

Capitolo 6

ANALISI DI VITALITÀ PER POPOLAZIONI ALPINE DI FAGIANO DI MONTE

6.1 Riassunto

La valutazione del rischio di estinzione di una popolazione è fondamentale per una gestione efficace della specie, soprattutto quando essa presenta densità molto basse o è soggetta a prelievo o, ancora, è particolarmente sensibile alle variazioni dell'ambiente. Strumento per questa valutazione è l'analisi di vitalità della popolazione o *Population Viability Analysis (PVA)*.

Scopo del presente capitolo è quello di effettuare l'analisi di vitalità per due popolazioni alpine di fagiano di monte al fine di valutare il loro rischio di estinzione. Il primo studio di PVA riguarda la popolazione presente nel Parco Naturale Alpe Veglia - Alpe Devero (Verbania) la quale è censita regolarmente da alcuni anni. La disponibilità di dati affidabili di censimento permette di studiare eventuali fenomeni di dipendenza dalla densità o dalle condizioni meteorologiche, di sviluppare un modello demografico stocastico *ad hoc* e di valutare il rischio di estinzione al variare della soglia di densità minima della popolazione. La seconda analisi di vitalità riguarda, invece, la popolazione presente in Provincia di Sondrio per la quale sono disponibili dati frammentati (nello spazio e nel tempo) e il prelievo venatorio è rilevante. In questo caso la PVA viene condotta utilizzando un modello demografico già disponibile in letteratura al fine di analizzare l'effetto di diverse strategie di prelievo sul rischio di estinzione della popolazione.

6.2 Introduzione

Il fagiano di monte (*Tetrao tetrix*) è una specie che risente in maniera rilevante dell'impatto antropico e dell'alterazione dell'habitat e, nonostante questo, è soggetto a prelievo venatorio in gran parte delle Alpi. Oltre a salvaguardare e ripristinare l'habitat ad esso adatto (di cui si è trattato nel capitolo 4), risulta, quindi, utile pianificarne il prelievo con particolare cautela e seguirne la dinamica di popolazione con attenzione. Il monitoraggio di questa specie non ha, però, nel nostro paese una tradizione storica, come per gli ungulati, e questo si riflette in una disponibilità di dati molto frammentata, sia spazialmente che temporalmente. Infatti, spesso le serie temporali sono molto corte e le aree su cui viene effettuato il censimento variano di anno in anno cosicché i dati sono difficilmente confrontabili tra loro. Non è raro poi il caso in cui i dati, seppur esistenti, non vengono resi pubblici (tramite articoli, relazioni o conferenze).

Pochi sono, inoltre, i lavori disponibili in letteratura relativi alla modellizzazione della dinamica di popolazioni alpine di questo tetraonide.

6.2.1 Rassegna degli studi demografici di popolazioni alpine di fagiano di monte

A fronte di numerosi studi demografici relativi a tetraonidi nord europei ed americani (si veda Bergerud & Gratson 1987 e Hudson & Rands 1988), relativamente pochi sono quelli relativi a popolazioni alpine di fagiano di monte e decisamente rari quelli relativi a popolazioni italiane.

Studi condotti su popolazioni di fagiano di monte nelle Alpi hanno ottenuto risultati diversi e contraddittori relativamente alla dipendenza da densità e all'influenza delle condizioni meteorologiche sul successo riproduttivo. Un aumento del successo riproduttivo all'aumentare dell'innnevamento invernale (dicembre-marzo) e della temperatura durante l'incubazione delle uova (giugno) è stato trovato per quattro popolazioni nelle Alpi francesi (Caizergues 1997). Le condizioni d'innnevamento sembrano legate al mantenimento nella stagione invernale dell'equilibrio termico-energetico del fagiano di monte, mentre la temperatura durante il periodo d'incubazione delle uova sembra influenzare lo stato fisiologico delle femmine e la qualità trofica dell'habitat. Una diminuzione della dimensione delle covate e del successo riproduttivo al peggiorare delle condizioni meteorologiche di luglio (aumento delle precipitazioni, diminuzione della temperatura) è stata dimostrata per alcune popolazioni alpine (Ellison & Magnani 1985; Zbinden 1987; De Franceschi 1994) ma non per altre (Caizergues 1997). L'influenza delle condizioni meteorologiche di luglio (mese in cui si schiudono la maggior parte delle uova) è spiegabile considerando che nelle prime tre settimane di vita i pulcini non sono in grado di regolare la propria temperatura per cui freddo, pioggia e neve possono

causare la morte di alcuni di essi o, addirittura, la perdita di intere covate (Glutz Von Blotzheim 1985).

Dipendenza da densità del successo riproduttivo è stata trovata per 6 popolazioni di fagiano di monte presenti nelle Alpi e Prealpi lombarde (Gatto *et al.* 1992) e per una popolazione finlandese (Lindstrom *et al.* 1997). Nel primo caso, il successo riproduttivo, espresso come rapporto tra il numero di pulli in estate e la densità di maschi a primavera, è risultato dipendere dalla densità dei maschi a primavera secondo una relazione esponenziale. Nel secondo caso, invece, il numero di pulli censiti in estate è risultato dipendere dal numero di adulti in estate secondo una relazione di tipo potenza.

Dipendenza da densità della mortalità è stata rilevata per alcune popolazioni relativamente a determinate classi di età e a determinati periodi. In particolare, le relazioni trovate sono le seguenti:

- dipendenza della mortalità primaverile-estiva (maggio-agosto) dei maschi adulti dalla densità dei maschi a maggio (Alpi francesi; Ellison & Magnani 1985);
- debole dipendenza della mortalità autunnale-invernale (novembre-maggio) dei maschi (giovani e adulti) dalla densità dei maschi a novembre (Alpi francesi; Ellison 1991);
- dipendenza della mortalità annuale (maggio-maggio) dei maschi giovani dalla densità totale (adulti e giovani) di maschi a primavera (Svezia; Angelstam 1983);
- dipendenza della mortalità annuale (settembre-agosto) delle femmine (giovani e adulte) dalla densità delle femmine a settembre (Alpi francesi; Ellison 1991).

Pochi sono in letteratura i modelli demografici sviluppati per popolazioni alpine di fagiano di monte. Un primo modello è stato sviluppato da Montalbetti e Gatto (Gatto *et al.* 1992; Montalbetti 1989) e si basa sui dati (censimenti primaverili ed estivi) rilevati in 6 colonie presenti nelle Alpi lombarde negli anni 1983-85 (Scherini *et al.* 1989). Tali aree sono rappresentative delle diverse situazioni ambientali del territorio alpino e prealpino lombardo e comprendono sia zone in cui la caccia è permessa che aree chiuse alla caccia o nelle quali la pressione venatoria può ritenersi trascurabile. Il modello demografico descrive la dinamica dei soli maschi di fagiano di monte. Tale restrizione è giustificata principalmente dal fatto che il prelievo venatorio viene esercitato solo sui maschi. Il modello, essendo di tipo stocastico, tiene conto della variabilità ambientale data, ad esempio, da inverni particolarmente rigidi o estati particolarmente fredde e piovose che influenzano la sopravvivenza e il successo riproduttivo della specie. Il modello è illustrato in maniera più dettagliata nel paragrafo 6.4.3.

Un secondo modello demografico per il fagiano di monte in ambiente alpino è stato sviluppato da Caizergues (1997). Questo è un modello deterministico, di tipo matriciale, basato su 2 classi di età (giovani e adulti) e su 4 parametri demografici (mortalità e successo riproduttivo assunti diversi per le due classi di età). I parametri sono stimati da dati di censimento e di radio-tracking relativi alle sole femmine di una popolazione presente nelle Alpi francesi meridionali. Il modello include un'analisi di sensibilità che tiene conto della variabilità annuale (stimata o tratta da bibliografia) dei parametri demografici e permette di valutare l'influenza dei singoli parametri sul tasso finito di crescita della popolazione. Da questa analisi risulta che

la sopravvivenza, soprattutto quella delle femmine adulte, ha una maggiore influenza sul tasso di crescita della popolazione rispetto al successo riproduttivo.

Per le popolazioni alpine nessuno studio di PVA è stato pubblicato.

Un numero maggiore di studi sono stati fatti sulle popolazioni di fagiano di monte presenti in Nord Europa. Queste popolazioni, diversamente da quelle alpine, hanno mostrato di avere una dinamica con fluttuazioni cicliche di periodo 6-7 anni (Siivonen 1954; Angelstam *et al.* 1985). Il periodo tuttavia varia con la latitudine (popolazioni più a nord presentano cicli più corti che quelle a sud; Lindén 1988) e con la densità della popolazione (maggiori densità corrispondono a cicli più marcati; Lindén *et al.* 1990). Un modello demografico in grado di descrivere le fluttuazioni cicliche osservate in popolazioni finlandesi di fagiano di monte è stato sviluppato da Lindstrom *et al.* (1997). Questo modello, di tipo matriciale, considera la struttura di età della popolazione e la dipendenza da densità del successo riproduttivo.

6.2.2 Scopo del capitolo

In questo capitolo voglio indagare il rischio di estinzione di alcune popolazioni alpine di fagiano di monte tenendo conto dei principali processi deterministici e stocastici che ne regolano la consistenza nel tempo.

Strumento per questo studio sono i modelli di *Population Viability Analysis* (PVA) che permettono di simulare l'andamento di una popolazione tenendo conto di fenomeni di dipendenza da densità o l'influenza di condizioni esogene e sotto diversi scenari corrispondenti a diverse politiche gestionali (relative sia all'uso del territorio che alla regolamentazione del prelievo). Dal punto di vista metodologico voglio verificare l'applicabilità della metodologia della PVA a due casi di studio concreti, diversi tra loro per scala spaziale, disponibilità di dati e politiche di prelievo venatorio.

Il primo caso è relativo alla popolazione di fagiano di monte presente nel Parco Naturale dell'Alpe Veglia e dell'Alpe Devero (108 km², Verbania). Questa popolazione viene censita regolarmente in primavera ed in estate dal 1994 cosicché è disponibile una discreta serie temporale di dati (Rotelli & Bionda 1998). Tuttavia essi non sono mai stati analizzati per valutare il rischio di estinzione della popolazione e, in letteratura, non esiste un modello demografico per la popolazione di fagiano di monte di questa area o per popolazioni di aree limitrofe. Il territorio del Parco è protetto ad eccezione di una zona (preParco) dove la caccia è consentita; risulta comunque difficile stimare il numero di capi abbattuti annualmente in questa area.

Il secondo caso di studio riguarda la popolazione di fagiano di monte presente in Provincia di Sondrio (3212 km²). Questa popolazione è caratterizzata da un prelievo venatorio consistente ma dalla mancanza di dati di censimento continuativi a livello provinciale. Sono invece disponibili per alcune aree campione serie di dati relative a pochi anni. Due di queste serie (riguardanti le aree di Zandila e Aprica) sono state

usate nel passato per lo sviluppo di un modello demografico stocastico per il fagiano di monte in Lombardia (Montalbetti 1989; Gatto *et al.* 1992).

Per i due casi di studio devo necessariamente condurre l'analisi di vitalità in modo diverso in base ai dati disponibili e alle indicazioni gestionali che voglio ottenere dall'analisi stessa. In particolare, nel primo caso, grazie ai dati raccolti con costanza e competenza dal Parco, posso analizzare la dipendenza dei parametri demografici dalla densità e dalle condizioni meteorologiche e, quindi, creare un modello demografico stocastico *ad hoc* per la popolazione. Questo modello può costituire la base per un'analisi di vitalità della popolazione (PVA) che valuta il rischio di estinzione della popolazione in funzione della soglia di densità minima della popolazione (soglia di quasi-estinzione). Molti ricercatori parlano proprio di *Minimum Viable Population* (MVP) per indicare la dimensione minima di una popolazione in un certo habitat al di sopra della quale il rischio di estinzione è minimo anche nel caso che si verificano perturbazioni dovute a catastrofi naturali o alla stocasticità demografica, ambientale e genetica (Shaffer 1981). Per il Parco il rischio di estinzione è calcolato sia come probabilità che la popolazione scenda sotto la soglia di quasi-estinzione nel tempo considerato sia come tempo medio impiegato per scendere sotto la soglia.

Nel secondo caso di studio (Provincia di Sondrio) i pochi e disomogenei (temporalmente e spazialmente) dati disponibili non permettono la validazione di un modello di dinamica specifico per la popolazione di tutta la Provincia. Tuttavia, è possibile utilizzare il modello sviluppato da Gatto *et al.* (1992) per le Alpi lombarde al fine di dare una valutazione, anche approssimativa, dell'effetto sulla dinamica di popolazione di diverse politiche venatorie. E' da notare che le decisioni di politica venatoria costituiscono un tipico esempio di problema gestionale in cui si debbano considerare obiettivi diversi e tra loro contrastanti. Infatti, se da un lato si vorrebbe ottenere un prelievo soddisfacente e relativamente costante nel tempo, dall'altro si deve garantire la capacità riproduttiva, e quindi la conservazione, della specie cacciata. Per questo caso di studio risulta perciò interessante verificare le conseguenze dell'applicazione di diverse politiche di caccia, sia in termini di numero di capi abbattuti sia in termini di variazione del rischio di estinzione della popolazione, tenendo, quindi, esplicitamente conto anche di obiettivi conservazionistici. In specifico, condurrò l'analisi di vitalità della popolazione utilizzando il modello demografico già esistente per la Lombardia (previa verifica tramite i pochi dati disponibili della sua applicabilità al territorio della Provincia) e confrontando diverse strategie di caccia per cercare quella che meglio soddisfa i diversi obiettivi considerati (di tipo economico, sociale, ecologico). Per tenere conto di quest'ultimo obiettivo, valuterò il rischio di estinzione stimando la consistenza minima che la popolazione può raggiungere nel corso del periodo considerato, in quanto è noto che popolazioni di piccole dimensioni sono soggette ad un maggior rischio di estinzione (Caughley & Gunn 1996).

6.3 PVA per la popolazione di fagiano di monte nel Parco Naturale Alpe Veglia - Alpe Devero

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

Il Parco Naturale dell'Alpe Veglia e dell'Alpe Devero (108 km², Verbania) è un parco tipicamente alpino situato al limite occidentale delle Alpi Lepontine, in Piemonte. Per una descrizione dell'ambiente del Parco si rimanda al paragrafo 4.3 del Capitolo 4.

6.3.2 Dati disponibili

Dati sulla specie

Per la popolazione di fagiano di monte presente nel Parco sono disponibili i dati rilevati durante i censimenti primaverili (effettuati nella seconda metà di maggio) e durante i censimenti estivi (seconda metà di agosto) per il periodo 1994-2000 (Tabella 6.1; Bionda 1994; Bionda 1996; Rotelli & Bionda 1998).

In questo periodo la densità media di maschi a primavera è risultata pari a 2.4 maschi/km² all'Alpe Devero, 5.6 maschi/km² all'Alpe Veglia e 3.65 maschi/km² in tutto il Parco. Queste densità sono riferite all'intero habitat potenziale della specie sottoposto a controllo visivo, che è pari a 21 km² all'Alpe Devero e a 10 km² all'Alpe Veglia, per un totale di 31 km². Le densità registrate nel Parco, rispetto a quelle di altre aree alpine, sono complessivamente nella media per il Devero e abbastanza alte per il Veglia (è decisamente alta la densità rilevata nel 1996). Tuttavia, il confronto delle densità primaverili rilevate in aree diverse è spesso difficoltosa perché i dati possono essere riferiti, ad esempio, non all'intero habitat potenziale annuale della popolazione ma solo all'area adatta per l'attività di parata, un'area quindi sicuramente minore. In ogni caso, a titolo di confronto, riporto i seguenti dati relativi ad altre aree alpine: Bocca (1987) in Valle d'Aosta ha registrato densità medie di 3.16 maschi/km² su un'area di 19.0 km²; Scherini *et al.* (1989) in Lombardia di 2.0 maschi/km² su aree di 5.8-8.5 km², De Franceschi (1994) sul Monte Baldo (Verona) di 5.1 maschi/km² su aree di 5.6-6 km², Ellison e Magnani (1985) sulle Alpi francesi di 2.41 maschi/km² su un'area di 7.5 km².

I censimenti estivi (Tabella 6.1) hanno rilevato che mediamente nella popolazione di fagiano di monte del Parco la percentuale di femmine che si riproducono è pari al 72%. Questo valore risulta abbastanza alto rispetto a quello registrato in altre aree alpine: 47% in Val d'Aosta (Bocca 1987), 40% sul Monte Baldo (De Franceschi 1994), 40-46% per due aree nelle Alpi francesi (Ellison & Magnani 1985), 52-60% in Canton Ticino (Rotelli & Zbinden 1991 e 1992). Nel Parco la dimensione media

delle covate, pari a 3.3 pulcini, è maggiore di quella registrata in Val d'Aosta (2.9 pulli/nidiata, Bocca 1987) e in Canton Ticino (3-3.1 pulli/nidiata, Rotelli & Zbinden 1991 e 1992) ma minore di quella rilevata sul Monte Baldo (4.2 pulli/nidiata, De Franceschi 1994) e in due aree nelle Alpi francesi meridionali (4.1 e 4.6 pulli/nidiata, Ellison & Magnani 1985). Nel Parco il successo riproduttivo (definito dal rapporto tra il numero di pulli e il numero totale di femmine e pari, quindi, al prodotto della percentuale di femmine che si riproducono per la dimensione media delle covate) è in media pari a 2.3. Esso è abbastanza alto rispetto ad altre aree alpine: 1.3 in Val d'Aosta (Bocca 1987), 1.9 sul Monte Baldo (De Franceschi 1994), 1-2.1 nelle Alpi francesi (Ellison & Magnani 1985), 1.5-1.7 in Canton Ticino (Rotelli & Zbinden 1991 e 1992).

Dati meteorologici

Oltre ai dati relativi alla specie, per l'area di studio sono disponibili dati meteorologici relativi alla stazione ENEL di Codelago (1868 m s.l.m., nella conca del Devero) per il mese di luglio nel periodo 1993-1997. Tali dati, rilevati quotidianamente, riguardano la temperatura minima e massima e la quantità di precipitazione (espressa in mm d'acqua).

Tabella 6.1 Dati dei censimenti primaverili ed estivi effettuati sulla popolazione di fagiano di monte presente nel Parco Naturale Alpe Veglia – Alpe Devero per il periodo 1994-2000 (Bionda 1994; Bionda 1996; Rotelli & Bionda 1998). NM = numero di maschi a primavera; M = densità di maschi a primavera (n° capi/km²); F = numero di femmine adulte in estate; FC = numero di femmine adulte con covata in estate; J = numero di pulli in estate.

settore	anno	Censimenti primaverili			Censimenti estivi			Indici di successo riproduttivo		
		area (km ²)	NM	M	F	FC	J	FC/F	J/FC	J/F
Devero	1994	21	36	1.71	12	9	30	0.75	3.33	2.50
	1995	21	45	2.14	19	10	23	0.53	2.30	1.21
	1996	21	52	2.48	11	11	15	1.00	1.67*	1.67*
	1997	21	67	3.19	23	13	44	0.57	3.67*	2.00*
	1998	21	46	2.19	32	23	86	0.72	4.10*	2.87*
	1999	21	49	2.33	29	21	76	0.72	3.62	2.62
Veglia	2000	21	51	2.43	22	14	29	0.64	2.07	1.32
	1996	10	75	7.50	6	6	28	1.00	4.67	4.67
	1997	10	52	5.20	25	16	49	0.64	3.27*	2.04*
	1998	10	51	5.10	27	19	79	0.70	4.16	2.93
	1999	10	36	3.60	7	5	15	0.71	3.00	2.14
	2000	10	59	5.90	15	10	34	0.67	3.40	2.27

* rapporti calcolati su dati corretti come indicato da Rotelli e Bionda (1998)

6.3.3 Metodi

Per effettuare l'analisi di vitalità della popolazione di fagiano di monte presente nel Parco Naturale dell'Alpe Veglia e dell'Alpe Devero ho, innanzitutto, calcolato i principali parametri demografici della popolazione e studiato la loro dipendenza da densità o da fenomeni esogeni (in particolare dalle condizioni meteorologiche). In base ai risultati trovati ho sviluppato un modello demografico stocastico che ho, successivamente, utilizzato per stimare la probabilità e il tempo medio di estinzione della popolazione in funzione di diverse soglie di quasi-estinzione.

Analisi dei principali parametri demografici

Per le analisi dei dati eseguite in questo paragrafo ho sempre utilizzato regressioni compiute secondo il metodo non parametrico Jackknife che è particolarmente adatto per campioni di piccole dimensioni con correlazione tra la variabile dipendente e quella indipendente (Sokal & Rohlf 1995). Tramite regressioni Jackknife ho sempre analizzato relazioni sia lineari che non lineari (esponenziali, logaritmiche e potenza) tra la variabile dipendente e quella indipendente.

Innanzitutto ho indagato, tramite le regressioni di Tabella 6.2 (a), se esiste un legame tra le densità della popolazione misurate in anni successivi. In particolare, ho considerato la densità primaverile dei maschi contati sulle arene e la densità della popolazione totale maschile alla fine dell'estate, e intervalli temporali di 1 o 2 anni. Ho calcolato la densità della popolazione maschile alla fine dell'estate come somma tra la densità dei maschi contati sulle arene a primavera (M_t) e la densità dei maschi giovani (età < 10 mesi) alla fine dell'estate (JM_t). Ho stimato questi ultimi nel seguente modo:

$$JM_t = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{J}{FC} \right)_t \cdot \left(\frac{FC}{F} \right)_t \cdot M_t = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{J}{F} \right)_t \cdot M_t \quad (1)$$

dove J , FC , F , rilevati nei censimenti estivi, sono rispettivamente il numero di pulli, il numero di femmine con covata (femmine madri), il numero totale di femmine. Il rapporto $(J/FC)_t$ rappresenta, quindi, il numero medio di pulli per covata e $(FC/F)_t$ la percentuale di femmine che si riproducono. La stima di JM_t , espressa dall'equazione (1), si basa sulle seguenti ipotesi:

1. il tasso di migrazione della popolazione è trascurabile;
2. la sex ratio alla nascita è 1:1;
3. la sex ratio degli adulti appena prima degli accoppiamenti è 1:1;
4. l'età di prima riproduzione è 1 anno;
5. la mortalità dei maschi adulti è trascurabile durante l'estate (da fine maggio a fine agosto).

Il rapporto tra la densità nell'anno $t+1$ e quella nell'anno t rappresenta il tasso finito di crescita di quell'anno. Per la popolazione di fagiano di monte nel Parco è possibile stimare tassi finiti di crescita basati sia sulla densità primaverile di maschi che sulla densità tardo-estiva della popolazione maschile totale (giovani e adulti). Ho indagato

la dipendenza da densità dei tassi di crescita calcolati in entrambi i modi eseguendo le regressioni Jackknife elencate in Tabella 6.2 (b).

I due principali parametri demografici che influenzano il tasso di crescita annuale e, quindi, determinano le variazioni dell'abbondanza della popolazione, sono il successo riproduttivo e la sopravvivenza autunnale-invernale. Ho analizzato separatamente questi due parametri.

Stime del successo riproduttivo nell'anno t possono essere espresse dalle seguenti grandezze (Tabella 6.1):

- percentuale di femmine con covata sulle femmine censite (FC_t/F_t);
- dimensione media delle covate (J_t/FC_t);
- numero di pulli sul totale delle femmine censite, comunemente detto successo riproduttivo (J_t/F_t).

Per indagare l'effetto delle condizioni meteorologiche sul successo riproduttivo della popolazione ho eseguito regressioni Jackknife tra i tre rapporti sopra definiti e le seguenti grandezze misurate nello stesso anno:

- temperatura media di luglio,
- temperatura media della prima metà di luglio,
- temperatura media della seconda metà di luglio,
- temperatura media della prima decina di luglio,
- temperatura media della seconda decina di luglio,
- temperatura media della terza decina di luglio,
- numero di giorni di luglio con temperatura media minore di 12°C,
- numero di giorni di pioggia in luglio,
- precipitazione media di luglio,

dove la temperatura media di un certo periodo è calcolata come media aritmetica delle temperature medie giornaliere, le quali, a loro volta, sono pari alla media tra le temperature massima e minima di quel giorno.

Successivamente, per determinare la dipendenza da densità del successo riproduttivo della popolazione, ho eseguito numerose regressioni Jackknife tra le diverse stime del successo riproduttivo e la densità di maschi sulle arene a primavera (Tabella 6.2 c).

Per il calcolo della sopravvivenza autunnale-invernale ho ipotizzato che la densità totale di maschi a primavera (M) sia uguale alla somma delle densità dei maschi adulti sopravvissuti dalla primavera precedente e dei maschi giovani (JM) che sono nati durante l'estate e sono sopravvissuti fino alla primavera, cioè:

$$M_{t+1} = \sigma_A M_t + \sigma_J JM_t \quad (2)$$

dove σ_A è la sopravvivenza (autunnale-invernale) dei maschi adulti, σ_J la sopravvivenza (autunnale-invernale) dei maschi giovani e JM_t è calcolato come indicato nell'espressione (1).

Dato che la stima di σ_A e σ_J tramite regressione multipla non è possibile perché il campione di dati è troppo piccolo, ho calcolato la sopravvivenza in due diversi modi:

1. ho supposto che la sopravvivenza dei maschi adulti sia uguale a quella dei giovani: $\sigma_A = \sigma_J = \sigma$. L'equazione (2) diventa quindi:

$$M_{t+1} = \sigma \cdot (M_t + JM_t) \quad (3)$$

e la sopravvivenza σ nell'anno t può essere calcolata nel seguente modo:

$$\sigma_t = \frac{M_{t+1}}{M_t + JM_t} \quad (4)$$

dove JM_t è calcolato come indicato nell'equazione (1);

2. ho fissato un valore della sopravvivenza dei maschi adulti σ_A e ho, quindi, calcolato la sopravvivenza dei giovani σ_J nell'anno t come:

$$\sigma_{J_t} = \frac{M_{t+1} - \sigma_A M_t}{JM_t} \quad (5)$$

dove JM_t è calcolato come indicato nell'equazione (1). Ho fatto variare il valore imposto alla sopravvivenza dei maschi adulti σ_A da 0.1 a 1 con passi di 0.1 e, per ciascuno di questi valori, ho calcolato le rispettive sopravvivenze σ_{J_t} .

- Per studiare la dipendenza da densità, ho eseguito numerose regressioni Jackknife rispettivamente tra la sopravvivenza totale dei maschi (come calcolata in 4) o la sopravvivenza dei maschi giovani (come calcolata in 5) e le densità (primaverile ed estiva) della popolazione maschile (Tabella 6.2 d).

Sviluppo del modello demografico stocastico

Per la popolazione di fagiano di monte del Parco, ho sviluppato un modello demografico stocastico sulla base dei risultati ottenuti dalle analisi effettuate nel paragrafo precedente e formulando l'ipotesi che la varianza dei residui intorno alle regressioni sia frutto della stocasticità ambientale. Il modello perciò tiene esplicitamente conto, oltre che di eventuali fenomeni di dipendenza da densità e da condizioni meteorologiche, anche dell'influenza di altri fattori che variano casualmente.

Analisi di vitalità

Ho condotto la PVA utilizzando il modello demografico stocastico per valutare la probabilità di estinzione della popolazione di fagiano di monte nel Parco. In particolare, ho eseguito 1000 simulazioni Monte Carlo dell'andamento della popolazione su orizzonti temporali di 100 anni ponendo la densità iniziale della popolazione pari alla densità che caratterizza l'equilibrio della popolazione senza stocasticità (tasso finito di crescita = 1). Ho calcolato la probabilità di estinzione come la probabilità che la densità di maschi a primavera scenda sotto una densità di soglia minima (rapporto tra il numero di simulazioni in cui la densità scende sotto la soglia e il numero di simulazioni totali). Tuttavia, non ho fissato a priori questa soglia di quasi-estinzione ma ho espresso la probabilità di estinzione della popolazione nell'orizzonte temporale considerato in funzione della soglia stessa (Ginzburg *et al.* 1982). Ho, inoltre, calcolato il tempo medio necessario a raggiungere una certa soglia di quasi-estinzione in funzione della soglia stessa.

Tabella 6.2 Variabili dipendenti e indipendenti delle regressioni Jackknife effettuate per l'analisi della dipendenza da densità dei parametri demografici della popolazione di fagiano di monte nel Parco Naturale Alpe Veglia - Alpe Devero. Per ciascuna coppia di variabili sono state indagate quattro relazioni: lineare, esponenziale, logaritmica, potenza.

	Variabili dipendente	Variabile indipendente
<i>(a) Legami tra densità di anni successivi</i>		
	M(t+1)	M(t)
	"	M(t-1)
	"	PM(t)
	"	PM(t-1)
	PM(t+1)	PM(t)
<i>(b) Dipendenza da densità del tasso finito di crescita</i>		
	M(t+1)/M(t)	M(t)
	PM(t+1)/PM(t)	PM(t)
<i>(c) Dipendenza da densità del successo riproduttivo</i>		
	FC(t)/F(t)	M(t)
	"	M(t-1)
	J(t)/FC(t)	M(t)
	"	M(t-1)
	J(t)/F(t)	M(t)
	"	M(t-1)
	J(t)/M(t)	M(t)
	"	M(t-1)
	M(t+1)	FC(t)/F(t)
	"	J(t)/FC(t)
	"	J(t)/F(t)
<i>(d) Dipendenza da densità della sopravvivenza invernale</i>		
	$\sigma(t)$	M(t)
	"	PM(t)
	$\sigma_J(t)$	M(t)
	"	PM(t)

T §= anno; M = densità maschi a primavera; PM = densità popolazione maschile totale (giovani e adulti) alla fine dell'estate; F = numero totale di femmine in estate; FC = numero di femmine con covata in estate; J = numero di pulli in estate; σ = sopravvivenza invernale dei maschi (equazione 4); σ_J = sopravvivenza invernale dei maschi giovani (equazione 5).

6.3.4 Risultati

Dipendenza da densità e da condizioni meteorologiche

La densità primaverile di maschi è risultata dipendere in modo significativo dalla medesima densità misurata nell'anno precedente e due anni prima (per tutte le regressioni: $p < 0.05$). Tuttavia, la significatività della dipendenza con ritardo di due anni può essere indotta da quella, più significativa, con ritardo un anno e non è stata

quindi considerata. La dipendenza con ritardo 1 anno è particolarmente significativa nel caso di relazione di tipo logaritmico o potenza ($p < 0.01$; Tabella 6.3 a). La densità primaverile di maschi è risultata dipendere dalla densità tardo-estiva della popolazione maschile di 1 o 2 anni precedenti solo nel caso di relazione logaritmica o potenza (per entrambi i casi: $p < 0.05$). Le densità tardo-estive della popolazione maschile in due anni successivi non sono invece risultate significativamente dipendenti tra loro.

Tabella 6.3 Risultati delle regressioni Jackknife più significative effettuate per l'analisi della dipendenza da densità dei parametri demografici della popolazione di fagiano di monte nel Parco Naturale Alpe Veglia - Alpe Devero. ** indica regressione significativa al 99%, * al 95%; tra parentesi sono indicati i valori di p .

Variabile dipendente	Variabile indipendente	n° dati	Regressione Jackknife		
			pendenza	intercetta	significatività
<i>(a) Legami tra densità di anni successivi</i>					
M(t+1)	M(t)	10	0.49	1.66	* (0.018)
M(t+1)	ln M(t)	10	2.21	0.88	** (0.000)
ln M(t+1)	M(t)	10	0.14	0.66	* (0.028)
ln M(t+1)	ln M(t)	10	0.63	0.44	** (0.000)
<i>(b) Dipendenza da densità del tasso finito di crescita</i>					
M(t+1)/M(t)	M(t)	10	-0.09	1.37	** (0.001)
M(t+1)/M(t)	ln M(t)	10	-0.34	1.44	** (0.009)
ln M(t+1)/M(t)	M(t)	10	-0.10	0.35	** (0.001)
ln M(t+1)/M(t)	ln M(t)	10	-0.37	0.44	** (0.005)
<i>(c) Dipendenza da densità del successo riproduttivo</i>					
J(t)/FC(t)	M(t)	12	0.28	2.25	* (0.046)
ln (J(t)/FC(t))	M(t)	12	0.09	0.83	* (0.042)
<i>(d) Dipendenza della sopravvivenza autunnale-invernale dalla densità primaverile</i>					
$\sigma(t)$	M(t)	10	-0.07	0.74	* (0.010)
$\sigma(t)$	ln M(t)	10	-0.24	0.77	* (0.048)
ln $\sigma(t)$	M(t)	10	-0.19	-0.13 ⁽¹⁾	* (0.013)
ln $\sigma(t)$	M(t)	10	-0.21	0.00	** (0.000)
ln $\sigma(t)$	ln M(t)	10	-0.64	-0.05 ⁽¹⁾	* (0.047)
ln $\sigma(t)$	ln M(t)	10	-0.66	0.00	** (0.000)
<i>(e) Dipendenza della sopravvivenza autunnale-invernale dalla densità tardo-estiva</i>					
$\sigma(t)$	ln (M(t)+JM(t))	10	-0.23	0.93	** (0.001)
ln $\sigma(t)$	M(t)+JM(t)	10	-0.04	-0.39	** (0.009)
ln $\sigma(t)$	ln (M(t)+JM(t))	10	-0.59	0.36 ⁽¹⁾	** (0.001)
ln $\sigma(t)$	ln (M(t)+JM(t))	11	-0.41	0.00	** (0.000)
<i>(f) Dipendenza da densità della sopravvivenza autunnale-invernale dei giovani</i>					
<i>soprav. adulti=0.5</i>					
ln σ_j	M(t)	10	-0.37	0.38 ⁽¹⁾	** (0.007)
ln σ_j	M(t)	10	-0.27	0.00	** (0.000)
<i>soprav. adulti=0.6</i>					
ln σ_j	M(t)	10	-0.47	0.40 ⁽¹⁾	** (0.005)
ln σ_j	M(t)	10	-0.37	0.00	** (0.000)

M = densità primaverile di maschi adulti; JM = densità di maschi giovani a fine estate; σ = sopravvivenza (uguale per giovani e adulti); σ_j = sopravvivenza maschi giovani.

Note: (1) intercetta non significativa.

In Tabella 6.4 sono riportati i tassi finiti di crescita calcolati separatamente per le due popolazioni di fagiano di monte dell'Alpe Devero e dell'Alpe Veglia. I tassi di crescita per le due popolazioni calcolati sulle densità primaverili di maschi risultano essere molto diversi: quasi sempre minori di 1 (tranne che per il 1999) per l'Alpe Veglia, quasi sempre maggiori di 1 (tranne che per il 1997) per l'Alpe Devero. Tali risultati sembrano, quindi, indicare una popolazione in lieve crescita al Devero e in contrazione al Veglia anche se il dato dell'ultimo anno potrebbe indicare una diversa tendenza. I medesimi tassi calcolati sulle densità tardo-estive della popolazione maschile hanno una variabilità maggiore. Occorre però considerare che le densità tardo-estive non sono misurate direttamente da censimenti ma sono stime basate su ipotesi sicuramente restrittive. I tassi basati sulle densità primaverili potrebbero, quindi, descrivere più realisticamente la dinamica delle popolazioni.

Tabella 6.4 Tassi finiti di crescita per le popolazioni di fagiano di monte dell'Alpe Devero e dell'Alpe Veglia.

settore	anno	tasso finito di crescita	
		calcolato su densità primaverile dei maschi	calcolato su densità tardo-estiva dei maschi
Alpe Devero	1994	1.25	0.89
	1995	1.16	1.32
	1996	1.29	1.41
	1997	0.69	0.84
	1998	1.07	1.01
	1999	1.04	0.75
Alpe Veglia	1996	0.69	0.42
	1997	0.98	1.20
	1998	0.71	0.59
	1999	1.64	1.69

I tassi finiti di crescita, calcolati in entrambi i modi, sono risultati dipendere da densità diminuendo all'aumentare della densità dei maschi sia primaverile che tardo-estiva. In Tabella 6.3 (b) sono riportati i risultati delle regressioni Jackknife per il tasso calcolato sulle densità primaverili.

Avendo trovato che il tasso finito di crescita dipende da densità, ho analizzato separatamente i due principali parametri demografici (successo riproduttivo e sopravvivenza autunnale-invernale) che lo influenzano al fine di individuare in quale fase del ciclo biologico della specie agisce la densità dipendenza.

Tra le 44 regressioni (11 coppie di variabili per 4 tipi di relazioni) effettuate per individuare un'eventuale dipendenza da densità del successo riproduttivo sono risultate significative solo 2 relazioni (lineare ed esponenziale) che legano la dimensione media delle covate alla densità dei maschi a primavera (Tabella 6.3 c). Tuttavia, in modo poco realistico, tale relazione suppone un aumento del numero medio di pulli per covata all'aumentare della densità. Un'analisi più approfondita di questa relazione mette in evidenza che essa è significativa unicamente se si considera anche il censimento effettuato all'Alpe Veglia nel 1996 nel quale si è misurato un

successo riproduttivo straordinariamente alto ma le femmine contattate sono state un campione decisamente piccolo (soltanto 6; Tabella 6.1). Data questa considerazione e vista la non significatività di tutte le altre relazioni analizzate, ho ritenuto corretto considerare l'assenza di fenomeni di dipendenza da densità del successo riproduttivo per la popolazione di fagiano di monte in studio. Il successo riproduttivo, inoltre, non è risultato dipendere dalle condizioni meteorologiche dal momento che nessuna delle regressioni effettuate è risultata significativa.

Per quanto riguarda la sopravvivenza autunnale-invernale, le analisi statistiche condotte hanno evidenziato una sua dipendenza dalla densità. In particolare:

1. la sopravvivenza dei maschi senza distinzione di classe di età (come calcolata in 4) dipende in modo significativo dalla densità dei maschi sia primaverile (Tabella 6.3 d) che tarda estiva (Tabella 6.3 e). Tuttavia, le relazioni con le densità primaverili sembrano più robuste in quanto basate su dati direttamente misurati piuttosto che su valori stimati (quali sono le densità tardo-estive);
2. la sopravvivenza dei maschi giovani (come calcolata in 5) dipende in modo significativo dalla densità della popolazione maschile sia primaverile che tardo-estiva e questa dipendenza è significativa per qualsiasi valore (0.1, 0.2, ..., 1) fatto assumere alla sopravvivenza dei maschi adulti. Tra le relazioni con la densità maschile primaverile (che sono da preferirsi per le ragioni esposte nel punto 1), le due più significative sono quelle di tipo esponenziale trovate supponendo, rispettivamente, la sopravvivenza dei maschi adulti pari a 0.5 e 0.6 (Tabella 6.3 f).

Il modello demografico stocastico

In accordo con i risultati ottenuti dalle analisi dei dati, ho sviluppato un modello demografico stocastico che descrive la risposta alla variabilità ambientale della dinamica della sola popolazione maschile di fagiano di monte divisa in due classi di età (giovani, adulti). Dato che il ciclo vitale del fagiano di monte è caratterizzato da una breve stagione riproduttiva a primavera, la dinamica di popolazione di questa specie può essere descritta con un modello demografico a tempo discreto con passi annuali.

Le ipotesi su cui il modello si basa sono le seguenti:

1. popolazioni chiuse (migrazione trascurabile);
2. sex ratio alla nascita pari a 1:1;
3. sex ratio degli adulti appena prima degli accoppiamenti uguale a 1:1;
4. età di prima riproduzione pari a 1 anno;
5. mortalità dei maschi adulti trascurabile nel periodo maggio-agosto (quindi mortalità concentrata nel periodo autunnale-invernale);
6. sopravvivenza dei maschi giovani uguale a quella dei maschi adulti.

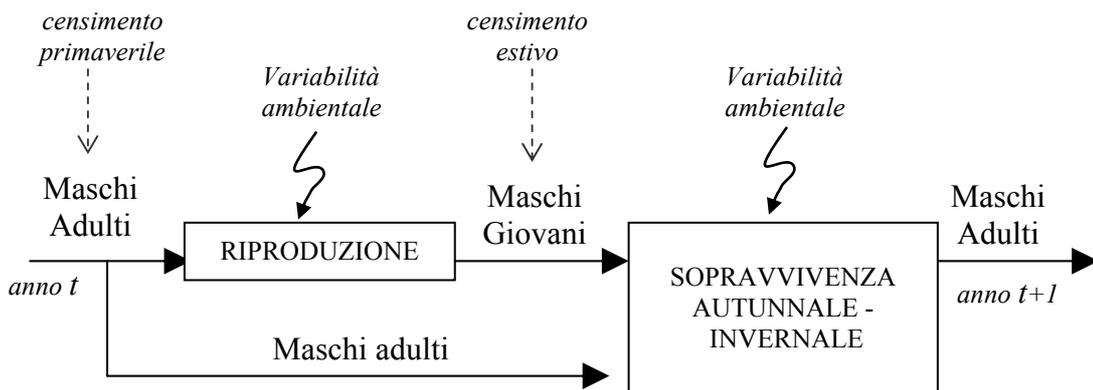
Ho assunto quest'ultima ipotesi in base alle seguenti considerazioni:

- quando calcolate separatamente, la sopravvivenza degli adulti (0.5-0.6) ha un valore molto vicino alla media delle sopravvivenze giovanili calcolate con l'equazione (5) (0.54-0.45);

- un modello basato su una sopravvivenza unica sembra più robusto rispetto ad uno basato su sue distinte sopravvivenze, una delle quali (quella degli adulti) è fissata a priori e in modo deterministico;
- Caizergues ed Ellison (1997), in uno studio pluriennale condotto tramite radio-tracking su una popolazione di fagiano di monte nelle Alpi francesi, hanno trovato che la sopravvivenza dei giovani (in media pari a 0.52) non è significativamente diversa da quella dei maschi adulti (0.56). In Scandinavia Angelstam (1984) ha osservato che la sopravvivenza autunnale-invernale degli adulti è maggiore di quella dei giovani ma la differenza non è statisticamente significativa e Lindén (1981) ha trovato che la sopravvivenza autunnale-invernale dei giovani e la sopravvivenza annuale degli adulti assumono valori abbastanza simili (rispettivamente 0.46 e 0.53).

La struttura del modello è rappresentata schematicamente in Figura 6.1.

Figura 6.1 Diagramma a blocchi del modello demografico per il fagiano di monte nel Parco Naturale Alpe Veglia – Alpe Devero.



Il modello si basa sull'equazione (3) la quale esprime la densità primaverile dei maschi in un anno come la sopravvivenza autunnale-invernale moltiplicata per la somma della medesima densità e della densità dei giovani maschi nell'anno precedente. La densità dei giovani maschi viene stimata con l'equazione (1) assumendo un successo riproduttivo calcolato come:

$$\left(\frac{J}{F}\right)_t = S_0 \cdot \delta_t \quad (6)$$

dove S_0 è il successo riproduttivo medio (pari a 2.23 pulli/femmina, media ottenuta escludendo i dati estremi ovvero il successo riproduttivo minimo misurato all'Alpe Devero nel 1995 e quello massimo rilevato all'Alpe Veglia nel 1996) e δ_t è un fattore stocastico ambientale, assunto con distribuzione lognormale di mediana 1 e varianza

pari alla varianza dei residui (ln successo riproduttivo reale - ln successo riproduttivo stimato dal modello).

Per quanto riguarda la dipendenza da densità della sopravvivenza autunnale-invernale, ho preferito considerare le relazioni in funzione della densità primaverile (Tabella 6.3 d) piuttosto che di quella tarda estiva (Tabella 6.3 e) in quanto basate su dati puri e non su stime. Tra queste relazioni ho considerato la più significativa (relazione esponenziale). La sopravvivenza è, quindi, assunta dipendere dalla densità primaverile dei maschi nel seguente modo:

$$\sigma_t = a \cdot e^{b \cdot M_t} \cdot \varepsilon_t \quad (7)$$

dove: $a = e^{a'}$; a' è l'intercetta e b è la pendenza della curva di regressione; ε_t è il rumore ambientale assunto con distribuzione lognormale di mediana 1 e varianza pari alla varianza dei residui (ln sopravvivenza reale - ln sopravvivenza stimata dal modello).

In Tabella 6.3 (d) per la relazione di tipo esponenziale tra la sopravvivenza e la densità dei maschi a primavera ($\ln \sigma(t)$ vs $M(t)$) sono presenti i risultati di due diverse regressioni Jackknife. Infatti, poiché nella prima regressione risulta significativa la pendenza ma non l'intercetta ($p > 0.05$), ho eseguito una seconda regressione imponendo l'intercetta pari a zero ($a' = 0$). La pendenza di questa seconda regressione risulta ovviamente più significativa di quella precedente ($p = 0.000$ vs $p = 0.013$) e sembrerebbe, quindi, descrivere meglio la dipendenza da densità della sopravvivenza. Tuttavia, porre $a' = 0$, e di conseguenza $a = 1$, equivale a supporre che la sopravvivenza tende ad assumere valore 1 quando la densità della popolazione tende a zero (Figura 6.2 modello B). Considerare invece il valore dell'intercetta trovato nella prima regressione ($a' = -0.13$) significa supporre che per densità prossime allo zero la sopravvivenza tende ad un valore pari a 0.87 (Figura 6.2 modello A). Quest'ultimo caso risulta sicuramente più pessimistico, tuttavia supporre una sopravvivenza pari al 100%, seppur per densità bassissime, sembra poco realistico. In base a queste considerazioni ho deciso di eseguire l'analisi di vitalità della popolazione di fagiano di monte del Parco utilizzando entrambi i modelli derivati, rispettivamente, dalla regressione con intercetta pari a -0.13 (modello A) e da quella nel quale ho imposto l'intercetta pari a 0 (modello B).

Unendo le equazioni (3), (1), (6) e (8), i modelli risultano

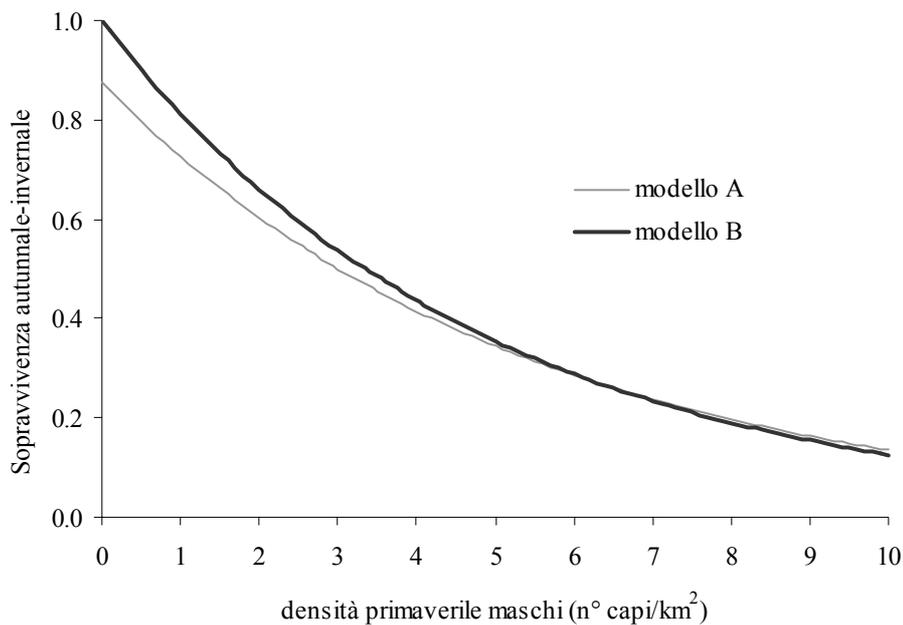
$$M_{t+1} = a \cdot e^{b \cdot M_t} \cdot e^{G_1(s_1)} \cdot M_t \cdot \left[1 + \frac{1}{2} \cdot S_0 \cdot e^{G_2(s_2)} \right] \quad (8)$$

dove $G(s)$ è un numero casuale estratto da una distribuzione normale con media nulla e deviazione standard uguale a s e i valori di a , b , s_1 e s_2 sono dati dalla seguente tabella:

	a	b	s_1	s_2
modello A	0.87	-0.19	0.31	0.38
modello B	1.00	-0.21	0.32	0.38

Se nei modelli non considerassimo la stocasticità ambientale, avremmo che in entrambi i casi si tenderebbe a un equilibrio stabile, pari a 3.30 maschi/km² per il modello A e a 3.61 maschi/km² per il modello B.

Figura 6.2 Dipendenza da densità della sopravvivenza autunnale-invernale dei maschi (adulti e giovani) di fagiano di monte nel Parco Naturale Veglia – Devero secondo le regressioni (vedi Tabella 6.3 d) con intercetta diversa da zero (modello A) o intercetta uguale a zero (modello B).



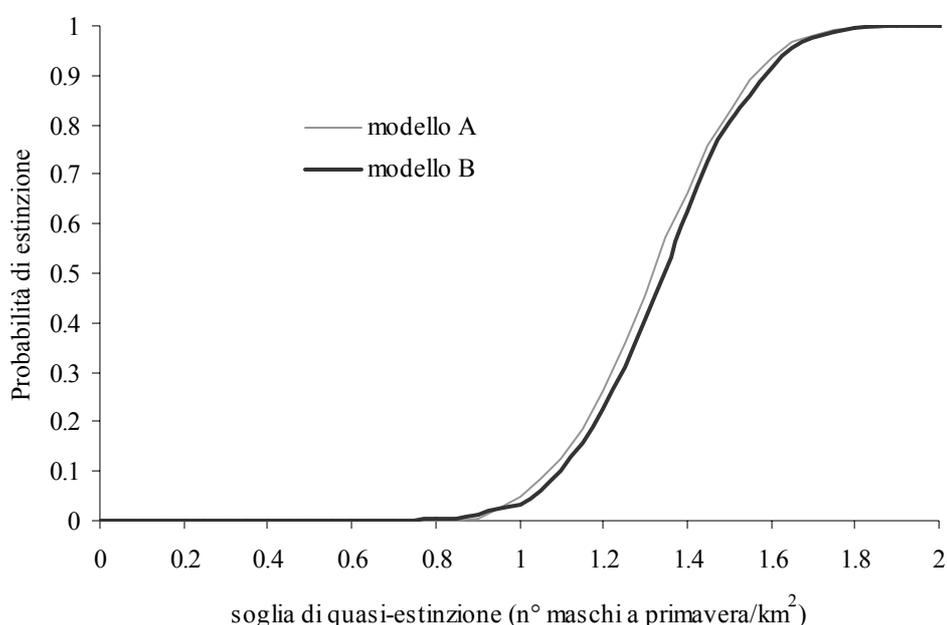
Il rischio e il tempo medio di estinzione in funzione della soglia di quasi-estinzione

I due modelli (A e B) sono stati utilizzati per simulare l'andamento della popolazione su orizzonti temporali di 100 anni e, quindi, per calcolare la probabilità che la popolazione scenda al di sotto di una certa consistenza minima presa come soglia di quasi-estinzione.

In Figura 6.3 è mostrata, per entrambi i modelli, la curva che esprime la probabilità di estinzione della specie in funzione delle soglie di quasi-estinzione espresse come densità dei maschi a primavera. Si nota immediatamente che le due curve praticamente coincidono. Questo significa che, al fine della valutazione del rischio di estinzione, non vi è differenza tra l'usare l'uno o l'altro modello. Se consideriamo quale soglia di quasi-estinzione una densità primaverile di maschi pari a 1.3 maschi/km² allora il rischio di estinzione è pari al 50%, mentre se consideriamo una densità pari a 1.8 maschi/km² allora il rischio sale al 100% (Figura 6.3). Le due

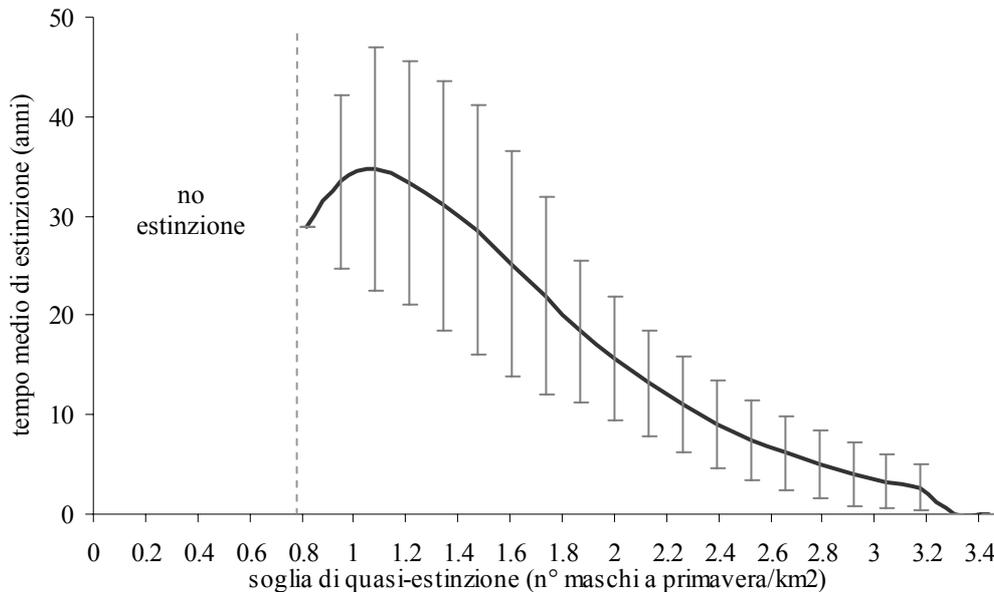
densità di soglia corrispondono rispettivamente a 40 e 56 maschi censiti a primavera in tutto il Parco. Questi valori sono ottenuti moltiplicando le densità di soglia per l'estensione dell'habitat potenziale nel Parco (pari a 31 km²: 10 km² al Veglia e 21 km² al Devero). Per entrambi i modelli non vi è pericolo di estinzione qualora si possa considerare come soglia di quasi estinzione densità uguali o minori a 0.8 maschi/km² (pari a 25 maschi).

Figura 6.3 PVA sulla popolazione di fagiano di monte nel Parco Naturale Veglia - Devero: probabilità di estinzione in funzione di diverse soglie di quasi estinzione (densità di maschi a primavera) secondo il modello A e il modello B.



In Figura 6.4 è rappresentata per il modello B (quella per il modello A è del tutto simile) la curva che esprime il tempo medio necessario per scendere sotto la soglia di quasi-estinzione in funzione della soglia stessa. La popolazione impiega mediamente 35 anni a scendere sotto una densità di 1.0 maschi/km² (pari a una consistenza della popolazione maschile a primavera di 31 capi per tutto il Parco) e circa 20 anni a scendere sotto una densità di 1.8 maschi/km² (56 maschi). Nell'arco di 100 anni (orizzonte temporale di simulazione) la popolazione non scende mai sotto a densità di 0.8 maschi/km² (25 maschi). E' da osservare che, per soglie di quasi-estinzione molto basse, il modello stima il tempo medio di estinzione con grande incertezza (deviazioni standard grandi). Questo perché nelle simulazioni sono poche le repliche in cui la densità scende sotto a queste soglie.

Figura 6.4 PVA sulla popolazione di fagiano di monte nel Parco Naturale Veglia Devero: tempo medio (\pm SD) necessario a raggiungere le diverse soglie di quasi-estinzione misurate come densità di maschi a primavera secondo il modello B.



6.4 PVA per la popolazione di fagiano di monte della Provincia di Sondrio: l'ottimizzazione della politica di prelievo

6.4.1 Area di studio: la Provincia di Sondrio

La provincia di Sondrio (3212 km²), è un territorio prevalentemente montano situato nell'arco alpino centrale. Il 70% della sua superficie si colloca ad una quota superiore ai 1500 m s.l.m.. Il territorio provinciale è occupato interamente dalla Valtellina e dalla Val della Mera (Val Chiavenna). L'ambiente di quest'ultima è stato già brevemente descritto nel paragrafo 5.3 del Capitolo 5. La Valtellina nella sua parte inferiore segue un asse est-ovest che divide le Alpi Orobie, a sud, dalle Alpi Retiche, a nord. Nella parte superiore piega invece a nord-est. La parte inferiore della valle è larga, coltivata, sul versante settentrionale, a viti miste a colture di tipo collinare e ricoperta, sul versante meridionale, di cedui e di castagni. L'alta valle è, invece, stretta e ripida fino alla piana di Bormio dove si apre. Qui si divide nella Valle del Braulio, verso il Passo dello Stelvio, e nella Valle di Fraele, dove ha origine l'Adda.

Proprio in relazione alle caratteristiche spiccatamente alpine, in Provincia di Sondrio sono presenti numerose località di villeggiatura e di sport invernali. La pressione turistica è elevata: su 177.298 abitanti sono 105.257 i posti letto disponibili nelle varie strutture ricettive (dati ISTAT 1997). Tra queste si contano 56 rifugi alpini in cui sono concentrati 2.659 posti letto, il 56% dei posti letto in rifugio dell'intera regione Lombardia (dati ISTAT 1996).

6.4.2 Dati disponibili sulla specie

Il fagiano di monte è presente in tutto il territorio provinciale nella fascia altitudinale compresa tra i 1600 e i 2200 metri (Scherini 1994). All'interno di questa fascia frequenta le foreste di conifere a larice, abete rosso, cembro o miste, soprattutto al limite della vegetazione arborea dove questa è più rada e lascia spazio alla copertura arbustiva a rododendro, mirtillo nero e mirtillo rosso. Nella Provincia il fagiano di monte è presente anche nelle formazioni di pino mugo e di ontano verde.

Nel 1982 in tutta la provincia erano note le localizzazioni di 192 arene di canto e nel 1994 si registrava una contrazione delle popolazioni nei Comprensori Alpini di Chiavenna, Morbegno e Tirano e una relativa stabilità in quelli di Sondrio e Bormio (Scherini 1994). Per gli anni più recenti sono disponibili dati di censimento rilevati da Scherini *et al.* (1989) nell'ambito di uno studio relativo alla presenza del fagiano di monte sulle Alpi lombarde. I dati rilevati riguardano la presenza di arene storiche e la frequentazione di alcune di esse (censimenti primaverili estensivi per gli anni 1982 e 1983) e i censimenti, primaverili (1983, 1984 e 1985) ed estivi (1983 e 1984), relativi a due aree campione (Zandila, 647 ha, situata nel distretto di Bormio-Tirano; Aprica, 728 ha, situata nell'Azienda Faunistica Valbelviso-Barbellino al confine con le Province di Brescia e di Bergamo).

Una serie di dati più lunga è quella costituita dai censimenti primaverili ed estivi effettuati negli anni 1992-98 nel territorio della Val Viola, Bormio (Scherini, com. pers.). Questa valle, percorsa dal Torrente Viola Bormina con asse SO-NE, si estende da poco sopra il paese di Valdidentro fino al confine con la Val di Campo, in territorio elvetico. Il fondovalle, a quota 1850-1900 m, è ricoperto da fitti boschi, punteggiati da maggenghi. L'area in cui viene censito il fagiano di monte è di circa 13 km² a primavera e tra 4 e 9 km² in estate. La Tabella 6.5 riporta i dati rilevati. La densità media dei maschi a primavera, pari a 3.53 capi/km², pare abbastanza alta rispetto a quella rilevata per altre popolazioni alpine tuttavia il confronto fra diversi censimenti è difficoltosa per la mancanza di un criterio omogeneo che definisce l'area a cui riferire i dati (vedi paragrafo 6.3.2). Per quanto riguarda i censimenti estivi, rispetto alla popolazione del Parco Naturale Alpe Veglia – Alpe Devero (Tabella 6.1), la popolazione della Val Viola presenta covate mediamente di dimensioni maggiori (3.8 pulli/covata) ma una minore percentuale media di femmine che si riproducono (57%) e un minore successo riproduttivo medio (2.1 pulli/femmina). L'area è aperta alla caccia ma purtroppo è difficile stimare i capi

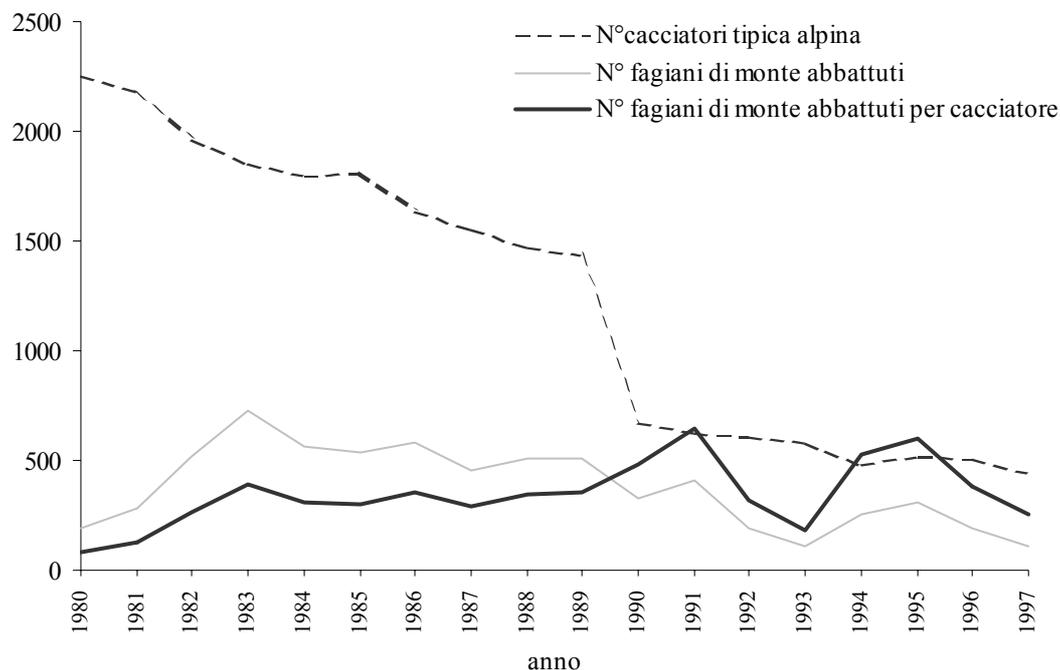
abbattuti al suo interno in quanto i dati di abbattimento si riferiscono a comprensori territoriali più ampi.

Tabella 6.5 Dati dei censimenti primaverili ed estivi effettuati sulla popolazione di fagiano di monte in Val Viola. Bormio (Scherini com. pers.). NM = numero di maschi a primavera; M = densità di maschi a primavera (n° capi/ km^2); F = numero di femmine adulte in estate; b = numero di covate in estate; NJ = numero di pulli in estate; J = densità dei pulli in estate.

anno	Censimenti primaverili			Censimenti estivi				Indici di successo riproduttivo				
	area (km^2)	NM	M	area (km^2)	F	b	NJ	J	J/b	b/FA	J/FA	J/M
1992	13.27	39	2.94	5.43	9	4	10	1.84	2.50	0.44	1.11	0.63
1993	13.27	49	3.69	3.71	7	6	22	5.93	3.67	0.86	3.14	1.61
1994	-	-	-	6.31	18	11	47	7.45	4.27	0.61	2.61	-
1995	13.27	46	3.47	9.19	21	13	52	5.66	4.00	0.62	2.48	1.63
1996	13.27	54	4.07	8.57	22	7	42	4.90	6.00	0.32	1.91	1.20
1997	13.27	46	3.47	8.97	22	13	33	3.68	2.54	0.59	1.50	1.06
1998	13.27	43	3.24	-	-	-	-	-	-	-	-	-

In Provincia di Sondrio la caccia al fagiano di monte viene esercitata solo sui maschi e durante l'autunno (ottobre-novembre). La Figura 6.5, che riporta alcuni dati sul numero di cacciatori e di galli forcelli abbattuti nel territorio provinciale per gli anni 1980-1997, indica che il numero di capi abbattuti per cacciatore sembra in lieve e significativo aumento (regressione lineare: pendenza=0.0138; $R^2=0.248$; $p<0.05$) passando in media da 1 capo ogni 4 cacciatori negli anni 1979-84 a 1 capo ogni 2,5 cacciatori negli ultimi 5 anni. Questo aumento potrebbe essere dovuto alla drastica riduzione del numero di cacciatori che praticano questo tipo di caccia (da oltre 2255 nel 1980 a 444 nel 1997) e contemporaneamente ad un recupero delle popolazioni di fagiano di monte presenti nel territorio provinciale. La validità di queste considerazioni, tuttavia, è limitata dalla possibile sottostima del numero di capi abbattuti soprattutto per mancata denuncia degli abbattimenti (Baines & Lindén 1991)

Figura 6.5 Dati sul numero di cacciatori di tipica alpina e sull'abbattimento di fagiani di monte in Provincia di Sondrio negli anni 1980-97.



6.4.3 Metodi

Il modello demografico

Ogni studio di PVA è basato su un modello di dinamica della popolazione studiata che descrive i principali processi che regolano la consistenza della popolazione stessa (natalità, mortalità, emigrazione ed immigrazione). I pochi dati disponibili per il fagiano di monte in provincia di Sondrio non permettono lo sviluppo di un modello demografico *ad hoc*. Sono quindi ricorsi a ciò che è già stato sviluppato in letteratura. In particolare, ho utilizzato per la popolazione di fagiano di monte nella Provincia di Sondrio il modello demografico sviluppato da Montalbetti e Gatto (Gatto *et al.* 1992; Montalbetti 1989) sui dati rilevati in 6 colonie situate nelle Alpi lombarde, due delle quali si trovano nel territorio della Provincia (Zandila e Aprica). Espongo qui in maniera più dettagliata il modello, già brevemente descritto all'inizio del presente capitolo, affinché si possa comprendere pienamente il suo uso nell'analisi di PVA da me svolta.

Il modello demografico, di tipo stocastico, descrive la dinamica dei soli maschi di fagiano di monte, è a tempo discreto con passi annuali, e si basa sulle seguenti ipotesi:

1. la popolazione è divisa in due classi: giovani (età < 10 mesi) e adulti;
2. la sex ratio alla nascita è 1:1;

3. il successo riproduttivo dipende dalla densità. In particolare, il rapporto tra maschi giovani alla fine dell'estate e maschi adulti a primavera diminuisce all'aumentare della densità di maschi adulti secondo la seguente funzione:

$$\frac{J_t}{M_t} = \delta_t \cdot e^{(a-bM_t)} \quad (9)$$

dove M_t è la densità dei maschi contati sulle arene a primavera; J_t è la densità dei giovani alla fine dell'estate; δ_t è il rumore ambientale assunto con distribuzione lognormale di mediana 1 e varianza pari alla varianza dei residui (deviazione standard di $\ln \delta_t = 0.582$); $a = 1.757$; $b = 0.5757$;

4. la mortalità naturale è concentrata in inverno, non dipende dalla densità ed è uguale per giovani ed adulti (infatti la stima della sopravvivenza dei giovani e quella degli adulti non sono significativamente differenti). La relazione che esprime la densità dei maschi sulle arene da un anno con l'altro è quindi:

$$M_{t+1} = \varepsilon_t \cdot \sigma \cdot \left(M_t + \frac{J_t}{2} \right) \quad (10)$$

dove ε_t è il rumore ambientale assunto con distribuzione lognormale di mediana 1 e varianza pari alla varianza dei residui (deviazione standard di $\ln \varepsilon_t = 0.2612$); σ è la sopravvivenza invernale media ed è pari a 0.735.

Il modello stocastico, ottenuto dall'unione delle due equazioni (11) e (12), risulta quindi:

$$M_{t+1} = \sigma \cdot e^{G(0.2612)} \cdot M_t \cdot \left[1 + \frac{1}{2} \cdot e^{(a-bM_t)} \cdot e^{G(0.582)} \right] \quad (11)$$

dove $G(s)$ è un numero casuale estratto da una distribuzione normale con media nulla e deviazione standard uguale a s . Nei casi in cui $\sigma \exp(G(0.2612))$ assume un valore maggiore di 1, viene posto uguale a 1.

Si nota che, al contrario di ciò che ho trovato per la popolazione di fagiano di monte del Parco Naturale dell'Alpe Veglia e dell'Alpe Devero (paragrafo 6.3.4), l'analisi dei dati relativi alla popolazione lombarda condotta da Montalbetti e Gatto ha evidenziato dipendenza da densità del successo riproduttivo e non della sopravvivenza autunnale-invernale.

Verifica dell'applicabilità del modello con i dati della Val Viola

Per verificare l'applicabilità del modello demografico di Montalbetti e Gatto alla Provincia di Sondrio ho confrontato i dati di censimento del fagiano di monte degli anni 1992-98 relativi all'intera Val Viola (Bormio) con il modello stesso. Il confronto è avvenuto per via grafica sovrapponendo i dati di censimento della Val Viola con le curve del modello demografico che rappresentano le due equazioni (11) e (12) del modello.

PVA, obiettivi di conservazione e politiche di prelievo

Ho utilizzato il modello demografico stocastico per valutare l'effetto di diverse strategie di prelievo venatorio sulle popolazioni di fagiano di monte presenti in Provincia di Sondrio (habitat potenziale per questa specie pari a 492 km²; Scherini, com. pers.). Infatti, data una politica di prelievo, è possibile simulare l'andamento della dimensione della popolazione per un certo numero di anni e stimare il numero medio di capi abbattuti e la variabilità di tali abbattimenti. Inoltre, al fine di valutare il rischio di estinzione della popolazione, è possibile stimare la consistenza minima che la popolazione raggiunge nel corso del periodo considerato.

Ho considerato le seguenti tre politiche di prelievo:

1. ogni anno il numero di capi abbattuti è una percentuale costante della popolazione maschile presente alla fine dell'estate e la percentuale da prelevare può essere differente per giovani e adulti;
2. ogni anno viene cacciata una quota costante di fagiani di monte. Tuttavia, nel caso in cui la popolazione maschile sia al di sotto di un valore minimo, solo una percentuale di tale popolazione viene abbattuta (come per la politica 1);
3. il numero di capi da abbattere viene determinato prima della stagione di caccia in modo da garantire che un numero costante di maschi (stock riproduttore) scampi al prelievo e si riproduca nella primavera successiva (politica cosiddetta di constant escapement, Gatto 1985). Negli anni in cui la popolazione maschile risulta inferiore allo stock riproduttore che si vuole garantire, la caccia non viene permessa.

Per ogni politica ho generato 100 simulazioni considerando un orizzonte temporale di 50 anni. Ho utilizzato quindi i risultati delle simulazioni per la ricerca della strategia di caccia ottimale secondo diversi criteri. In particolare, ho valutato le politiche secondo i seguenti tre obiettivi:

- massimizzazione del numero medio di capi prelevati annualmente;
- minimizzazione della variabilità (misurata come rapporto tra deviazione standard e media) del numero di capi abbattuti annualmente;
- minimizzazione del rischio di scendere al di sotto di una consistenza critica di fagiani (*Minimum Viable Population*).

Oltre agli obiettivi sopra descritti, ho anche posto tre condizioni "minime" che voglio che ciascuna politica soddisfi:

- (a) la cattura media deve essere maggiore di 200 capi per anno (che significa circa un capo ogni 2 cacciatori);
- (b) la variabilità del cacciato tra un anno e l'altro non deve essere troppo elevata (minore di 1);
- (c) la popolazione maschile di fagiano di monte non deve mai scendere al di sotto dei 200 capi.

6.4.4 Risultati

L'applicabilità del modello demografico

Il confronto dei dati di censimento relativi alla Val Viola con il modello demografico di Montalbetti e Gatto è mostrato in Figura 6.6. I dati del successo riproduttivo si allineano con la curva descritta dal modello (Figura 6.6 a), la sopravvivenza invece risulta essere minore di quella stimata dal modello (Figura 6.6 b). Questo è spiegabile dal fatto che in parte della Val Viola è stato annualmente operato un prelievo venatorio: alla mortalità naturale va quindi aggiunta la mortalità dovuta al prelievo.

Il rischio di estinzione e la scelta della politica di prelievo

Utilizzando il modello demografico di Gatto e Montalbetti, per ognuna delle tre politiche di prelievo considerate, ho simulato l'andamento della popolazione e stimato le consistenze minime raggiunte, il numero medio di capi abbattuti e la loro variabilità. I grafici di Figura 6.7 rappresentano i risultati delle simulazioni in termini di raggiungimento degli obiettivi. Ogni punto rappresenta una possibile politica di prelievo. Ad esempio, tutti i punti identificati dal simbolo "o" sono risultati di politiche a stock riproduttore costante (tipo 3) ciascuna delle quali è individuata dalla consistenza dello stock riproduttore che si vuole far sopravvivere al prelievo. Sull'ascissa dei due grafici si possono leggere i valori del numero medio di abbattimenti, mentre le ordinate del grafico (a) riportano le consistenze minime della popolazione e le ordinate del grafico (b) riportano la variabilità del cacciato che si ottiene adottando una certa politica. Ad esempio, il punto P rappresenta nei due grafici la stessa politica a stock riproduttore costante individuata da un certo valore dello stock riproduttore. Adottando tale politica il modello prevede un cacciato annuale medio di 744 capi, una consistenza minima della popolazione maschile di 326 capi (grafico a) ed una variabilità degli abbattimenti di 0.898 (grafico b).

In figura sono rappresentate solo le politiche cosiddette paretiane (Gatto *et al.* 1992), ovvero che soddisfano alle condizioni (a), (b) e (c) del paragrafo 6.4.3 e che non sono dominate (cioè tali per cui non esiste un'altra politica migliore per almeno uno dei tre obiettivi). Si osserva dalla Figura 6.7 a che le politiche a stock riproduttore costante garantiscono un maggior numero medio di abbattimenti e minimizzano il rischio di estinzione della popolazione. Questo viene però pagato (vedi Figura 6.7 b) da una maggiore variabilità del numero di capi da cacciare, soprattutto dovuta al fatto che in alcuni anni la caccia viene fortemente limitata, il che potrebbe non essere accettato facilmente.

Figura 6.6 Confronto dei dati di censimento di fagiano di monte relativi alla Val Viola (rappresentati da quadrati) con le curve del modello di Montalbetti e Gatto (Montalbetti, 1989; Gatto *et al.* 1992). Tali curve esprimono: (a) la relazione tra la

frazione di giovani in estate e la densità di maschi adulti a primavera; (b) la relazione tra la densità dei maschi in arena e la densità della popolazione maschile totale nell'estate precedente. I circoletti rappresentano i dati relativi alle sei colonie lombarde (solo quelle in cui la caccia è assente nella figura b) su cui è stato costruito il modello demografico di Montalbetti e Gatto.

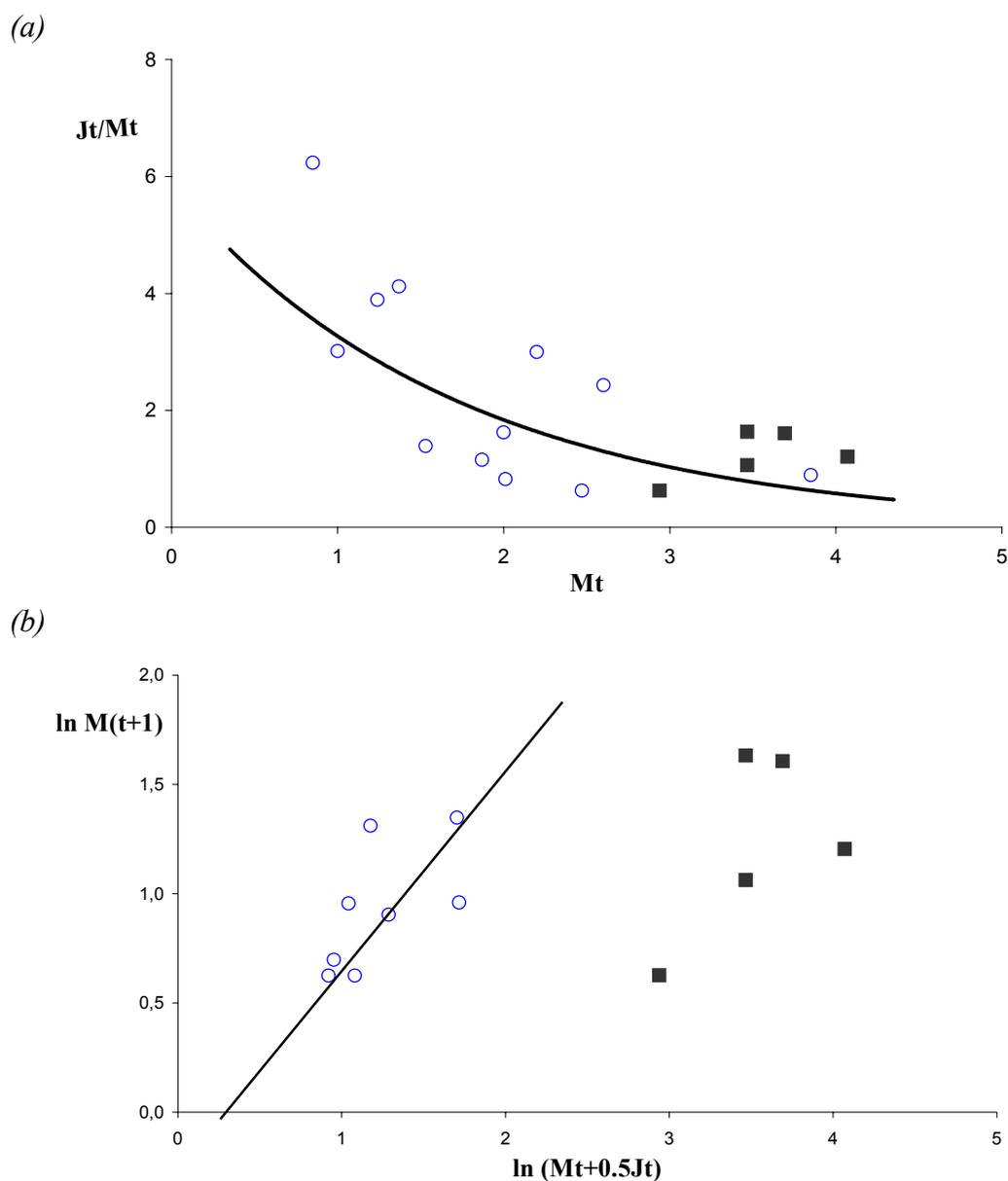
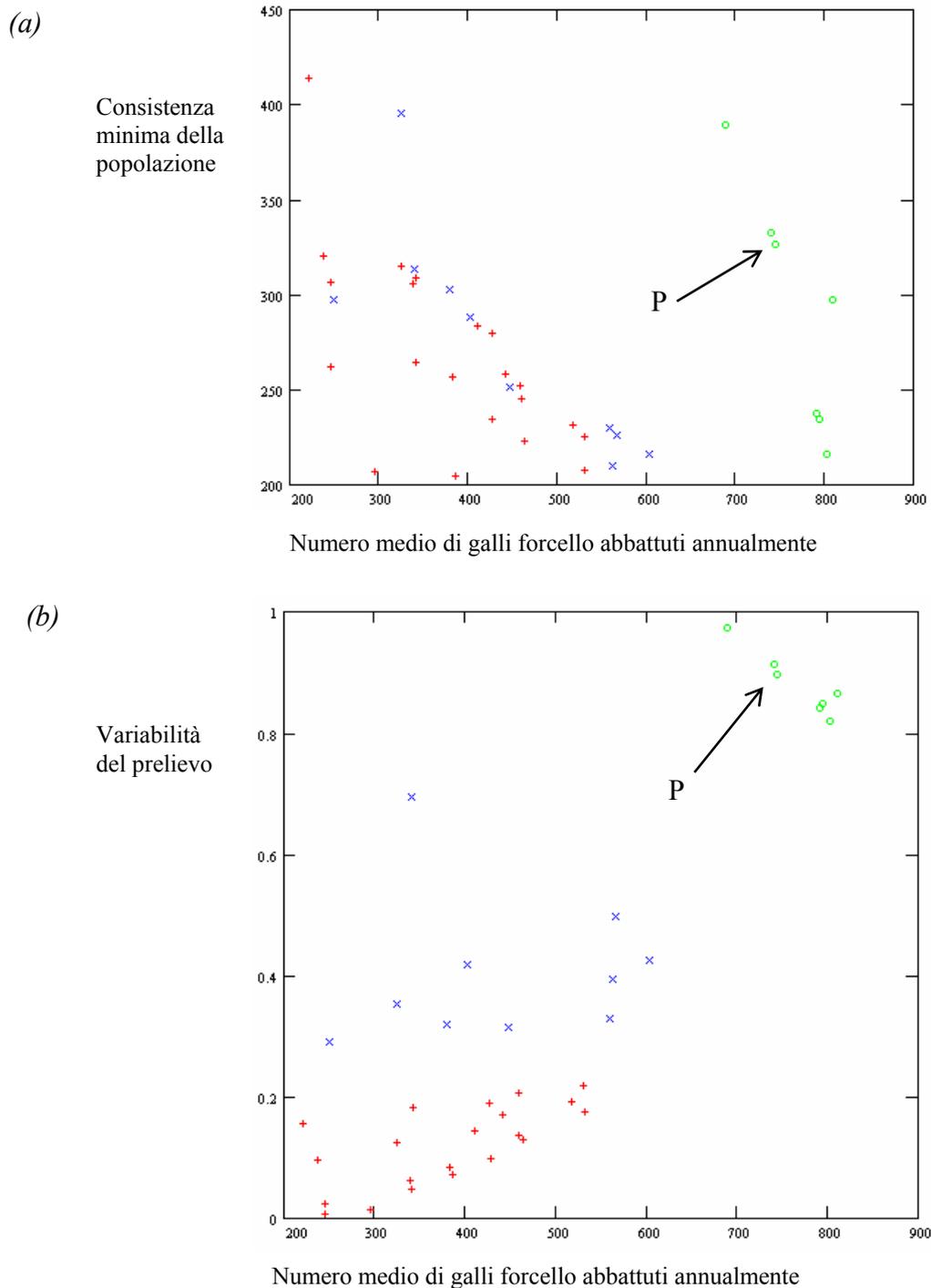


Figura 6.7 Le politiche paretiane per il prelievo di fagiano di monte nella Provincia di Sondrio. Con il simbolo “x” sono rappresentate le politiche a percentuale di prelievo costante (tipo 1 nel testo); con “+” quelle a quota fissa (tipo 2); con “o” quelle a stock riproduttore costante (tipo 3). Ciascuna politica è rappresentata in due piani aventi rispettivamente come assi i seguenti due obiettivi: (a) prelievo annuale medio – popolazione minima. (b) prelievo annuale medio – variabilità del prelievo.



6.5 Conclusioni

I risultati ottenuti in questo capitolo possono essere letti da tre diversi punti di vista: biologico, metodologico e applicativo. Da un punto di vista biologico, le analisi effettuate per la popolazione di fagiano di monte del Parco Naturale Alpe Veglia - Alpe Devero contribuiscono alla comprensione dei meccanismi che regolano la dinamica della specie approfondendo, in particolare, i fenomeni di dipendenza da densità e dalle condizioni meteorologiche. L'analisi di vitalità contribuisce poi alla comprensione di come si evolverà la consistenza della specie sulle Alpi.

Da un punto di vista metodologico:

- i due casi studiati mettono in luce come sia possibile applicare la metodologia della *Population Viability Analysis* a situazioni reali diverse tra loro per dati disponibili, scala spaziale e obiettivi di gestione;
- l'analisi di vitalità effettuata sulla popolazione di fagiano di monte nel Parco Naturale Alpe Veglia - Alpe Devero mostra come il rischio di estinzione possa essere espresso in funzione di diverse soglie di quasi-estinzione. Questa esplicitazione è utile, soprattutto qualora si agisca in condizioni di forte incertezza, per individuare l'intervallo "critico" di valori della soglia, cioè l'intervallo entro cui la probabilità di estinzione varia notevolmente;
- la PVA condotta per la Provincia di Sondrio mostra come è possibile tenere esplicitamente conto dei diversi obiettivi che un decisore deve considerare, sia relativi alla gestione venatoria che alla conservazione della fauna.

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

- la disponibilità di un modello demografico stocastico per il fagiano di monte nel Parco Naturale Alpe Veglia - Alpe Devero che può, eventualmente e previa verifica della sua applicabilità, essere utilizzato per valutare il rischio di estinzione di altre popolazioni alpine;
- una valutazione della vitalità della popolazione di fagiano di monte del Parco utile per la pianificazione delle politiche di conservazione e per la gestione del territorio;
- la descrizione delle conseguenze sulla popolazione di fagiano di monte della Provincia di Sondrio derivate dall'applicazione di diverse politiche di prelievo e, quindi, la disponibilità di un sistema di supporto per la valutazione della politica ottima secondo diversi obiettivi e condizioni.

Di seguito discuto più dettagliatamente le conclusioni relative all'analisi dei parametri demografici, allo sviluppo del modello demografico stocastico per la popolazione del Parco Naturale dell'Alpe Veglia e dell'Alpe Devero e all'analisi del rischio di estinzione nei due diversi casi di studio.

6.5.1 Dipendenza dei parametri demografici dalla densità e dalle condizioni meteorologiche

La disponibilità di dati di censimento per la popolazione di fagiano di monte nel Parco Naturale dell'Alpe Veglia e dell'Alpe Devero ha permesso di indagare i principali parametri demografici e, in particolare, la loro dipendenza da densità o da condizioni esogene.

La forte dipendenza da densità trovata per il tasso finito di crescita annuale mi ha suggerito di indagare separatamente i due principali parametri demografici che lo influenzano (mortalità e successo riproduttivo).

Dipendenza del successo riproduttivo dalle condizioni meteorologiche

Da un punto di vista biologico sembra riconosciuto che il successo riproduttivo di popolazioni di fagiano di monte sia fortemente influenzato dalle condizioni meteorologiche di luglio. In particolare la mortalità dei pulli sembra essere più elevata in estati più rigide (basse temperature, nevicate a luglio). Tuttavia le analisi effettuate per la popolazione di fagiano di monte del Parco non hanno evidenziato questo meccanismo: il successo riproduttivo non è, infatti, risultato dipendere dalle condizioni meteorologiche di luglio (temperatura e precipitazione). Occorre però considerare che i dati disponibili hanno permesso di indagare tale dipendenza per un periodo molto ridotto (1994-97) e in cui le condizioni meteorologiche estive sono state molto simili (in particolare, temperature abbastanza miti e assenza di nevicate in luglio). La disponibilità di ulteriori dati meteorologici (sia quelli relativi alla stazione di Codelago per gli ultimi tre anni, sia eventualmente quelli relativi ad altre stazioni), nonché una serie temporale di dati di censimento più lunga permetterà di approfondire i risultati ottenuti.

Dipendenza da densità del successo riproduttivo

Le analisi statistiche condotte hanno messo in luce che il successo riproduttivo, la dimensione media delle covate e la percentuale di femmine madri sul totale delle femmine censite non dipendono significativamente dalla densità e, viceversa, la densità primaverile non dipende dal successo riproduttivo.

Dipendenza da densità della mortalità

Per la popolazione di fagiano di monte del Parco la sopravvivenza autunnale-invernale (fine agosto-metà maggio) dei maschi è risultata dipendere dalla densità dei maschi a primavera (seconda metà di maggio). In particolare, all'aumentare della popolazione maschile la sopravvivenza diminuisce. Tale dipendenza è stata riscontrata sia nell'ipotesi restrittiva di mortalità uguale per giovani e adulti, sia considerando mortalità distinte. L'ipotesi di mortalità uguale per giovani e adulti, per quanto restrittiva, sembra avere una sua ragione in base a quanto trovato da Caizergues e Ellison (1997) per popolazioni di fagiani di monte sulle Alpi francesi. In tale studio la mortalità dei maschi adulti differisce in modo significativo da quella delle femmine adulte ma non da quella dei giovani.

La dipendenza da densità della sopravvivenza trovata per la popolazione del Parco si allinea con quanto osservato in alcune popolazioni di fagiano di monte nelle Alpi francesi (Ellison 1991; Ellison & Magnani 1985) e in Svezia (Angelstam 1983) ma è in contrasto con quanto trovato da Gatto *et al.* (1992) per le Alpi lombarde.

L'aumento della mortalità con la densità potrebbe essere causato, oltre che da competizione intraspecifica, anche da un aumento dei tassi di predazione da parte di predatori tipicamente generalisti (aquila, gufo reale; Rotelli, com. pers.; Bionda, com. pers.e) che concentrano il loro interesse di anno in anno verso le prede più abbondanti (risposta funzionale del 3° tipo, *predator switching*; Murdoch 1969; Murdoch & Oaten 1975).

6.5.2 Un nuovo modello demografico stocastico per il fagiano di monte in ambiente alpino

I dati di censimento mi hanno permesso di sviluppare un modello demografico stocastico per la popolazione di fagiano di monte nel Parco Naturale Alpe Veglia – Alpe Devero. Il modello, che descrive la popolazione maschile, tiene conto della dipendenza da densità della mortalità autunnale-invernale e della variabilità ambientale.

Il modello sviluppato è basato su alcune ipotesi. Innanzitutto, in accordo con quanto trovato da Marjakangas e Tormala (1997), assume che il successo riproduttivo è indipendente dall'età delle femmine. Tuttavia, Willebrand (1992) ha osservato un successo riproduttivo molto maggiore per le femmine adulte che per le femmine di 1 anno. L'aver assunto l'età di prima riproduzione pari a 1 anno trova sostegno in quanto trovato da Caizergues (1997).

L'ipotesi di mortalità dei maschi adulti trascurabile tra maggio ed agosto è sicuramente restrittiva. Tuttavia, Spidsø *et al.* (1997), in Norvegia, hanno evidenziato per i fagiani di monte adulti una sopravvivenza primaverile-estiva elevata (89% per il periodo dall'inizio di maggio a fine luglio) e molto maggiore di quella autunnale-invernale (31%). D'altro canto, Caizergues e Ellison (1997), nelle Alpi francesi, hanno trovato che la mortalità primaverile (aprile-giugno) ed estiva (luglio-settembre) dei maschi adulti può essere maggiore di quella autunnale (ottobre-dicembre) e invernale (gennaio-marzo). Alte mortalità in primavera possono essere causate da un aumento della predazione favorita, in questo periodo, da una peggiore condizione fisiologica dei maschi impegnati nelle attività di parata (Angelstam 1984). Purtroppo la disomogeneità dei periodi su cui i diversi autori calcolano i parametri demografici non permette confronti precisi dei valori di mortalità registrati nei diversi mesi dell'anno.

6.5.3 La valutazione del rischio di estinzione nei due casi di studio

Per la popolazione del Parco Naturale Alpe Veglia – Alpe Devero il rischio e il tempo medio di estinzione è stato espresso in funzione di diverse soglie di quasi-

estinzione. Nella pratica è molto difficile individuare il valore reale della soglia di quasi-estinzione di una popolazione. Tuttavia, per il caso studiato, risulta evidente che l'intervallo critico della densità di quasi-estinzione (l'intervallo, cioè, in cui il rischio di estinzione cresce notevolmente) è quello compreso tra 0.8 e 1.8 maschi/km² (corrispondente ad una popolazione maschile a primavera pari a 25-56 capi per tutto il Parco). Un grafico come quello di Figura 6.3 permette, allora, di impostare la discussione tra esperti sul valore della soglia di quasi-estinzione avendo a disposizione un elemento in più costituito dalla conoscenza della sensibilità del rischio di estinzione alla soglia stessa.

Sulle Alpi vi sono popolazioni, apparentemente persistenti, che presentano valori di densità primaverile anche pari a circa 1 maschio/km² (Scherini 1989). Sembra, quindi, ragionevole ipotizzare una soglia di quasi-estinzione non maggiore di questa densità. Qualora si consideri una soglia proprio pari a 1 maschio/km², la probabilità di estinzione della popolazione del Parco nei prossimi 100 anni è pari a 5% (Figura 6.3). Ne consegue che questa popolazione non sembra essere ad elevato rischio di estinzione. In ogni caso, la vitalità della popolazione potrebbe diminuire qualora vi fossero sostanziali modifiche nella regolamentazione dell'uso del territorio o un forte incremento della presenza turistica (estiva e invernale) o, ancora, un aumento del prelievo venatorio.

La PVA condotta per il fagiano di monte in Provincia di Sondrio mostra che, nella gestione della fauna selvatica, è possibile considerare obiettivi di diverso tipo (economico, sociale, ecologico) che possono tenere conto di diverse sensibilità e convinzioni etiche e politiche (Gatto 1985). Esigenze diverse e contrastanti possono, quindi, essere esplicitate in maniera quantitativa e possono entrare direttamente nel processo decisionale. La scelta degli obiettivi dovrebbe proprio esser fatta coinvolgendo le diverse parti interessate (associazioni di cacciatori, amministratori locali, ambientalisti, abitanti) che spesso hanno interessi conflittuali. Anche le condizioni, come gli obiettivi, possono essere discusse e modificate in accordo con le varie parti interessate. La scelta di quale strategia venatoria adottare tra quelle rappresentate risulta, quindi, una scelta politica nel senso che occorre decidere quale importanza dare ai diversi obiettivi. Naturalmente le politiche di regolamentazione dell'attività venatoria che si possono proporre dipendono oltre che dagli obiettivi che ci si pone, anche dalle condizioni in cui ci si trova concretamente ad operare, e cioè dalle norme vigenti, dagli strumenti effettivamente a disposizione per la regolamentazione del prelievo e, non da ultimo, dalle forze disponibili per la raccolta dei dati sulla popolazione che viene cacciata.

Per la popolazione di fagiano di monte della Provincia di Sondrio le politiche di prelievo a stock riproduttore costante sono risultate quelle che garantiscono un minore rischio di estinzione (considerando una *Minimum Viable Population* a primavera pari a 200 maschi per l'intera provincia) e un maggiore numero medio di capi che possono essere cacciati ogni anno. Queste politiche di prelievo prevedono la determinazione del numero di capi da abbattere prima della stagione venatoria in base ai risultati dei censimenti. Questo implica che, in anni in cui il successo riproduttivo della specie risulta particolarmente basso, il numero di capi da abbattere deve essere particolarmente ridotto.

6.6 Bibliografia

- Angelstam, P. 1983. Population dynamics of tetraonids, especially the Black Grouse *Tetrao tetrix* L., in boreal forest. Ph. D. thesis, Upssala University.
- Angelstam, P. 1984. Sexual and seasonal differences in mortality of the Black Grouse *Tetrao tetrix* in boreal Sweden. *Ornis Scandinavica* 15, 123-134.
- Angelstam, P., E. Lindstrom & P. Widen. 1985. Synchronous short-term population fluctuations of some birds and mammals in Fennoscavia - occurrence and distribution. *Holarctic Ecology* 8, 285-298.
- Baines, D. & H. Lindén. 1991. The impact of hunting on grouse population dynamics. *Ornis Scandinavica* 22, 245-246.
- Bergerud, A.T. & M.W. Gratson. 1987. *Adaptive strategies and population ecology of Northern Grouse*. Wildlife Management Institute, University of Minnesota Press, Minneapolis.
- Bionda, R. 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. 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, M. 1987. *Studio sulle popolazioni valdostane del Fagiano di monte Tetrao tetrix*. Regione Autonoma Valle d'Aosta.
- Caizergues, A. 1997. Fonctionnement démographique des populations de Tétralyre (*Tetrao tetrix*) dans les Alpes françaises. Tese de doctorat, Université Montpellier II, Montpellier.
- Caizergues, A. & L.N. Ellison. 1997. Survival of Black Grouse *Tetrao tetrix* in the French Alps. *Wildlife Biology* 3, 177-186.
- Caughley, G. & A. Gunn. 1996. *Conservation biology in theory and practice*. Blackwell Science.
- De Franceschi, P.F. 1994. Status, geographical distribution and limiting factors of black grouse (*Tetrao tetrix*) in Italy. *Gibier Faune Sauvage* 11, 185-205.
- Ellison, L.N. 1991. Shooting and compensatory mortality in tetraonids. *Ornis Scandinavica* 22, 229-240.
- Ellison, L.N. & Y. Magnani. 1985. Eléments de dynamique de population du tétralysre (*Tetrao tetrix*) dans les Alpes françaises. *Gibier Faune Sauvage* 4, 63-64.
- Gatto, M. 1985. *Introduzione all'ecologia delle popolazioni*. Clup, Milano.
- Gatto, M., F. Montalbetti, G. Tosi & G. Scherini. 1992. Modelling black grouse populations in northern Italy. Proceedings II European Meeting on Cybernetics and Systems Research, Vienna, Austria.

- Ginzburg, L.R., L.B. Slobodkin, K. Johnson & A.G. Bindman. 1982. Quasiextinction probabilities as a measure of impact on population growth. *Risk Analysis* 21, 171-181.
- Glutz Von Blotzheim, U.N. 1985. *Tetraonidi*. Rapporto della Stazione Ornitologica Svizzera.
- Hudson, P.J. & M.R. Rands. 1988. *Ecology and management of gamebirds*. Blackwell Scientific Publications Professional Books.
- Lindén, H. 1981. Estimation of juvenile mortality in the Capercaillie, *Tetrao Urogallus*, and the Black grouse, *Tetrao tetrix*, from indirect evidence. *Finnish Game Res.* 39, 35-51.
- Lindén, H. 1988. Latitudinal gradients in predator-prey interactions, cyclicality and synchronism in voles and small game populations in Finland. *Oikos* 52, 341-349.
- Lindén, H., A. Laurila & M. Wikman. 1990. Predictability of the capercaillie and black grouse density of the next year - wisdom after the event. *Suomen Riista* 36, 82-88.
- Lindstrom, J., E. Ranta, M. Lindén & H. Lindén. 1997. Reproductive output, population structure and cyclic dynamics in capercaillie, black grouse and hazel grouse. *Journal of Avian Biology* 28, 1-8.
- Marjakangas, A. & L. Tormala. 1997. Female age and breeding performance in a cyclic population of black grouse *Tetrao tetrix*. *Wildlife Biology* 3, 195-203.
- Montalbetti, F. 1989. Identificazione di un modello demografico del gallo forcello (*Tetrao tetrix*) in Lombardia e ricerca di politiche ottimali di prelievo venatorio. Tesi di laurea, Politecnico di Milano.
- Murdoch, W.W. 1969. Switching in general predators: experiments on predator specificity and stability of prey populations. *Ecological Monographs* 39, 335-54.
- Murdoch, W.W. & A. Oaten. 1975. Predation and population stability. *Advances in Ecological Research* 9, 2-131.
- Rotelli, L. & R. Bionda. 1998. *Relazione sulle attività di censimento faunistico condotte nel Parco Veglia-Devero nel 1997-98*. Ente di gestione del parco Veglia e Devero.
- Rotelli, L. & N. Zbinden. 1991. *Rapporto sui risultati dei censimenti estivi delle covate di Fagiano di monte in Cantone Ticino (agosto - settembre 1991)*. Dipartimento dell'Ambiente, Ufficio Caccia e Pesca.
- Rotelli, L. & N. Zbinden. 1992. *Rapporto sui risultati dei censimenti estivi delle nidiate di Fagiano di monte in Ticino (agosto - settembre 1992)*. Dipartimento del Territorio, Ufficio Caccia e Pesca.
- 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.
- Scherini, G. (a cura di). 1994. *Piano faunistico-venatorio. Piano di miglioramento ambientale*. Amministrazione provinciale di Sondrio.

- Shaffer, M.L. 1981. Minimum population sizes for species conservation. *BioScience* 31, 131-134.
- Siivonen, L. 1954. Some essential features of short-term population fluctuations. *Journal of Wildlife Management* 18, 38-45.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 1995. *Biometry*. W. H. Freeman and Company, New York.
- Spidsø, T., K., O. Hjeljord & J.G. Dokk. 1997. Seasonal mortality of black grouse *Tetrao tetrix* during a year with little snow. *Wildlife Biology* 3, 205-209.
- Willebrand, T. 1992. Breeding and age in female Black Grouse *Tetrao tetrix*. *Ornis Scandinavica* 23, 29-32.
- Zbinden, N. 1987. Zum aufzuchterfolg des birkuhns *Tetrao tetrix* im Tessin. *Der Ornithologische Beobachter* 84, 49-61.

Capitolo 6 6 ANALISI DI VITALITA' PER POPOLAZIONI ALPINE DI FAGIANO DI MONTE	131
6.1 RIASSUNTO.....	131
6.2 INTRODUZIONE.....	132
6.2.1 <i>Rassegna degli studi demografici di popolazioni alpine di fagiano di monte</i>	132
6.2.2 <i>Scopo del capitolo</i>	134
6.3 PVA PER LA POPOLAZIONE DI FAGIANO DI MONTE NEL PARCO NATURALE ALPE VEGLIA - ALPE DEVERO.....	136
6.3.1 <i>Area di studio: il Parco Naturale dell'Alpe Veglia e dell'Alpe Devero</i>	136
6.3.2 <i>Dati disponibili</i>	136
Dati sulla specie.....	136
Dati meteorologici.....	137
6.3.3 <i>Metodi</i>	138
Analisi dei principali parametri demografici.....	138
Sviluppo del modello demografico stocastico.....	140
Analisi di vitalità.....	140
6.3.4 <i>Risultati</i>	141
Dipendenza da densità e da condizioni meteorologiche.....	141
Il modello demografico stocastico.....	144
Il rischio e il tempo medio di estinzione in funzione della soglia di quasi-estinzione.....	147
6.4 PVA PER LA POPOLAZIONE DI FAGIANO DI MONTE DELLA PROVINCIA DI SONDRIO: L'OTTIMIZZAZIONE DELLA POLITICA DI PRELIEVO.....	149
6.4.1 <i>Area di studio: la Provincia di Sondrio</i>	149
6.4.2 <i>Dati disponibili sulla specie</i>	150
6.4.3 <i>Metodi</i>	152
Il modello demografico.....	152
Verifica dell'applicabilità del modello con i dati della Val Viola.....	153
PVA, obiettivi di conservazione e politiche di prelievo.....	154
6.4.4 <i>Risultati</i>	155
L'applicabilità del modello demografico.....	155
Il rischio di estinzione e la scelta della politica di prelievo.....	155
6.5 CONCLUSIONI.....	158
6.5.1 <i>Dipendenza dei parametri demografici dalla densità e dalle condizioni meteorologiche</i> <i>158</i>	159
Dipendenza del successo riproduttivo dalle condizioni metereologiche.....	159
Dipendenza da densità del successo riproduttivo.....	159
Dipendenza da densità della mortalità.....	159
6.5.2 <i>Un nuovo modello demografico stocastico per il fagiano di monte in ambiente alpino</i> <i>160</i>	160
6.5.3 <i>La valutazione del rischio di estinzione nei due casi di studio</i>	160
6.6 BIBLIOGRAFIA.....	162