendenza</i> | | | | | | | | |
| pendenza media | X | X | XX | X | X | | | |
| pendenza minima | XX | XX | X | XX | XX | | | |
| pendenza massima | | | X | X | | | | |
| pendenza media * | | X | | | XX | XX | | |
| pendenza minima * | | | | | | XX | XX | |
| pendenza massima * | X | | | | XX | | | |
| <i>Esposizione</i> | | | | | | | | |
| % superficie esposta a N | XX | | | | | | | |
| % superficie esposta a NE | X | XX | X | X | | X | X | X |
| % superficie esposta a NW | XX | XX | XX | XX | XX | XX | XX | XX |
| % superficie esposta a S | XX | XX | XX | | | XX | | |
| % superficie esposta a SE | XX | XX | XX | | | | | |
| % superficie esposta a SW | | XX | | | | | | |
| indice di diversità dell'esposizione | XX | XX | XX | XX | | X | XX | XX |
| <i>Tipologie vegetazionali</i> | | | | | | | | |
| cespuglieti a rododendro | XX | XX | | | | | | |
| boschi compatti di larice | X | X | X | X | XX | X | X | X |
| boschi di larice a copertura rada (<35%) dello strato arboreo | X | XX | XX | X | XX | X | X | X |
| boschi di larice ¹ | X | X | X | X | XX | XX | XX | XX |
| boschi di larice ¹ o cespuglieti a rododendro ² | XX | XX | XX | XX | X | X | X | X |
| praterie xeriche | XX | X | | | X | X | X | X |
| praterie (xeriche e acide) | XX | X | | | XX | X | X | X |
| praterie (xeriche, acide e secondarie da pascolamento) | X | X | X | | XX | X | X | X |
| rocce e vegetazione rupestre | X | X | X | | XX | X | X | X |
| pietraie e morene colonizzate o vegetazione delle vallette nivali o rocce e vegetazione rupestre | XX | XX | XX | | X | X | X | X |
| <i>Altro</i> | | | | | | | | |
| presenza/assenza di fiumi | XX | | | | XX | | | |
| presenza/assenza di cavi aerei | | | XX | | | | | |

Note:

- (*) per le variabili contrassegnate dall'asterisco sono stati introdotti nelle analisi di regressione logistica anche i termini quadratici
- (1) sia rado che fitto, eventualmente anche con presenza discontinua di cespuglieti a rododendro ma con assenza di peccio, cespuglieti nani a ginepro nano e boscaglie ad ontano verde
- (2) eventualmente anche con presenza discontinua di praterie secondarie da pascolamento

Tabella 4.7 Lista dei MVA per il fagiano di monte ottenuti dalle analisi statistiche e ordinati secondo bontà decrescente (Aikake Information Criterion).

| Raggio buffer | Modello | Variabili ambientali | | | | | |
|---|---------|----------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------------|------------------------------|---|
| | | altitudine max | Deviazione standard altitudine | Pendenza minima | Diversità esposizione | % boschi larice ¹ | % (boschi larice ¹ o rododendro ²) |
| <i>Zone di accoppiamento</i> | | | | | | | |
| 200 | I | X* | | | | X | |
| 100 | I | X* | | | | X | |
| 50 | I | X* | | X* | X | X | |
| | II | X* | | | X | X | |
| 25 | I | X* | | | X | X | |
| | II | | | | X | X | |
| | III | X* | | | X | | |
| | IV | X* | | | | X | |
| <i>Zone di allevamento delle covate</i> | | | | | | | |
| 200 | I | X* | | | | | X |
| 100 | I | X* | | | | | X |
| 50 | I | X* | | | | | X |
| 25 | I | X* | X | X | X | | X |
| | II | X* | X | X | X | | |
| | III | X* | | | | | X |

Note:

X indica che la variabile selezionata è inclusa nel modello

(*) indica che la variabile selezionata è presente nel modello anche con il termine al quadrato

(1) sia rado che fitto, eventualmente anche con presenza discontinua di cespuglieti a rododendro ma con assenza di peccio, cespuglieti nani a ginepro nano e boscaglie ad ontano verde

(2) eventualmente anche con presenza discontinua di praterie secondarie da pascolamento

classificati correttamente e come *odds ratio* sono riportate in Tabella 4.8. La percentuale di localizzazioni classificate correttamente (cioè di localizzazioni della specie con probabilità di presenza ≥ 0.5 o di localizzazioni casuali con probabilità di presenza < 0.5) è maggiore dell'81% per tutti i modelli e, in alcuni casi, raggiunge il 95%. I modelli con le prestazioni migliori (percentuali e *odds ratio* più alti) sono quelli basati su buffers con raggi minori, in particolare con raggi 25 m per le zone di accoppiamento e con raggi 25 o 50 m per le zone di allevamento delle covate.

4.6.2 La validazione e la selezione dei modelli di valutazione ambientale

La Tabella 4.9 riporta i risultati della validazione dei MVA analizzati effettuata sia applicando il modello sulle localizzazioni non utilizzate per il suo sviluppo (validazione 1) sia sovrapponendo queste localizzazioni alle carte di vocazionalità prodotte con i modelli stessi (validazione 2).

Tabella 4.8 Prestazioni dei MVA per il fagiano di monte valutate in termini di *odds ratio* sulle localizzazioni usate per il loro sviluppo.

| Raggi o buffer | Modello | Localizzazioni specie | | | Localizzazioni casuali | | | Odds ratio |
|---|---------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------|
| | | n° | n° con prob. presenza ≥0.5 | % classificate correttamente | n° | n° con prob. presenza <0.5 | % classificate correttamente | |
| <i>Zone di accoppiamento</i> | | | | | | | | |
| 200 | I | 53 | 45 | 84,9% | 105 | 89 | 84,8% | 31,29 |
| 100 | I | 53 | 44 | 83,0% | 105 | 91 | 86,7% | 31,78 |
| 50 | I | 53 | 46 | 86,8% | 105 | 93 | 88,6% | 50,93 |
| | II | 53 | 46 | 86,8% | 105 | 90 | 85,7% | 39,43 |
| 25 | I | 53 | 49 | 92,5% | 105 | 97 | 92,4% | 148,53 |
| | II | 53 | 48 | 90,6% | 105 | 95 | 90,5% | 91,20 |
| | III | 53 | 47 | 88,7% | 105 | 95 | 90,5% | 74,42 |
| | IV | 53 | 46 | 86,8% | 105 | 89 | 84,8% | 36,55 |
| <i>Zone di allevamento delle covate</i> | | | | | | | | |
| 200 | I | 44 | 38 | 86,4% | 105 | 90 | 85,7% | 38,00 |
| 100 | I | 44 | 39 | 88,6% | 105 | 92 | 87,6% | 55,20 |
| 50 | I | 44 | 42 | 95,5% | 105 | 92 | 87,6% | 148,62 |
| 25 | I | 44 | 39 | 88,6% | 105 | 99 | 94,3% | 128,70 |
| | II | 44 | 36 | 81,8% | 105 | 96 | 91,4% | 48,00 |
| | III | 44 | 42 | 95,5% | 105 | 91 | 86,7% | 136,50 |

Tabella 4.9 Validazione 1 e 2 dei MVA per il fagiano di monte: classificazione dei casi originali di presenza (vedi il testo per ulteriori dettagli). In grassetto sono segnate le percentuali di localizzazioni classificate correttamente dal modello ≥ 50%.

| Raggi o buffer | Modello | n° localiz. | Validazione 1 | | Validazione 2 | | n° localiz. in aree adatte | %localiz. classificate correttamente |
|---|---------|----------------|---|---|--------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|--|
| | | | n° localiz. con prob. presenza ≥0.5 | % localiz. classificate correttamente | area adatta (km ²) | area adatta (%) | | |
| <i>Zone di accoppiamento</i> | | | | | | | | |
| 200 | I | 52 | 40 | 76.9% | 7.24 | 12.8% | 34 | 65.4% |
| 100 | I | 52 | 37 | 71.2% | 7.23 | 12.7% | 39 | 75.0% |
| 50 | I | 52 | 39 | 75.0% | 1.52 | 2.7% | 6 | 11.5% |
| | II | 52 | 41 | 78.8% | 6.69 | 11.8% | 35 | 67.3% |
| 25 | I | 52 | 42 | 80.8% | 5.83 | 10.3% | 25 | 48.1% |
| | II | 52 | 41 | 78.8% | 5.59 | 9.8% | 23 | 44.2% |
| | III | 52 | 44 | 84.6% | 5.71 | 10.1% | 27 | 51.9% |
| | IV | 52 | 40 | 76.9% | 7.72 | 13.6% | 41 | 78.8% |
| <i>Zone di allevamento delle covate</i> | | | | | | | | |
| 200 | I | 44 | 35 | 79.5% | 6.76 | 11.9% | 39 | 88.6% |
| 100 | I | 44 | 36 | 81.8% | 6.76 | 11.9% | 36 | 81.8% |
| 50 | I | 44 | 36 | 81.8% | 7.24 | 12.7% | 38 | 86.4% |
| 25 | I | 44 | 41 | 93.2% | 0.85 | 1.5% | 8 | 18.2% |
| | II | 44 | 39 | 88.6% | 1.42 | 2.5% | 11 | 25.0% |
| | III | 44 | 42 | 95.5% | 8.21 | 14.5% | 41 | 93.2% |

I risultati della validazione 1 mettono in luce che la percentuale di casi originali di presenza classificati correttamente dal modello (probabilità di presenza ≥ 0.5) è maggiore del 71% per tutti i modelli e raggiunge valori anche oltre il 95%. I risultati della validazione 2 sono invece molto più disomogenei ed evidenziano prestazioni ottime per alcuni modelli (quale il modello III per le zone di allevamento delle covate basate su raggi di 25 m) e decisamente scarse per altri (si veda il modello I per le zone di accoppiamento a raggio 50 m). Nel complesso per ciascun modello i risultati della validazione 1 sono migliori di quelli ottenuti con la validazione 2 e prestazioni maggiori sono raggiunte nella valutazione delle zone di allevamento della prole piuttosto che in quella delle zone di accoppiamento.

Per la selezione dei modelli ottimi ho considerato accettabile un modello quando esso attribuisce, secondo entrambe le procedure di validazione, una probabilità di presenza della specie maggiore o uguale a 0.5 ad almeno il 50% delle localizzazioni di validazione. I primi modelli delle rispettive liste (ordinate secondo l' Akaike Information Criterion) sono risultati soddisfare queste condizioni per modelli basati su buffer con raggi maggiori mentre per buffer con raggi minori non sono risultati accettabili. In particolare, per i modelli per le zone di accoppiamento basati su raggi pari a 25 e 50 m e per le zone di covata basate su raggi pari a 25 m, la validazione 2 ha messo in luce percentuali anche molto basse di localizzazioni classificate correttamente. Per questi tre casi ho, quindi, analizzato modelli presenti nelle liste in posizioni successive ed ho rilevato prestazioni soddisfacenti per i modelli presenti in seconda o terza posizione (Tabella 4.9). La validazione 2 mette in luce che il modello III per le zone di accoppiamento basate su raggi pari a 25 m soddisfa di poco le condizioni di accettabilità (51.9% vs 50%). In questo caso l' utilizzo del IV modello aumenta notevolmente i risultati della validazione 2 (+27 punti percentuali) tuttavia peggiorando, anche se in maniera minore, i risultati della validazione 1 (-7 punti percentuali). Poiché il peggioramento ottenuto nella validazione 1 è minore dell' incremento delle prestazioni raggiunte nella validazione 2, ho considerato ottimo il modello IV.

La Tabella 4.10 illustra i risultati dell' esecuzione del test esatto basato sulla binomiale per tutti i modelli selezionati come ottimi in base alle prime due validazioni. In tutti i casi l' ipotesi nulla è rifiutata e, quindi, ho accettato i modelli.

E' da notare che i modelli selezionati come ottimi non sono necessariamente quelli con prestazioni migliori nella fase di stima del modello. Infatti, per le zone di accoppiamento, per raggi pari a 25 e 50 m i modelli ottimi sono risultati avere *odds ratio* più basso rispetto a quello degli altri modelli della stessa lista.

4.6.3 I modelli ottimi di valutazione ambientale

I modelli ottimi di valutazione ambientale selezionati tramite i criteri illustrati nei paragrafi precedenti (significatività di tutti i coefficienti di regressione; Akaike Information Criterion; percentuali di localizzazioni di validazione classificate

correttamente dal modello e dalla carta di vocazionalità faunistica pari almeno al 50%) sono riassunti in Tabella 4.11. Tutti i modelli sono basati esclusivamente sull'altitudine massima (presente anche con il termine al quadrato) e sulla percentuale di bosco di larice e, per le zone di covata, di cespuglieti a rododendro. Unica eccezione è il modello per le zone di accoppiamento basato su buffer con raggio 50 m che include tra le sue variabili anche la diversità delle esposizioni (selezionata positivamente).

Tabella 4.10 Validazione 3 dei MVA per il fagiano di monte: test esatto basato sulla distribuzione binomiale (vedi il testo per ulteriori dettagli). Le frequenze attese assolute sono ottenute moltiplicando le frequenze attese relative per il numero totale di localizzazioni.

| Raggio buffer | Modello | n° localiz. | Vocazio- nalità | Frequenze osservate | | Frequenze attese | | Test esatto (binomiale) | |
|-----------------------------------|---------|-------------|--------------------|---------------------|-------------|------------------|-------------|-------------------------|-----------------------|
| | | | | assolute | relative | assolute | relative | soglia 1% | significatività Ho |
| <i>Zone di accoppiamento</i> | | | | | | | | | |
| 200 | I | 52 | adatta | 34 | 0.65 | 7 | 0.13 | 13 | NS (0.01) |
| | | | non adatta | 18 | 0.35 | 45 | 0.87 | | |
| | | | <i>totale</i> | <i>52</i> | <i>1.00</i> | <i>52</i> | <i>1.00</i> | | |
| 100 | I | 52 | adatta | 39 | 0.75 | 7 | 0.13 | 13 | NS (0.01) |
| | | | non adatta | 13 | 0.25 | 45 | 0.87 | | |
| | | | <i>totale</i> | <i>52</i> | <i>1.00</i> | <i>52</i> | <i>1.00</i> | | |
| 50 | II | 52 | adatta | 35 | 0.67 | 6 | 0.12 | 12 | NS (0.01) |
| | | | non adatta | 17 | 0.33 | 46 | 0.88 | | |
| | | | <i>totale</i> | <i>52</i> | <i>1.00</i> | <i>52</i> | <i>1.00</i> | | |
| 25 | IV | 52 | adatta | 41 | 0.79 | 7 | 0.14 | 13 | NS (0.01) |
| | | | non adatta | 11 | 0.21 | 45 | 0.86 | | |
| | | | <i>totale</i> | <i>52</i> | <i>1.00</i> | <i>52</i> | <i>1.00</i> | | |
| <i>Zone di allevamento covate</i> | | | | | | | | | |
| 200 | I | 44 | adatta | 39 | 0.89 | 5 | 0.12 | 11 | NS (0.01) |
| | | | non adatta | 5 | 0.11 | 39 | 0.88 | | |
| | | | <i>totale</i> | <i>44</i> | <i>1.00</i> | <i>44</i> | <i>1.00</i> | | |
| 100 | I | 44 | adatta | 36 | 0.82 | 5 | 0.12 | 11 | NS (0.01) |
| | | | non adatta | 8 | 0.18 | 39 | 0.88 | | |
| | | | <i>totale</i> | <i>44</i> | <i>1.00</i> | <i>44</i> | <i>1.00</i> | | |
| 50 | I | 44 | adatta | 38 | 0.86 | 6 | 0.13 | 11 | NS (0.01) |
| | | | non adatta | 6 | 0.14 | 38 | 0.87 | | |
| | | | <i>totale</i> | <i>44</i> | <i>1.00</i> | <i>44</i> | <i>1.00</i> | | |
| 25 | III | 44 | adatta | 41 | 0.93 | 6 | 0.14 | 12 | NS (0.01) |
| | | | non adatta | 3 | 0.07 | 38 | 0.86 | | |
| | | | <i>totale</i> | <i>44</i> | <i>1.00</i> | <i>44</i> | <i>1.00</i> | | |

La valutazione delle prestazioni dei modelli ottimi basata sui dati usati per il loro sviluppo mostra che tutti gli 8 modelli classificano correttamente almeno l'83% delle localizzazioni della specie e l'84% delle localizzazioni casuali (Tabella 4.8). Sia per le zone di accoppiamento che per quelle di allevamento delle covate i modelli migliori in termini di *odds ratio* (cioè *odds ratio* più alto) sono quelli basati su raggi

di 50 m, tuttavia la percentuale di casi di presenza classificati correttamente risulta uguale qualora si considerano raggi di 25 o di 50 m. Entrambe le validazioni (Tabella 4.9) hanno evidenziato che il modello che classifica più correttamente i casi originali di presenza non utilizzati per lo sviluppo del modello risulta essere quello basato su *buffers* con raggi pari a 25 m sia per le zone di accoppiamento che per quelle di covata.

Dai risultati delle validazioni (Tabella 4.9) è difficile identificare dei *patterns* generali delle prestazioni dei modelli rispetto alla scala indagata, tuttavia la percentuale di casi classificati correttamente sembra diminuire all'aumentare della dimensione del raggio considerato. Indipendentemente dal raggio, i modelli per le zone di covata hanno rispetto a quelli per le zone di accoppiamento una maggiore percentuale di casi originali di presenza classificati correttamente secondo entrambe le validazioni.

Tabella 4.11 Coefficienti di regressione dei MVA ottimi per il fagiano di monte.

| Raggio buffer | Zone di accoppiamento | | | Zone di allevamento covate | | |
|------------------|---------------------------------|------------|-------|--|------------|-------|
| | Variabili ambientali | Coeff.Regr | p | Variabili ambientali | Coeff.Regr | p |
| 25 | intercetta | -162.51 | 0.012 | intercetta | -214.83 | 0.018 |
| | altitudine massima | 160.70 | 0.015 | altitudine massima | 207.04 | 0.025 |
| | altitudine massima * | -40.28 | 0.017 | altitudine massima * | -51.78 | 0.026 |
| | % boschi di larice ¹ | 3.77 | 0.000 | % boschi di larice ¹ e cespuglieti a rododendro ² | 9.18 | 0.041 |
| 50 | intercetta | -171.66 | 0.014 | intercetta | -259.76 | 0.029 |
| | altitudine massima | 164.59 | 0.019 | altitudine massima | 251.25 | 0.006 |
| | altitudine massima * | -40.41 | 0.023 | altitudine massima * | -62.31 | 0.036 |
| | % boschi di larice ¹ | 3.57 | 0.000 | % boschi di larice ¹ e cespuglieti a rododendro ² | 7.95 | 0.039 |
| | diversità esposizione | 0.81 | 0.013 | | | |
| 100 | intercetta | -154.73 | 0.012 | intercetta | -300.98 | 0.022 |
| | altitudine massima | 148.25 | 0.017 | altitudine massima | 292.73 | 0.001 |
| | altitudine massima * | -36.02 | 0.020 | altitudine massima * | -72.35 | 0.026 |
| | % boschi di larice ¹ | 4.17 | 0.000 | % boschi di larice ¹ e cespuglieti a rododendro ² | 6.68 | 0.028 |
| 200 | intercetta | -179.59 | 0.006 | intercetta | -337.93 | 0.010 |
| | altitudine massima | 170.09 | 0.001 | altitudine massima | 328.11 | 0.011 |
| | altitudine massima * | -40.65 | 0.008 | altitudine massima * | -80.18 | 0.011 |
| | % boschi di larice ¹ | 3.72 | 0.010 | % boschi di larice ¹ e cespuglieti a rododendro ² | 4.06 | 0.001 |

(*) termini al quadrato

(1) sia rado che fitto, eventualmente anche con presenza discontinua di cespuglieti a rododendro ma con assenza di peccio, cespuglieti nani a ginepro nano e boscaglie ad ontano verde

(2) eventualmente anche con presenza discontinua di praterie secondarie da pascolamento
L'altitudine è espressa in km.

L'esecuzione per tutti i modelli del test esatto basato sulla binomiale (Tabella 4.10) ha confermato che il fagiano di monte non si distribuisce casualmente all'interno del territorio ma seleziona attivamente l'ambiente secondo le sue caratteristiche morfologiche e vegetazionali.

Dai MVA si possono ottenere le curve che esprimono la probabilità di presenza della specie in funzione dei valori delle variabili ambientali. In Figura 4.5 (a) e (b) sono riportate le curve che descrivono la probabilità di presenza delle covate di fagiano di monte in funzione dell'altitudine e della percentuale di buffer coperta da bosco di larice e da cespugliato a rododendro per il modello con raggio 25 m. Si nota che, a parità di percentuale di larice e di cespugliato a rododendro, la specie seleziona aree comprese in un certo intervallo altitudinale e che, a parità di altitudine, la specie preferisce aree con alta percentuale di larice e di cespugliato a rododendro. Analogamente in Figura 4.5 (c) e (d) sono riportate le curve di probabilità di presenza della specie per il modello delle zone di accoppiamento basato su raggio 25 m. Il confronto delle curve per i due modelli evidenzia che il modello per le aree di allevamento delle covate è più selettivo infatti, per avere una probabilità di presenza maggiore o uguale a 0.5, a parità di altitudine massima, è necessaria una maggiore percentuale della tipologia vegetazionale selezionata dall'animale (Figura 4.5 b vs. Figura 4.5 d). Questi risultati possono anche essere rappresentati tramite curve di equi-probabilità di presenza della specie in funzione delle variabili ambientali (Figura 4.6). Si nota che per le aree di accoppiamento l'area racchiusa dalla curva di probabilità 50% (Figura 4.6 b) è maggiore di quella per le aree di covata (Figura 4.6 a).

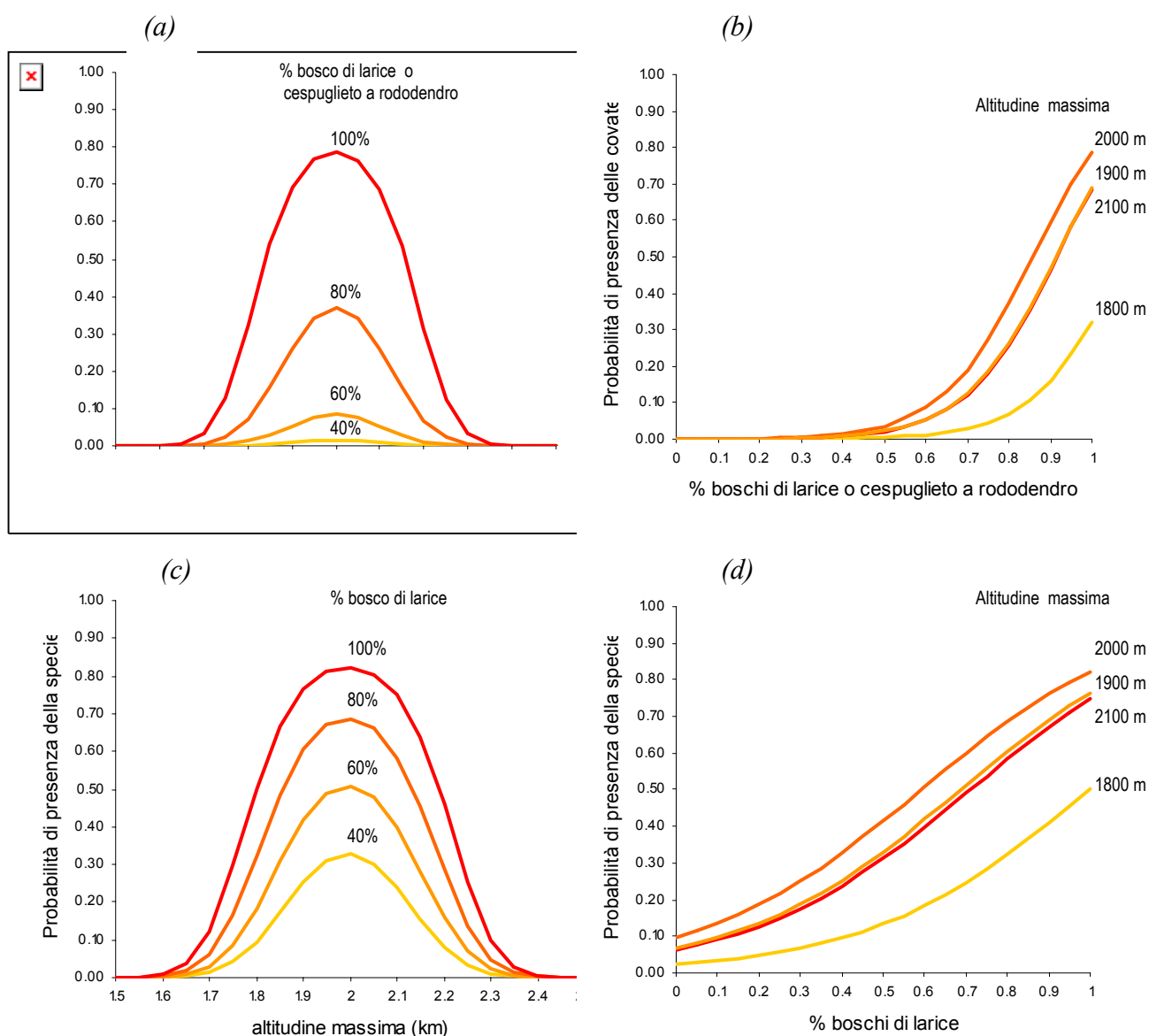
4.6.4 Le carte di vocazionalità faunistica per il fagiano di monte all'Alpe Devero

L'applicazione dei modelli di valutazione ambientale ottimi (Tabella 4.11) al territorio dell'Alpe Devero ha prodotto le carte di vocazionalità faunistica illustrate nell'Allegato A. Le carte sono 8 poiché ho considerato 4 dimensioni delle griglie (lato delle celle pari rispettivamente a 50, 100, 200, 400 m) per ciascuno dei due momenti del ciclo biologico della specie presi in considerazione (accoppiamento e allevamento della prole). La vocazionalità del territorio per il fagiano di monte è espressa come probabilità di presenza della specie e sulle carte è stata divisa in 4 classi (0-0.25; 0.25-0.5; 0.5-0.75; 0.75-1) visualizzate con gradazioni che vanno dalle tonalità più chiare (probabilità bassa) a quelle più scure (probabilità alta).

All'interno del Parco sono presenti ampie zone adatte al fagiano di monte sia nel periodo degli accoppiamenti (area compresa tra 6.7 e 7.7 km² a seconda del modello considerato) che nella fase di allevamento delle covate (area compresa tra 6.7 e 8.2 km²). Nel complesso queste zone non si differenziano nettamente tra loro: ad esempio, l'area che risulta adatta (probabilità di presenza ≥ 0.5) per entrambe le fasi biologiche è, per le griglie con celle di lato pari a 50 m, pari al 96.5% (7.45 km²) dell'area adatta all'accoppiamento e, per le griglie con celle di lato 400 m, pari

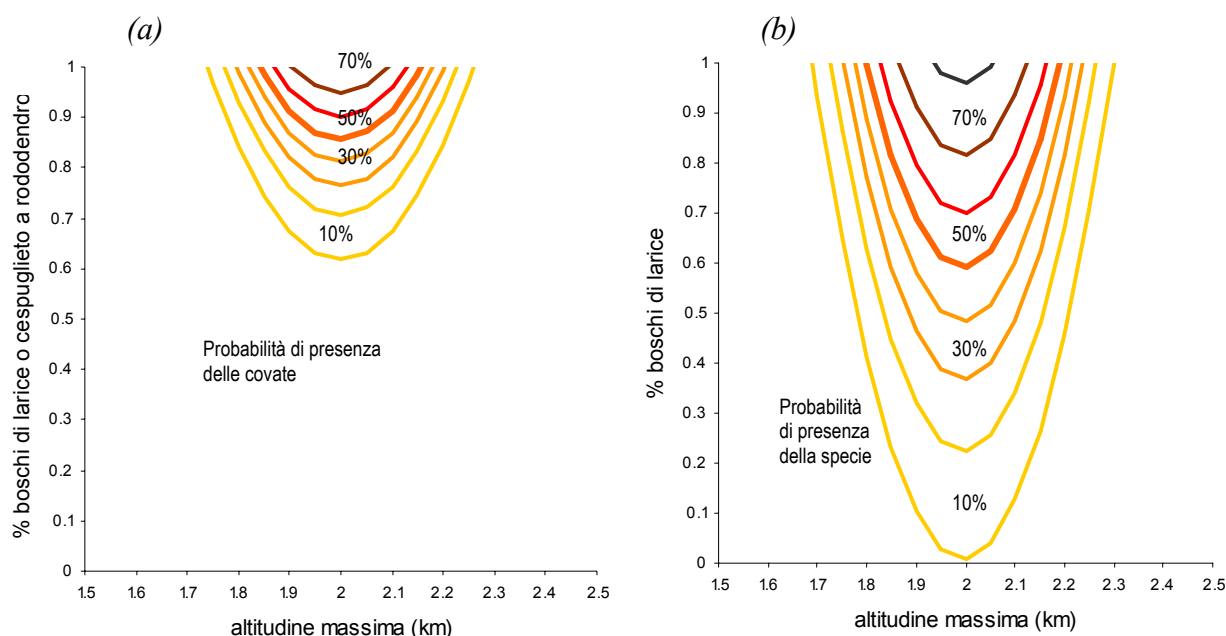
all'85% dell'area per l'accoppiamento (6.12 km²). Nonostante questa ampia sovrapposizione, dalle carte di vocazionalità prodotte emerge una maggiore estensione delle zone adatte all'allevamento della prole soprattutto verso quote maggiori di quelle usate durante il periodo degli accoppiamenti.

Figura 4.5 Curve della probabilità di presenza del fagiano di monte in funzione delle variabili ambientali dei modelli di valutazione ambientale basati su raggi 25 m. Per le zone di allevamento delle covate la probabilità di presenza è in funzione: (a) della altitudine massima quando la percentuale di copertura a bosco di larice o cespuglieto a rododendro è rispettivamente pari al 40, 60, 80, 100%; (b) della percentuale di bosco di larice o cespuglieto a rododendro quando l'altitudine massima è rispettivamente pari a 1800, 1900, 2000, 2100 m s.l.m.. Per le zone di accoppiamento la probabilità è in funzione: (c) della altitudine massima quando la percentuale di copertura a bosco di larice è pari al 40, 60, 80, 100%; (d) della percentuale di bosco di larice quando l'altitudine massima è pari a 1800, 1900, 2000, 2100 m s.l.m..



Aree adatte alla specie si estendono approssimativamente tra i 1850 e i 2100 m s.l.m. nei territorio compresi tra il monte Cazzola e il Rio Buscagna, tra l'Alpe Locciabella e l'Alpe Fontane, tra l'Alpe Sangiatto e l'Alpe della Valle, tra l'Alpe Codelago e l'imbocco della Val Deserta, oltre che sul versante occidentale di Canaleccio (in fondo al Lago di Devero) e alla base del Pizzo Stange (tra il Lago delle Streghe e l'imbocco per i Piani delle Rossa). E' interessante notare che gran parte della zona dove sono situati gli impianti da sci risulta adatta alla specie in entrambe i periodi considerati.

Figura 4.6 Carta di equiprobabilità di presenza del fagiano di monte in funzione delle variabili ambientali dei modelli di valutazione ambientale basati su *buffers* con raggio 25 m: (a) per le zone di allevamento delle covate; (b) per le zone di accoppiamento.



4.7 Conclusioni

I risultati ottenuti in questo capitolo possono essere letti da diversi punti di vista. Da un punto di vista biologico, le analisi eseguite hanno messo in luce che il fagiano di monte seleziona attivamente l'ambiente in base alle caratteristiche morfologiche e vegetazionali del territorio. In particolare:

- per tutti gli 8 casi studiati e, quindi, indipendentemente dalla fase del ciclo biologico e dal raggio considerato, sono risultate fondamentali l'altitudine e la

copertura vegetazionale. Tra le variabili relative all'altitudine, quella che spiega maggiormente la presenza dell'animale è, per tutti i casi studiati, l'altitudine massima all'interno dell'area considerata. Per questa variabile risulta significativo anche il termine quadratico evidenziando così una preferenza dell'animale per una fascia altitudinale intermedia compresa più o meno tra i 1800 e i 2100 metri (ma con diversità tra le stagioni considerate). La maggior importanza della quota massima presente all'interno del buffer rispetto alle altre variabili altitudinali, sembra evidenziare che la specie non riesce ad occupare aree sopra un certo limite altitudinale mentre riesce ad adattarsi a quote inferiori a quelle ottimali;

- per le zone di accoppiamento la tipologia vegetazionale preferita è risultata essere il bosco di larice (*Larix decidua*) sia rado che fitto, eventualmente anche con presenza discontinua di cespuglieti a rododendro (*Rhododendron ferrugineum*) ma con assenza di peccio (*Picea excelsa*), cespuglieti nani a ginepro nano (*Juniperus nana*) e boscaglie ad ontano verde (*Alnus viridis*). Per le zone di covata sono risultati selezionati il bosco di larice con le medesime caratteristiche di quello per le parate e il cespuglieto a rododendro eventualmente anche con presenza discontinua di praterie secondarie da pascolamento. Risultano invece evitate le praterie (xeriche, acide e secondarie da pascolamento) e le aree caratterizzate da rocce e vegetazione rupestre. La preferenza per boschi di larice anche fitti, per esposizioni a nord-ovest e per pendenze molto limitate può essere spiegata notando che nell'area di studio il bosco di larice nei versanti meno assolati (esposizioni N-NW) e ripidi è quasi sempre associato al rododendro (*Rhododendron ferrugineum*) e al mirtillo nero (*Vaccinium myrtillus*). L'associazione *rhodoreto-vaccinietum* sembrerebbe quindi di primaria importanza per la specie soprattutto nella fase dell'allevamento della prole. Per una verifica di questi risultati sarebbe sicuramente utile disporre di una carta della vegetazione che specifichi maggiormente le tipologie vegetazionali utilizzate dalla specie;
- la significatività della diversità delle esposizioni sia per le zone di parata che per le zone di allevamento delle covate, soprattutto quando si considerano raggi piccoli, sembra mettere in luce una preferenza della specie per terreni con un elevato sviluppo superficiale o costituiti da dossi e vallette;
- indici di diversità della copertura vegetazionale e presenza di laghi, fiumi, edifici o cavi aerei non sono risultate essere significativamente associate alla presenza della specie.

Inoltre l'analisi di diverse scale di descrizione delle variabili ambientali ha messo in luce che la presenza della specie è spiegata maggiormente qualora si considerino aree con un'estensione compresa tra i 2000-2500 m² (0.2-0.25 ha) rispetto ad aree più grandi (fino ai 125000 m², 12.5 ha). Tuttavia l'approccio multiscalare adottato e la procedura iterativa di selezione del modello ottimo non hanno evidenziato una diversità sostanziale del set di variabili che sono significative per la presenza della specie alle diverse scale.

Da un punto di vista metodologico, la procedura originale seguita mi ha permesso di sviluppare modelli di valutazione ambientale che, in accordo con le validazioni

effettuate, predicono in maniera soddisfacente la presenza della specie (la percentuale di casi classificati correttamente è sempre superiore al 71% e arriva, nel migliore dei casi, oltre al 95%). Inoltre i risultati ottenuti evidenziano:

- l'utilità di inserire nei modelli di regressione logistica i termini quadratici delle variabili indipendenti per tenere conto anche di preferenze a campana mostrate dalla specie;
- l'utilità di un criterio (in questo caso l' Akaike Information Criterion) che permette di ordinare tutti i modelli possibili secondo bontà decrescente. In questo studio esso si è rilevato fondamentale per poter scegliere il modello ottimo tenendo conto delle prestazioni del modello, oltre che in fase di stima dei parametri, anche in fase di validazione;
- l'assoluta necessità della validazione qualora si voglia conoscere la reale affidabilità dei modelli sviluppati. Essa dovrebbe essere sempre considerata una fase indispensabile nella procedura di creazione dei modelli. Tuttavia metodi diversi di validazione possono indicare diverse prestazioni dello stesso modello e, quindi, è utile testare il modello secondo l'uso che se ne vuole fare. In tal senso nel presente studio la validazione effettuata sulle carte di vocazionalità faunistica (validazione 2) è risultata fondamentale per poter individuare il modello più opportuno per questo utilizzo. La validazione suggerisce anche che modelli basati su poche variabili ambientali risultano più robusti rispetto a modelli più complessi e, in questo senso, sono generalmente da preferirsi.

Da un punto di vista applicativo, i risultati principali di questo capitolo sono:

- la disponibilità di un modello di valutazione ambientale per il fagiano di monte in ambiente alpino validato e pronto per l'uso e che può, quindi, essere utilizzato per valutare la vocazionalità di altre aree alpine;
- la creazione di carte di vocazionalità faunistica per il fagiano di monte nel Parco Naturale Alpe Veglia Alpe Devero che individuano ampie zone adatte alla specie sia per l'accoppiamento che per l'allevamento delle covate. L'individuazione di queste aree e la consapevolezza dell'importanza del tipo di copertura vegetazionale presente sono elementi importanti per la gestione del territorio e per la pianificazione di interventi specifici di miglioramento dell'habitat del fagiano di monte (quali identificazione di aree ad accesso limitato, modifiche della rete dei sentieri, delimitazione degli itinerari di scialpinismo e sci fuori pista, decespugliamento e altri interventi sulla vegetazione).

4.8 Bibliografia

Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control* 19(6), 716-723.

- Anonimo. 1992. *Censimento tetraonidi 1991. Gallo cedrone e forcello*. Provincia autonoma di Trento, Servizio foreste, caccia e pesca - Ufficio caccia e pesca, Dati e considerazioni ad uso interno.
- Baines, D., M.M. Baines & R.B. Sage. 1993. The importance of large herbivore management to woodland grouse and their habitats. Proceedings of the 6th International Grouse Symposium, Udine, Italy, 20-24 September.
- Bernard, A. 1981. Biologie du Tétrás lyre (*Lyrus tetrrix* L.) dans les Alpes Francaises: la sélection de l'habitat de reproduction par les poules. *Bull. Mens. Office National de la Chasse. Numéro scientifique et technique. Tétráonidés* Décembre, 87-184.
- Bionda, R. (a cura di). 1994. *Bollettino delle attività svolte in campo faunistico nei Parchi Naturali Alpi Veglia e Devero*. Ente di gestione dei parchi Veglia e Devero, Regione Piemonte.
- Bionda, R. (a cura di). 1996. *Risultati dei censimenti faunistici effettuati da Ente di gestione Parco dell'Alpe Veglia e dell'Alpe Devero*. Ente di gestione dei parchi Veglia e Devero, Regione Piemonte.
- Bocca. 1993. Dispersion and habitat selection of displaying male Black Grouse in the Mont Avic Natural Park, western Italian Alps. Proceedings of the 6th International Grouse Symposium, Udine, Italy, 20-24 September.
- Bocca, M. 1987. *Studio sulle popolazioni valdostane del Fagiano di monte Tetrao tetrrix*. Regione Autonoma Valle d'Aosta.
- Brennan, L.A., W.M. Block & R.J. Gutierrez. 1994. The use of multivariate statistics for developing Habitat Suitability Index Models. In *Wildlife 2000: modeling habitat relationships of terrestrial vertebrates* (eds) J. Verner, M.L. Morrison & C.J. Ralph., The University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin.
- Celada, C. 1994. Display sites in Black Grouse *Tetrao tetrrix* in Val Tronca Natural Park. Atti del 6° Convegno Italiano di Ornitologia, Torino, 8-11 ottobre 1991.
- Gallinaro, N. 1997. *Valutazione dell'idoneità ambientale a fini faunistici. Caso di studio: la popolazione di gallo forcello (Tetrao tetrrix L.) nella zona di ripopolamento e cattura "Buco di Grigna"*. Provincia di Lecco, Settore ambiente ed ecologia - Servizio faunistico.
- Hjeljord, O. & G. Fry. 1993. The size of Black Grouse lek populations in relation to habitat characteristics in southern Norway. Proceedings of the 6th International Grouse Symposium, Udine, Italy, 20-24 September.
- Hjeljord, O., T. Spidso, K., F. Bjornmyr, E. Meisingset & J. Gunnar Dokk. 1993. Selection of birch by Black Grouse *Tetrao tetrrix* in winter. Proceedings of the 6th International Grouse Symposium, Udine, Italy, 20-24 September.
- Kurki, S., A. Nikula, P. Helle & H. Linden. 2000. Landscape fragmentation and forest composition effects on grouse breeding success in boreal forest. *Ecology* 81, 1985-1997.
- Laymon, S.A. & R.H. Barrett. 1994. Developing and testing habitat-capability models: pitfalls and recommendations. In *Wildlife 2000: modeling habitat relationships of terrestrial vertebrates* (eds) J. Verner, M.L. Morrison & C.J. Ralph, The University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin.

- Meriggi, A., L. Pompilio, A. Borgo, Duvio, Perrone & D'Andrea. 1998. Piano faunistico venatorio della Provincia Verbano-Cusio-Ossola, (relazione non pubblicata).
- Perco, F. 1990. *Progetto Fauna*: Provincia Autonoma di Trento, Servizio Foreste, Caccia e Pesca.
- Pirocchi, P. 1992. Studio geobotanico dell'Alpe Devero. Tesi di laurea in Scienze Naturali, Università degli Studi di Pavia.
- Pompilio, L. & A. Meriggi. 1999. Modelli di valutazione ambientale per Fagiano di monte *Tetrao tetrix*, Pernice bianca *Lagopus mutus* e Coturnice *Alectoris graeca saxatilis*. *Avocetta* 23(98).
- Rotelli, L. & R. Bionda (a cura di). 1998. *Relazione sulle attività di censimento faunistico condotte nel Parco Veglia-Devero nel 1997-98*. Ente di gestione del parco Veglia e Devero.
- Scherini, G., G. Tosi, F. Guidali & G. Ferrario. 1989. *Indagine faunistica sulla consistenza, dinamica di popolazione e gestione venatoria del gallo forcello (Tetrao tetrix) sulle Alpi lombarde*. Quaderni della Regione Lombardia, Settore Agricoltura.
- Siegel, S. & N. J. Castellan. 1988. *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*. McGraw-Hill, New York.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 1995. *Biometry*. W. H. Freeman and Company, New York.
- Zbinden, N. 1985. Zur Verbreitung, Siedlungsdichte und Balzgruppengrosse des Birkhuhns *Tetrao tetrix* im Tessin. *Der Ornithologische Beobachter* 82, 107-115.

| | |
|---|------------|
| Capitolo 4 COSTRUZIONE DI UN MVA PER IL FAGIANO DI MONTE..... | 75 |
| 4.1 RIASSUNTO..... | 75 |
| 4.2 INTRODUZIONE..... | 76 |
| 4.2.1 <i>Rassegna dei modelli di valutazione ambientale per il fagiano di monte.....</i> | <i>76</i> |
| 4.2.2 <i>Scopo del capitolo.....</i> | <i>82</i> |
| 4.3 AREA DI STUDIO: IL PARCO NATURALE DELL'ALPE VEGLIA E DELL'ALPE DEVERO..... | 83 |
| 4.4 DATI DISPONIBILI | 85 |
| 4.4.1 <i>Censimenti di fagiano di monte nel Parco Naturale Alpe Veglia - Alpe Devero.....</i> | <i>85</i> |
| 4.4.2 <i>Cartografia tematica.....</i> | <i>86</i> |
| 4.5 METODI..... | 89 |
| 4.5.1 <i>Analisi territoriali</i> | <i>89</i> |
| 4.5.2 <i>Analisi statistiche.....</i> | <i>91</i> |
| 4.5.3 <i>Creazione delle carte di vocazionalità.....</i> | <i>94</i> |
| 4.5.4 <i>Validazione dei modelli di valutazione ambientale</i> | <i>95</i> |
| Validazione 1 | 95 |
| Validazione 2 (con le carte di vocazionalità)..... | 95 |
| Validazione 3 (test esatto)..... | 95 |
| 4.5.5 <i>Selezione dei modelli ottimi</i> | <i>96</i> |
| 4.6 RISULTATI..... | 96 |
| 4.6.1 <i>La lista ordinata dei modelli "possibili".....</i> | <i>96</i> |
| 4.6.2 <i>La validazione e la selezione dei modelli di valutazione ambientale</i> | <i>99</i> |
| 4.6.3 <i>I modelli ottimi di valutazione ambientale.....</i> | <i>101</i> |
| 4.6.4 <i>Le carte di vocazionalità faunistica per il fagiano di monte all'Alpe Devero</i> | <i>104</i> |
| 4.7 CONCLUSIONI..... | 106 |
| 4.8 BIBLIOGRAFIA | 108 |