

Università degli studi di Roma “La Sapienza”  
Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali  
Corso di laurea in Scienze Biologiche

Tesi di laurea

**Selezione dell’habitat e dei percorsi invernali  
dei lupi delle Alpi Liguri**

**Candidato:** Marco Rughetti

n° 11101341

**Relatore:** Prof. Luigi Boitani

(Dipartimento di Biologia Animale e dell’Uomo)

Anno Accademico 2002-2003

## Indice

1 Introduzione.....	7
1.1 Il Lupo in Italia e in Piemonte.....	8
1.2 Inquadramento e scopi della ricerca.....	8
2 Area di studio.....	10
3 Metodi.....	11
3.1 Raccolta dati.....	11
3.2 Scelta dell'unità di campionamento.....	11
3.3 Variabili ambientali.....	11
3.4 Definizione delle risorse utilizzate e disponibili.....	14
3.5 Elaborazione statistica dei dati.....	15
4 Risultati.....	17
4.1 Studio delle singole variabili ambientali .....	20
4.2 Studio simultaneo di più variabili ambientali .....	25
5 Discussione.....	33
5.1 Limiti della metodologia.....	34
5.1.1 Raccolta dati.....	34
5.1.2 Scelta dell'unità di campionamento.....	34
5.1.3 Elaborazione statistica dei dati.....	35
5.2 Selezione dell'habitat dei lupi.....	36
6 Bibliografia.....	40
Appendice .....	45
Analisi statistica.....	45
Bibliografia.....	46

## Lista delle tabelle

Tabella 1. Elenco delle variabili ambientali prese in esame, suddivise in categorie.....	13
Tabella 2. Chilometri di tracce seguite, numero delle unità di campionamento e dimensione dei territori minimi utilizzati, registrati per anno e per branco.....	13
Tabella 3. Differenza fra tracce corte e lunghe. E' testata l'ipotesi nulla di nessuna differenza fra tracce corte e lunghe sulla matrice della differenza del rapporto dei logaritmi. In tabella sono presentati i livelli di significatività dei test per ogni variabile (Tracce lunghe n=55, tracce corte n=54).....	20
Tabella 4. Differenza tra gruppi. Per ogni variabile è testata l'ipotesi nulla di nessuna differenza nella selezione dei percorsi tra anni, branchi e attività di ricerca e spostamento. In ogni cella è riportato il livello di significatività dei test.....	21
Tabella 5. Differenza tra uso e disponibilità. Utilizzando la compositional analysis è testata contemporaneamente su tutte le classi l'ipotesi nulla di nessuna differenza tra le categorie di habitat utilizzate e disponibili. In tabella sono presentati i risultati dei test.....	21
Tabella 6. Ranghi delle categorie di ogni variabile. Utilizzando la compositional analysis viene testata l'ipotesi nulla di nessuna differenza tra le categorie di habitat utilizzate e disponibili (tabella 5); quando questa ultima ipotesi viene rifiutata le classi vengono disposte in ordine crescente di utilizzo, come di seguito elencato in tabella. Il simbolo > indica una differenza tra ranghi con una probabilità maggiore dello 0.05; il simbolo >> indica una differenza tra ranghi con una probabilità compresa tra 0.05 e 0.01; il simbolo >>> indica una differenza tra ranghi con una probabilità minore dello 0.01.....	22
Tabella 7. Elenco delle variabili ambientali composte, suddivise in categorie.....	26
Tabella 8. Differenza tra gruppi per le variabili ambientali composte. Per ogni variabile è testata l'ipotesi nulla di nessuna differenza nella selezione dei percorsi tra anni, branchi e attività di ricerca e spostamento. In ogni cella è riportato il livello di significatività dei test.....	27
Tabella 9. Differenza tra uso e disponibilità per le variabili ambientali composte. Utilizzando la compositional analysis è testata contemporaneamente su tutte le classi l'ipotesi nulla di nessuna differenza tra le categorie di habitat utilizzate e disponibili. In tabella sono presentati i risultati dei test .....	27

Tabella 10. Matrici dei ranghi. Ogni singola classe di una variabile è confrontata con le altre tramite un t-test: l'ipotesi nulla è di nessuna differenza. Il simbolo 1 indica una differenza con una probabilità maggiore dello 0.05; il simbolo 2 indica una differenza con una probabilità compresa tra 0.05 e 0.01; il simbolo 3 indica una differenza con una probabilità minore dello 0.01. I valori in cornice, identificano per righe e per colonne gruppi di categorie significativamente differenti tra loro.....28

Tabella 11. Matrice utilizzata per l'assegnazione dei ranghi (Aebischer et al. 1993).....46

## Lista delle figure

Figura 1. Area di studio.....	11
Figura 2. Territorio minimo e tracciate su neve del branco della Val Pesio nell'inverno 1999-2000.....	18
Figura 3. Territorio minimo e tracciate su neve del branco della Val Pesio nell'inverno 2000-2001.....	18
Figura 4. Territorio minimo e tracciate su neve del branco della Val Pesio nell'inverno 2001-2002.....	19
Figura 5. Territorio minimo e tracciate su neve dei branchi della Val Pesio e della Val Casotto nell'inverno 2002-2003.....	19

## Ringraziamenti

Questo progetto è stato realizzato grazie alla volontà e al supporto economico della Regione Piemonte, del Parco Naturale delle Alpi Marittime e del Parco Naturale dell'Alta Valle Pesio. Ringraziamenti particolari vanno al vicedirettore Giuseppe Canavese, per il suo instancabile impegno nella ricerca dei fondi e per l'appoggio ai ricercatori e agli studenti.

Ringrazio il Prof. Luigi Boitani per la possibilità che mi ha offerto di fare una stupenda esperienza, Simone Ricci con cui ho iniziato il lavoro in Valle Stura e Francesca Marucco, che ha avuto un ruolo importante nella mia formazione da biologo sul campo.

Ringrazio tutti coloro che hanno partecipato al progetto e con cui è stato un piacere lavorare: Alessandra Tropini, Lorenzo Manghi, Luca Orlando, Tommaso Galli, Marco Pace, Mattia Colombo, Carla Ciampichini ed Enrico Alluvione. Fondamentale è stato anche l'aiuto dei volontari: Vanessa Rael, Pierre-Jean Berthelot, Celia Garbo e Franz Zikesch. Un grazie ai guardiaparco del Parco Naturale delle Alpi Marittime e del Parco Naturale dell'Alta Valle Pesio, in particolare Enzo Piacenza, Mario Dotto, Laura Martinelli e Davide Sigaud. Un grazie anche ai guardiaparco del Parco Nazionale del Mercantour, in particolare Gerard Caratti. I miei ringraziamenti a Francesco Crosetto per il suo aiuto con il GIS e alle Prof.sse Flavia Mascioli e Annamaria Jona Lasino per i suggerimenti durante l'elaborazione dei dati.

Per finire un ringraziamento speciale a tutta la mia famiglia, sui cui posso sempre far affidamento, e alla mia preziosissima Fabiana.

# 1 Introduzione

## 1.1 Il Lupo in Italia e in Piemonte

La persecuzione del lupo (*Canis lupus*) da parte dell'uomo durante il XIX e il XX secolo ha portato alla sua eradicazione in molti dei paesi dell'Europa centro settentrionale. Intorno al 1960 le uniche popolazioni stabilmente insediate ma isolate rimanevano in Spagna, in Italia e nei Balcani (Promberger e Schroder 1993).

In Italia, ampiamente diffuso ancora agli inizi del 900, è stato poi lentamente estirpato per opera dell'uomo, che lo ha perseguitato con l'intento di ridurre le predazioni sul bestiame domestico (Boitani 2003). L'ultimo lupo è stato ucciso sulle Alpi nel 1921 e il minimo storico per la popolazione è stato intorno agli anni 70, quando erano stimati un centinaio d'individui sparsi nelle impervie zone montane del centro e sud Italia (Zimen e Boitani 1975, Ciucci e Boitani 1998).

Nei decenni successivi, la protezione totale della specie dal 1976, la tutela e l'istituzione di nuove aree protette, l'abbandono delle campagne ad opera dell'uomo e la ripresa delle popolazioni d'ungulati selvatici, hanno favorito un generale incremento del lupo e la sua naturale ricolonizzazione della penisola: attualmente sono stimati circa 500 animali (Boitani e Ciucci 1993). Grazie alla sua adattabilità e alla sua capacità di dispersione e colonizzazione (Mech e Boitani 2003), l'areale di distribuzione della specie si è espanso dal centro-sud Italia, verso nord, lungo l'Appennino, fino ai primi avvistamenti sulle Alpi Marittime nel 1992 (Pouille et al. 1997). Negli ultimi dieci anni branchi stabili si sono formati su tutto l'arco alpino del Piemonte (Ricci 2001, Marucco 2001, Bertotto et al. 2001).

Nonostante la biologia della specie e il verificarsi di favorevoli condizioni ecologiche abbiano permesso un aumento della popolazione, i lupi in Italia rimangono costituiti da piccoli branchi soggetti ad un'elevata mortalità dovuta a caccia illegale (Boitani e Ciucci 1993). Inoltre il ritorno del lupo in aree dalle quali era stato assente per più di settanta anni, ha provocato l'insorgere di problematiche economiche e gestionali riguardanti gruppi d'interesse diversi. I cacciatori lamentano la pressione selettiva del lupo sugli ungulati selvatici, e i pastori i danni causati al bestiame domestico (Ciucci e Boitani 1998). Tutto ciò ha messo in luce la necessità di attuare una gestione, capace di realizzare la migliore integrazione possibile tra uomo e lupo, al fine della conservazione della specie e per la salvaguardia degli interessi economici (Boitani 1982, Botani e Ciucci 1993, Corsi et al. 1999, Boitani 2000, Boitani e Ciucci 2001).

In Provincia di Cuneo, i danni causati sugli alpeggi delle Alpi Marittime e del vicino massiccio del Mercantour hanno risvegliato l'interesse per il lupo, dei pastori, dei cacciatori, e

dei gestori delle aree protette. La volontà dei dirigenti politici di proteggere la specie in questione e di prevenire danni al bestiame domestico ha permesso l'attuazione dal 1999 al 2002 di un progetto di ricerca, appoggiato dalla Comunità europea, "Progetto Interreg", e rifinanziato annualmente dalla Regione Piemonte fino ad oggi.

Il mio lavoro è solo una piccola parte di questo progetto di ricerca.

## **1.2 Inquadramento e scopi della ricerca**

Per selezione s'intende l'utilizzo che un animale fa di una risorsa in maniera non proporzionale alla sua disponibilità, o più semplicemente è la scelta delle risorse (Johnson 1980). Per conservare e gestire una specie è essenziale conoscere i suoi bisogni, e per far ciò s'indaga sulle risorse naturalmente selezionate dagli animali, assumendo spesso, che queste siano le più adatte alla loro sopravvivenza (Garshelis 2000).

Differentemente da altre specie, il lupo non è associato ad un ecosistema specifico, ma è un animale estremamente adattabile, capace di abitare molti degli habitat dell'emisfero nord e di nutrirsi delle prede che li abitano (Mech e Boitani 2003). Anche per il lupo però, è importante conoscere la biologia e i parametri di popolazione per programmare dei piani di gestione; questa necessità ha reso indispensabile effettuare studi di selezione dell'habitat e delle prede del lupo.

In letteratura molti dei lavori sulla selezione dell'habitat del lupo sono stati realizzati su scala regionale o nazionale utilizzando dati ricavati dallo studio di un significativo numero di branchi: sono state prese in considerazione le variabili ambientali delle tipologie degli habitat scelti naturalmente dagli animali per poi estrapolare dei modelli da convalidare su aree più vaste (Mladenoff et al. 1995, Mladenoff et al. 1999, Mladenoff e Sickley 1998, Corsi et al. 1998). Tali modelli predittivi, sono quindi utili strumenti di gestione da impiegare nei programmi di conservazione della specie e di salvaguardia degli interessi economici.

Il presente lavoro è invece realizzato su scala locale, investigando sulla selezione dell'habitat in base alle risorse utilizzate e disponibili, in particolare di un unico branco di lupi all'interno del territorio minimo stimato. In Italia studi simili sono stati fatti in Appennino, sempre su un unico branco (Ciucci et al. 1997, Ciucci et al. 2003). Dati ricavati su scala locale e su un unico branco non hanno alcuna funzione predittiva e utilità gestionali su aree più vaste, ma sono esclusivamente descrittivi delle realtà locali.

La scelta di un'adeguata scala di selezione è uno dei punti cruciali in uno studio di selezione. La selezione fatta da un animale dipende dalle caratteristiche fisiche, strutturali e dalla varietà dei tipi di habitat disponibili, e questi fattori cambiano su scale diverse (Porter e



Church 1987, Johnson 1980, McClean 1998), perciò data la natura gerarchica della selezione (Johnson 1980), su scale differenti possono verificarsi processi di selezione differenti (Wiens 1989, Garshelis 2000).

In questo contesto lavori di selezione dell'habitat o delle prede del lupo all'interno del territorio utilizzato non permettono stime e previsioni sulla distribuzione della popolazione su scala regionale o nazionale (Ciucci et al. 2003), però offrono la possibilità di investigare sui fattori biofisici che regolano attività quali lo spostamento, la caccia, la localizzazione del centro d'attività del branco, e da queste dipende a sua volta la sopravvivenza del branco stesso (Huggard 1993b, Huggard 1993c, Kunkel e Pletscher 2001, Ciucci et al. 1997, Ciucci et al. 2003).

La densità delle strade come indice del disturbo antropico (Thiel 1984, Mech e Fritts 1988, Thurber et al. 1994), la copertura vegetale e la profondità della neve (Fuller 1991, Kunkel e Pletscher 2001) nonché altri fattori biofisici, sono stati utilizzati come principali variabili negli studi di selezione dell'habitat e delle prede del lupo. Alcune di queste variabili sono state usate per la creazione di modelli di distribuzione del lupo (Mladenoff et al. 1995, Mladenoff et al. 1999, Mladenoff e Sickley 1998, Corsi et al. 1998), o si sono mostrate correlate con la predazione dei selvatici (Fuller 1991, Kunkel e Pletscher 2001), con i danni ai domestici (Tyler et al. 2003) e con la localizzazione delle tane (Norris 2002, Theuerkauf et al. 2003).

Lo studio di queste variabili è dunque fondamentale sia per programmi di protezione del lupo su ampia scala, sia per provvedimenti gestionali a livello locale.

Considerando quanto detto, per il mio progetto di tesi mi sono occupato della selezione dell'habitat invernale operata dai lupi delle Alpi Liguri. Utilizzando i dati raccolti nei precedenti quattro anni, ho analizzato i percorsi seguiti dai lupi all'interno del loro territorio durante il periodo invernale. Ho preso in esame fattori quali la distanza dalle strade e dai centri abitati, le inclinazioni, l'esposizione, l'altimetria, l'orografia del terreno e la copertura vegetale, per poi investigare come sono selezionati dai lupi durante i loro spostamenti.

In particolare mi sono posto i seguenti obiettivi:

- Identificare le caratteristiche dei percorsi selezionati dai lupi all'interno del territorio utilizzato rispetto alle variabili considerate.

- Evidenziare le possibili differenze nella selezione dei percorsi tra anni e tra branchi diversi.
- Evidenziare le possibili differenze nella selezione dei percorsi tra l'attività di semplice spostamento e l'attività di ricerca delle prede.

## 2 Area di studio

L'area presa in considerazione nel mio studio fa parte della catena delle Alpi Liguri piemontesi, al confine tra Piemonte, Liguria e sud-est della Francia; comprende cinque vallate montane note come Valle Pesio, Val Vermenagna, Valle Ellero, Val Corsaglia, Val Casotto, formate dagli omonimi corsi d'acqua (Figura 1).

L'intera area ha un deciso orientamento sud-nord: questo fattore influenza in misura notevole l'insolazione e di conseguenza la disposizione della vegetazione sui versanti vallivi nonché la permanenza della neve. La conformazione dell'intera area di studio, di circa 800 km quadrati, è piuttosto unitaria, senza rami vallivi laterali rilevanti. Le valli sono lunghe e strette e i rilievi montani hanno quote variabili dagli 800 ai 2651 metri. Quasi tutte le strade che collegano i passi col fondovalle sono chiuse durante l'inverno.

La copertura boschiva è costituita per il 35% circa da foreste di conifere e latifoglie (in prevalenza abeti bianchi, larici e faggi), dal 40% da praterie e pascoli, mentre il restante 25% è costituito da copertura arbustiva e affioramenti rocciosi.

La fauna presenta un'ampia variabilità specifica ed un alto numero d'individui soprattutto fra gli ungulati, come camosci (*Rupicapra rupicapra*), caprioli (*Capreolus capreolus*), cervi (*Cervus elaphus*) e cinghiali (*Sus scrofa*). I maggiori predatori carnivori sono il lupo (*Canis lupus italicus*) e la volpe rossa (*Vulpes vulpes*).

Il clima della zona si avvicina molto al tipo sub-oceanico, con inverni di media durata ma rigidi, stagioni transitorie miti e mediamente lunghe, ed estati fresche con escursione termica poco accentuata. I venti provenienti da nord contribuiscono a rinfrescare la temperatura, mentre le brezze meridionali sono ostacolate dai rilievi alpini.

Le precipitazioni nevose, concentrate in prevalenza nel periodo novembre-aprile, sono abbondanti: questo permette il permanere di una stabile copertura nevosa da dicembre ad aprile e fino a giugno inoltrato alle quote più elevate. Nei periodi invernali più caldi ed in primavera sono frequenti valanghe e slavine, favorite dalla ripidità dei versanti.

Le temperature oscillano tra un minimo di -15°C in inverno (febbraio è il mese più freddo) ed un massimo di circa 20° nei periodi estivi.

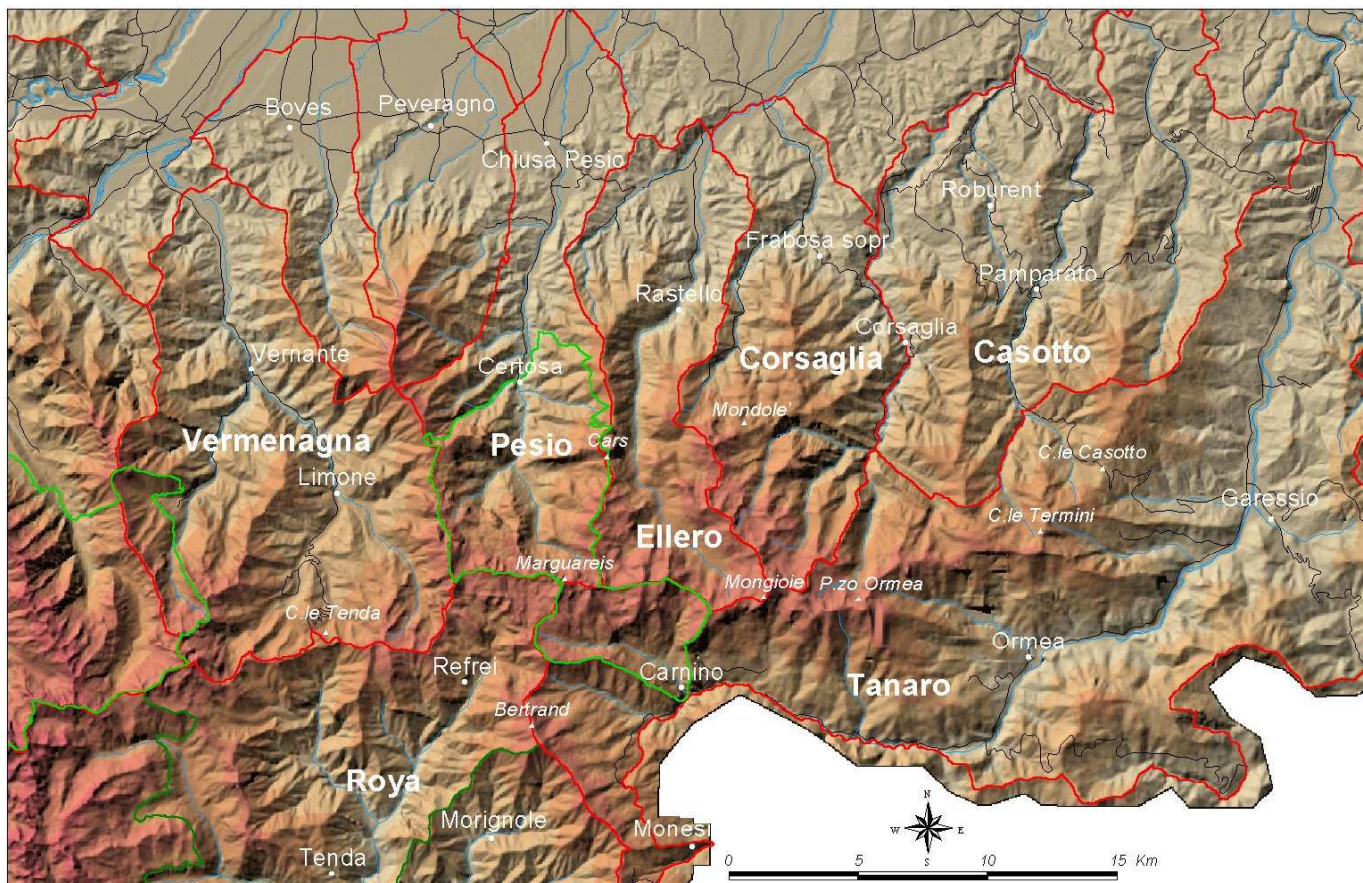


Figura 1. Area di studio

### 3 Metodi

#### 3.1 Raccolta dati

Dal 1999 al 2002, durante il periodo invernale (novembre-aprile) sono stati eseguiti all'interno dell'area di studio percorsi con racchette o sci d'alpinismo alla ricerca delle tracce lasciate dai lupi sulla neve. Lo sforzo di campionamento è stato compiuto utilizzando strade, sentieri, percorsi sci-alpinistici e impianti da sci, sia sul versante italiano sia su quello francese interessato dal branco. Dalle trentasei alle quarantotto ore dopo una nevicata sono state eseguite uscite simultanee di più operatori sull'intera area di studio. Una volta trovate, le tracce sono state seguite il più possibile, per più giorni consecutivi nel tentativo di ricostruire un intero ciclo d'attività degli animali (Ciucci 1994). L'intero percorso seguito dai lupi senza interruzioni è individuato come una tracciatura. Di ogni tracciatura è valutata l'età delle

tracce, in base ai giorni dall'ultima nevicata e alle condizioni della neve, il comportamento generale (spostamento, caccia, gioco) e il numero di individui. Ogni sforzo di campionamento è stato effettuato con l'intento di ottenere un campione il più possibile rappresentativo dell'attività degli animali sull'intera area di studio.

Le singole tracciature sono registrate sulle carte tecniche regionali del Piemonte, in scala 1: 10.000 e successivamente archiviate su GIS (ArcView 3.1).

### **3.2 Scelta dell'unità di campionamento**

Per lo studio di selezione ho confrontato l'area utilizzata dai lupi all'interno del territorio minimo del branco, con l'area disponibile, investigando sulle dinamiche di selezione su scala locale (Johnson 1980). Non essendoci una marcatura individuale degli animali, ho raggruppato i dati di uso e disponibilità a livello di branco, seguendo il design I di Thomas e Taylor (1990). Le modalità di campionamento prevedono la stima delle risorse utilizzate e il censimento di quelle disponibili (Manly 1993).

L'insieme di una o più tracciature lasciate dai lupi con un intervallo minimo di 24h dalla tracciatura successiva, costituisce un'unità di campionamento. Ventiquattro ore sono un lasso di tempo ragionevolmente lungo per aver dati indipendenti, e ragionevolmente corte per poter eventualmente investigare sulla ri-selezione dell'habitat effettuata dal lupo. Ciucci et al. (1997) riferiscono che la distanza percorsa dai lupi dell'Appennino per notte varia dai 17 ai 38 km, abbastanza da attraversare tutto il loro territorio. Ho suddiviso le tracciature sull'intervallo di 24h in maniera conservativa, considerando la data, l'età stimata della traccia, e le date delle nevicatae.

### **3.3 Variabili ambientali**

In questo studio ho esaminato le seguenti variabili ambientali: altitudine, esposizione, inclinazione, copertura vegetale, topografia, distanza dai centri abitati, distanza dalle strade. L'elenco delle variabili e le rispettive categorie, così come suddivise nella fase preliminare di analisi, sono elencate nella tabella 1. Ho scelto le variabili indagando in letteratura i fattori importanti per l'ecologia della specie, in base alle esperienze di campo e alle conoscenze di altri studiosi (Thiel 1984, Mech e Fritts 1988, Fuller 1991, Thurber et al. 1994, Mladenoff et al. 1995, Anderson e Gutzwiller 1996, Corsi et al. 1998, Kunkel e Pletscher 2001, Tyler et al. 2003, Norris 2002, Theuerkauf et al. 2003).

Nella classificazione delle strade ho distinto tra strade principali, normalmente asfaltate ed utilizzate dagli autoveicoli in inverno, e strade secondarie generalmente non accessibili in inverno con gli autoveicoli; in tal modo ho voluto studiare la selezione effettuata dal lupo in relazione al disturbo antropico e alla facilità di spostamento.

Ho considerato come centri abitati gli aggregati urbani stabilmente utilizzati durante tutto l'inverno.

Ho esaminato la topografia del territorio, la copertura vegetale, l'altitudine, l'esposizione e l'inclinazione perché influenzano la distribuzione degli ungulati e la facilità di spostamento (Singleton 1995).

Ho suddiviso la topografia del territorio in fondovalle (300 m a destra e sinistra del corso d'acqua principale), cresta (100 m a destra e sinistra dalla linea spartiacque) e versante (l'area rimanente)

Per ogni variabile ho creato su GIS una mappa tematica utilizzando le carte tecniche digitali della Regione Piemonte. Ho suddiviso l'altitudine e l'inclinazione in categorie scelte in base alla rappresentatività nell'area di studio. Eseguita l'analisi statistica iniziale dei dati, ho rielaborato le variabili, cambiando le classi in modo da rappresentare solamente quelle effettivamente selezionate dal lupo. Poi, utilizzando il software ArcView 3.1 ho sovrapposto più variabili sulla stessa mappa in modo da poterle studiare contemporaneamente. In particolare ho combinato tra loro l'uso del suolo, l'orografia, la distanza dalle strade.

**Tabella 1.** Elenco delle variabili ambientali prese in esame, suddivise in categorie.

<i>Distanza dalle strade</i>	<i>Fasce altimetriche</i>
50m da strada asfaltata (50a)	Da 750m a 1000m (750-1000m)
50m da strada sterrata (50s)	Da 1000m a 1250m (1000-1250m)
200m da strada asfaltata (200a)	Da 1250m a 1500m (1250-1500m)
200m da strada sterrata (200s)	Da 1500m a 1750m (1500-1750m)
500m da strada asfaltata (500a)	Da 1750m a 2000m (1750-2000m)
500m da strada sterrata (500s)	Oltre 2000m (+2000m)
oltre 500m dalle strade asfaltate e sterrate (+500)	

<i>Inclinazioni</i>	<i>Distanza dai centri abitati</i>	<i>Orografia</i>
Da 0° a 20° (0°-20°)	Meno di 200m (0-200m)	Fondovalle
Da 20° a 30° (20°-30°)	Tra 200 e 1000m (200-1000m)	Versante
Oltre 30° (+30°)	Oltre 1000m (+1000m)	Cresta

<i>Esposizione</i>	<i>Uso del suolo</i>
Nord	Latifoglie
Est	Conifere
Sud	Pascoli
Ovest	Rocce

### 3.4 Definizione delle risorse utilizzate e disponibili

Ho suddiviso le tracciature (ripartite secondo la definizione di unità campionaria spiegata precedentemente) per anno, per branco e per comportamento dei lupi durante il tragitto. Il comportamento è stato diviso in ricerca, spostamento e indeterminato. Ho definito tracce di ricerca tutti quei percorsi effettuati dagli animali per cercare il cibo, mentre sono tracce di spostamento i tragitti che l'animale percorre per spostarsi da una zona di caccia ad un'altra. Tale classificazione è assegnata dall'operatore che sul campo segue le tracce, in base al loro andamento, alla loro localizzazione o meno in zone di caccia, alla presenza di predazioni, oppure all'attraversamento di punti di passaggio abitudinari tra valloni adiacenti. Al fine di confrontare le tracce di spostamento con quelle di ricerca, ho classificato come indeterminate quelle tracce non completamente attribuibili ad una delle due classi precedenti.

Per ogni tracciatura ho creato, utilizzando il software ArcView 3.1, un buffer di 50 m a destra e a sinistra. Ho sovrapposto una griglia con celle di 50x50 m all'area di studio, per misurare le variabili ambientali utilizzando la singola cella come unità di misura. Ho quindi calcolato per ogni tracciatura il numero di celle appartenenti ad ogni categoria della variabile ambientale in esame; l'habitat utilizzato è definito come la percentuale delle celle rispetto al totale.

Per ogni anno di studio e per ogni branco è stato individuato il minimo poligono convesso (MCP) utilizzando le localizzazioni estreme delle tracciature. L'area all'interno di questi poligoni è il territorio minimo utilizzato dal branco ed è stato definito come habitat disponibile. Considerando la natura delle variabili prese in esame, la disponibilità può essere ritenuta costante per ogni branco e per anno (Alldrege e Ratti 1992, Arthur 1997)

### 3.5 Elaborazione statistica dei dati

Ho utilizzato per l'analisi statistica i dati di uso e di disponibilità raccolti per ogni variabile ambientale e divisi per branco, per anno e per attività di caccia-spostamento.

Ho applicato l'analisi multivariata della varianza (MANOVA) per testare l'ipotesi nulla di nessuna differenza tra gruppi (tra branchi, tra anni diversi, tra ricerca e spostamento) per la selezione delle categorie dell'habitat. Nel caso di una differenza statisticamente significativa ho analizzato i gruppi singolarmente. I valori delle probabilità riportate nel testo fanno riferimento alla procedura di Wilks (Johnson, D. E. 1998).

Ho testato per ogni variabile l'ipotesi nulla di nessuna differenza tra l'habitat utilizzato dal branco e quello disponibile, cioè se la scelta dei percorsi del lupo all'interno del territorio minimo utilizzato è puramente casuale. In caso di rifiuto dell'ipotesi nulla ho attribuito dei ranghi alle classi di ogni variabile ambientale in ordine crescente di utilizzo.

Per testare tali ipotesi statistiche ho utilizzato la "compositional analysis" (Aebischer et al. 1993). Un insieme di proporzioni la cui somma è uguale ad uno, costituiscono una composizione. Per ogni variabile  $X$  divisibile in  $D$  categorie, la somma  $X_1 + X_2 + \dots + X_D = 1$  (Aitchinson 1986), perciò l'uso della categoria  $X_i$  non è indipendente dalle altre. Alcuni metodi statistici come il test di Friedman, non prendono in esame questo problema di non indipendenza (Alldrege e Ratti 1992). Per trovare una soluzione viene effettuata una trasformazione logaritmica, e utilizzando indifferentemente una delle proporzioni  $X_j$  si calcola il log-ratio  $Y = \ln(X_i/X_j)$  con  $i=1,2,\dots,D$  e  $i \neq j$ . La trasformazione rende i dati linearmente indipendenti e consente l'applicazione di elaborazioni statistiche che richiedono la multinormalità dei dati (Aebischer et al. 1993) (Appendice).

La compositional analysis utilizza la differenza tra il log-ratio (calcolato come spiegato nel precedente paragrafo) della classe utilizzata e il log-ratio della rispettiva classe disponibile per testare l'assenza di differenza nell'uso dell'habitat per tutte le classi simultaneamente. Se l'uso dell'habitat risulta non casuale, il passo successivo è l'ordinamento delle classi in ordine crescente di utilizzo.

Tre assunti sono necessari per l'applicazione della compositional analysis: l'indipendenza spaziale delle unità di campionamento, l'accuratezza dei campioni e la distribuzione multinormale dei residui.

Ogni animale costituisce un'unità indipendente nell'uso dell'habitat all'interno della popolazione (Aebischer et al. 1993). Tale assunto è violato nel caso di animali gregari o territoriali, allora i dati raccolti su più animali sono spazialmente dipendenti (Millspaugh et al.

1998). Avendo scelto come unità di campionamento la singola tracciatura, questa risulta essere rappresentativa dell'attività non del singolo individuo ma dell'intero branco, rispettando pertanto l'assunto.

Il secondo assunto richiede un'uguale accuratezza tra il numero di localizzazioni di animali differenti (Aebischer et al. 1993). Uno dei fattori che influisce sui risultati del metodo statistico applicato è il numero di osservazioni per animale (Alldredge e Ratti 1992). Alldredge e Ratti suggeriscono, anziché pesare i dati in base al numero di osservazioni (ciò amplificherebbe i comportamenti aberranti degli individui più rappresentati), di analizzarli con e senza gli animali con poche osservazioni (Alldredge e Ratti 1992). Per i dati in questione l'accuratezza della traccia è data dalla sua lunghezza: più lunga è la traccia più è rappresentativa dell'habitat utilizzato dal lupo (Singleton 1995). Ho analizzato la distribuzione della lunghezza delle tracciate, e ho utilizzato la mediana per dividere le tracciate tra tracce corte (al di sotto della mediana), e lunghe (sopra la mediana). Applicando la MANOVA alla differenza del rapporto dei logaritmi ho testato se vi fossero differenze tra tracce lunghe e corte nell'habitat sezionato dai lupi.

Il terzo assunto richiede una distribuzione multivariata normale dei residui. Per testare tale distribuzione ho utilizzato il "Mahalanobis squared-distance test":

$$D^2 = (X_i - m)' S^{-1} (X_i - m).$$

$X_i$  è il vettore delle osservazioni;  $m$  è il vettore medio delle osservazioni;  $S$  è la matrice della covarianza. Per dati  $n$ -normali, i valori ottenuti si avvicinano ad una distribuzione  $\chi^2$  con  $n$  gradi di libertà. Ho utilizzato il test Kolmogorov-Smirnov per verificarne la distribuzione (Morrison 1990, Everitt e Dunn 1992, Johnson 1998, Sokal e Rohlf 2000).

Date le proprietà dei logaritmi, l'applicazione della compositional analysis richiede che ogni animale utilizzi tutti gli habitat disponibili. Nei miei dati alcune categorie pur se disponibili sono risultate non utilizzate. Per ovviare al problema del valore mancante (Aebischer et al. 1993), ho accorpato tra loro alcune categorie della stessa variabile; nel caso in cui tale accorpamento non è stato sufficiente ho assegnato alle categorie non utilizzate i valori crescenti di 0.001%, 0.01% e 0.1%, assumendo che l'utilizzo della categoria con il dato nullo fosse tanto piccolo da non poter essere rilevato con lo sforzo di campionamento applicato (Aebischer et al. 1993).

Ho computato i calcoli con: Minitab, Matlab 5.0 e il software Resource Selection (Fred Leban, 1998).



## 4 Risultati

Nell'inverno 1999 sono state seguite 138 km di tracce del branco della Valle Pesio, 252 km nel 2000 e 270 km nel 2001. Nel 2002 oltre ai 126 km del branco della Valle Pesio, sono state seguite 64 km di tracce del neoformato branco della Val Casotto. In totale le tracce lasciate dai lupi sono state seguite per 850 km. Sono state registrate un totale di 131 tracciature suddivise in 109 unità di campionamento. I territori minimi utilizzati dai lupi sono di 106 km<sup>2</sup> per il primo anno, 200 km<sup>2</sup> per il 2000 e 316 km<sup>2</sup> per il 2001; per il 2002 i territori minimi utilizzati dai branchi della Val Pesio e della Val Casotto sono stati rispettivamente di 164 km<sup>2</sup> e 34 km<sup>2</sup> (Figura 2, 3, 4 e 5; tabella 2). Degli 850 km di tracce seguite, 323 km sono stati classificati come attività di ricerca, 435 km come spostamento. Sono state esaminate 40 unità di campionamento per l'attività di caccia e 57 per lo spostamento.

D'anno in anno e all'interno della stessa stagione invernale il numero di lupi per branco varia dagli otto ai quattro individui.

**Tabella 2.** Chilometri di tracce seguite, numero delle unità di campionamento e dimensione dei territori minimi utilizzati, registrati per anno e per branco.

Branco	anno	Tracce seguite (km)	Numero unità campionarie (n)	Dimensione del territorio minimo (Km <sup>2</sup> )
Val Pesio	1999	138	19	106
Val Pesio	2000	252	24	200
Val Pesio	2001	270	33	316
Val Pesio	2002	126	21	164
Val Casotto	2002	64	12	34

La lunghezza delle tracce delle 109 unità di campionamento varia da un minimo di 1 km ad un massimo di 31 km. La mediana ha un valore di 5.7 km. Ho identificato 54 tracce corte tra 1 e 5.7 km e 55 tracce lunghe tra 5.7 e 31 km. Utilizzando la MANOVA ho verificato che per ogni classe delle sette variabili esaminate, non c'è nessuna differenza statisticamente significativa nella selezione dell'habitat effettuata dai lupi fra tracciature lunghe e corte (Tabella 3).

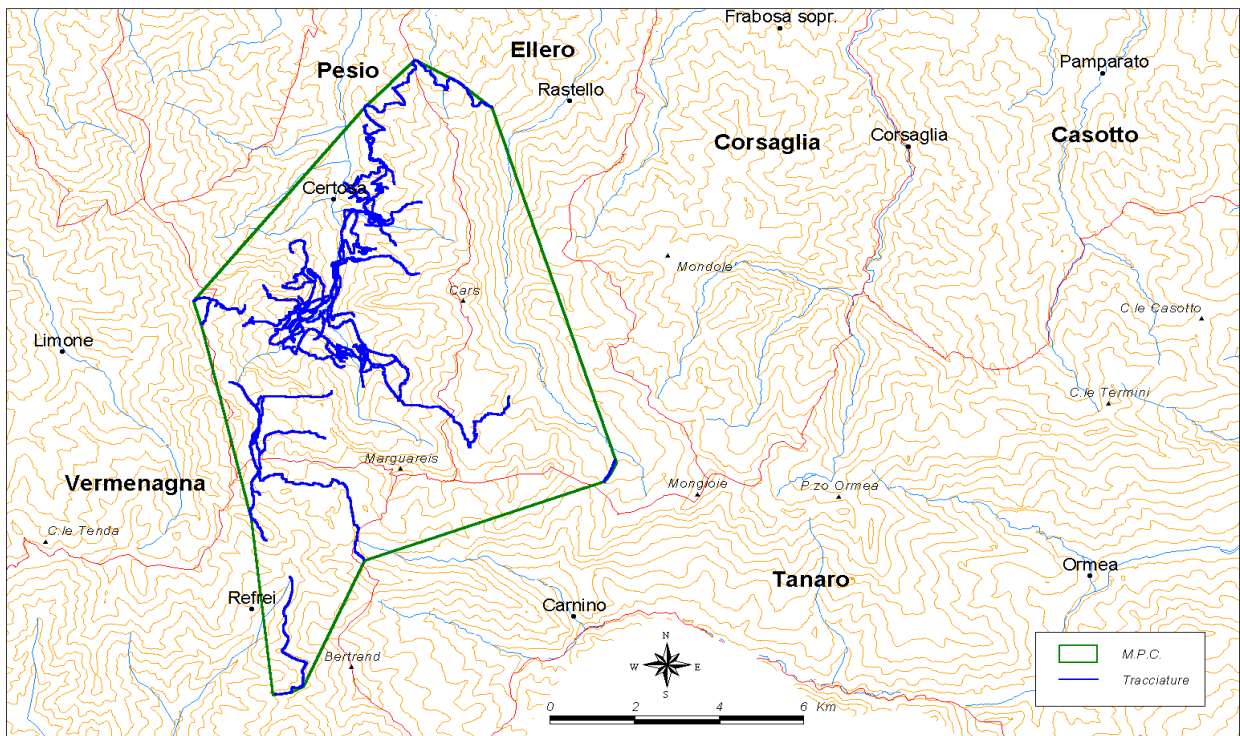


Figura 2. Territorio minimo e tracciate su neve del branco della Val Pesio nell'inverno 1999-2000.

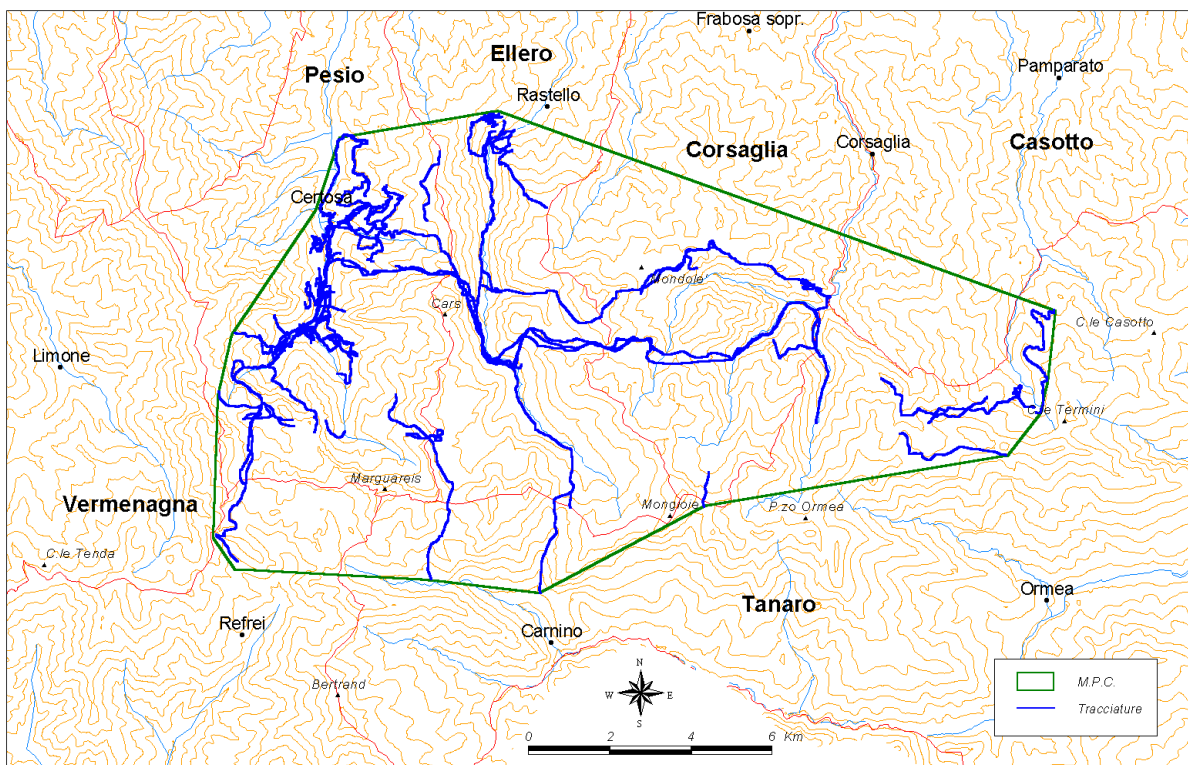


Figura 3. Territorio minimo e tracciate su neve del branco della Val Pesio nell'inverno 2000-2001.

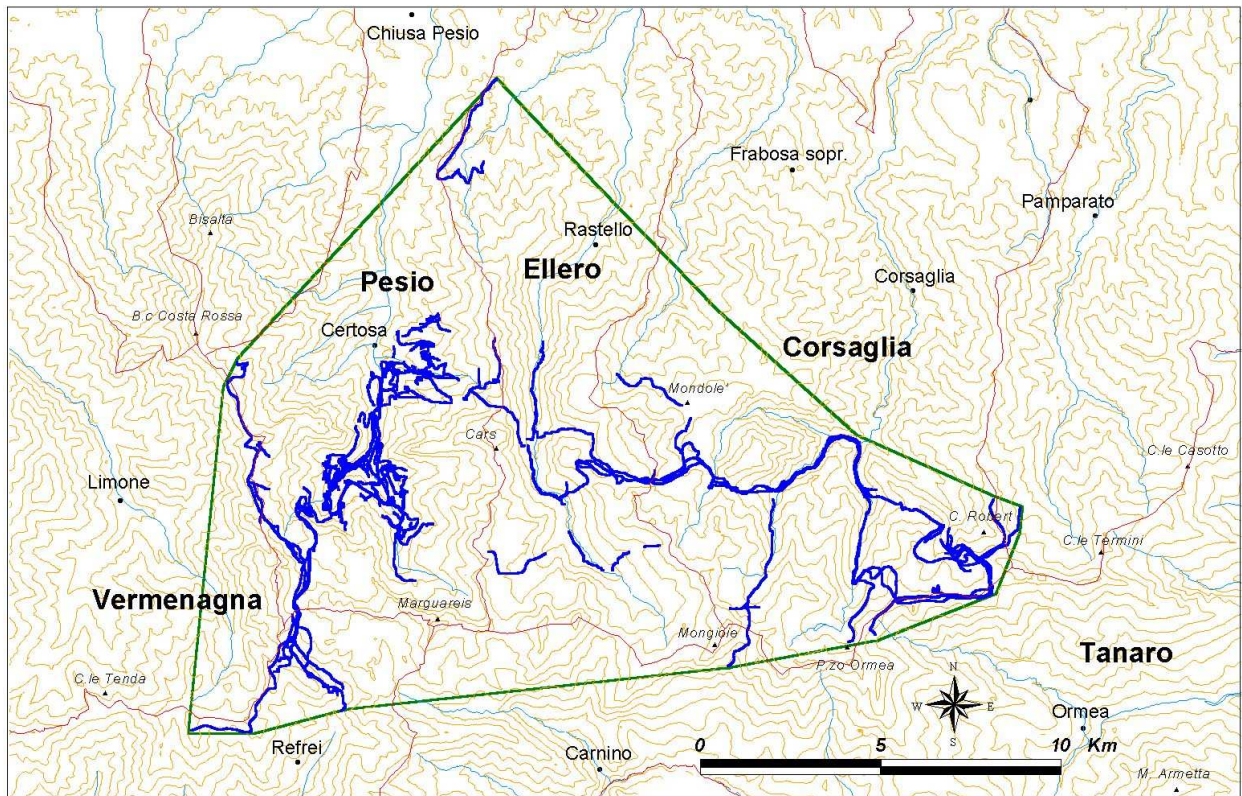


Figura 4. Territorio minimo e tracciate su neve del branco della Val Pesio nell'inverno 2001-2002.

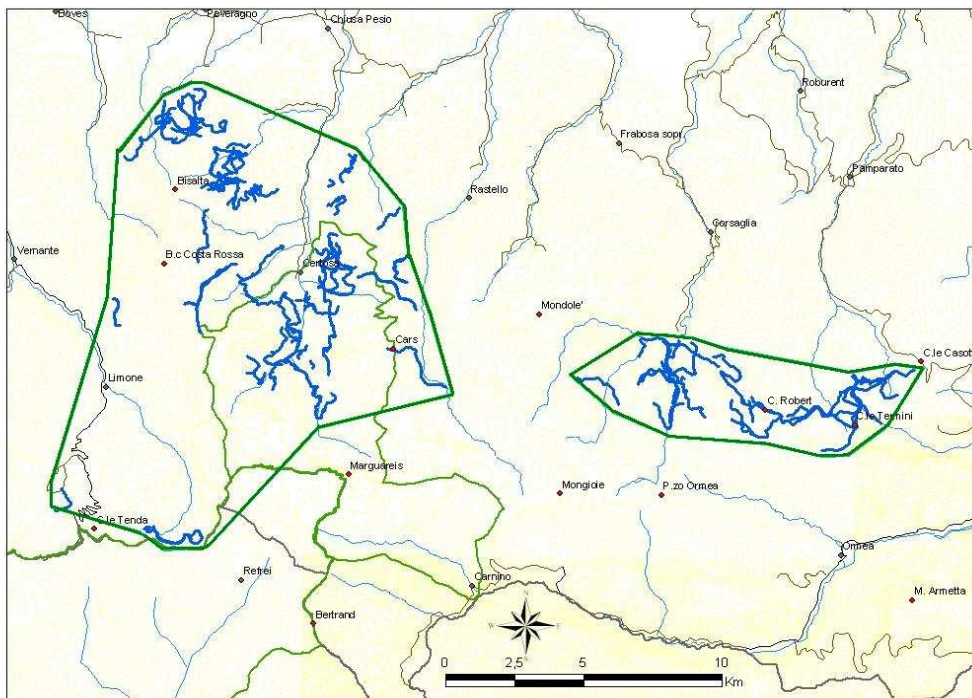


Figura 5. Territorio minimo e tracciate su neve dei rami della Val Pesio e della Val Casotto nell'inverno 2002-2003.

**Tabella 3.** Differenza fra tracce corte e lunghe. E' testata l'ipotesi nulla di nessuna differenza fra tracce corte e lunghe sulla matrice della differenza del rapporto dei logaritmi. In tabella sono presentati i livelli di significatività dei test per ogni variabile (Tracce lunghe n=55, tracce corto n=54).

	Altitudine	Esposizione	Inclinazioni	Uso del suolo	Orografia	Distanza dalle strade	Distanza dagli edifici
P	0.069	0.139	0.306	0.747	0.972	0.167	0.214

Eccetto la variabile altitudine, nessuno dei vettori della differenza dei logaritmi ha una distribuzione multinormale. Va comunque sottolineato che il mancato verificarsi di quest'assunto influisce esclusivamente sul livello di significatività, e non sulla creazione del modello o sui calcoli statistici (Aebischer et al. 1993). Pertanto, nell'applicazione dei test ho considerato un livello di significatività dello 0.01, facendo delle osservazioni più conservative. Si noti che tale livello di significatività è puramente indicativo.

Riguardo al problema del valore mancante ho assegnato alle categorie non utilizzate i valori crescenti di 0.001%, 0.01% e 0.1%. Per le variabili esaminate i risultati ottenuti si sono mostrati robusti rispetto al valore sostituito allo zero (Aebischer et al. 1993).

#### **4.1 Studio delle singole variabili ambientali**

Per tutte le variabili ambientali esaminate non c'è differenza tra anni e tra branchi nella selezione dei percorsi; solo per la variabile "Uso del suolo" c'è una differenza significativa tra branchi (P=0.020). Le variabili "Altitudine" (P<0.001), "Uso del suolo" (P<0.001) e "Distanza dagli edifici" (P=0.001), sono selezionate in modo diverso durante l'attività di ricerca e di spostamento (tabella 4).

Per tutte le variabili ambientali esaminate c'è una differenza significativa tra uso e disponibilità, in altre parole i percorsi dei lupi all'interno del territorio minimo utilizzato sono selezionati in modo non casuale (tabella 5). Le classi in cui è suddivisa ogni variabile sono ordinate in maniera crescente d'utilizzo, così come mostrato in tabella 6.

**Tabella 4.** Differenza tra gruppi. Per ogni variabile è testata l'ipotesi nulla di nessuna differenza nella selezione dei percorsi tra anni, branchi e attività di ricerca e spostamento. In ogni cella è riportato il livello di significatività dei test.

n=109	Altitudine	Esposizione	Inclinazioni	Uso del suolo	Orografia	Distanza dalle strade	Distanza dagli edifici
anni	0.139	0.045	0.020	0.016	0.377	0.139	0.029
branchi	0.027	0.047	0.020	0.002	0.318	0.027	/
Ricerca e spostamento	<0.001	0.051	0.041	<0.001	0.079	<0.001	0.001

**Tabella 5.** Differenza tra uso e disponibilità. Utilizzando la compositional analysis è testata contemporaneamente su tutte le classi l'ipotesi nulla di nessuna differenza tra le categorie di habitat utilizzate e disponibili. In tabella sono presentati i risultati dei test.

		n	$\Lambda$	$\chi^2$	g.l.	P
Altitudine	tutte tracce	109	0.74	32.58	5	<0.001
	ricerca	40	0.30	48.49	5	<0.001
	spostamento	57	0.78	13.93	5	0.016
Esposizione	tutte tracce	109	0.84	19.41	3	<0.001
Inclinazioni	tutte tracce	109	0.83	20.27	2	<0.001
Uso del suolo	Pesio	97	0.73	30.46	3	<0.001
	Casotto	12	0.17	20.17	3	<0.001
	ricerca	40	0.43	33.87	3	<0.001
	spostamento	57	0.67	22.37	3	<0.001
Orografia	tutte tracce	109	0.84	18.44	2	<0.001
Distanza dalle strade	tutte tracce	109	0.66	44.37	6	<0.001
	ricerca	40	0.30	47.79	6	<0.001
	spostamento	57	0.54	34.91	6	<0.001
Distanza dai centri abitati	tutte tracce	109	0.55	56.97	1	<0.001
	ricerca	40	0.37	56.80	1	<0.001
	spostamento	57	0.80	8.73	1	<0.001

**Tabella 6.** Ranghi delle categorie di ogni variabile. Utilizzando la compositional analysis viene testata l'ipotesi nulla di nessuna differenza tra le categorie di habitat utilizzate e disponibili (tabella 5); quando questa ultima ipotesi viene rifiutata le classi vengono disposte in ordine crescente di utilizzo, come di seguito elencato in tabella. Il simbolo > indica una differenza tra ranghi con una probabilità maggiore dello 0.05; il simbolo >> indica una differenza tra ranghi con una probabilità compresa tra 0.05 e 0.01; il simbolo >>> indica una differenza tra ranghi con una probabilità minore dello 0.01.

*Distanza dai centri abitati*

Tutte tracce	+1000m	>>>	0-1000m	
Ricerca (n=40)	+1000m	>>>	0-1000m	(p=0.004)
Spostamento (n=57)	+1000m	>>>	0-1000m	(p<0.001)

*Altitudine*

Tutte tracce	1000-1250m	>	1250-1500m	>	750-1000m	>	1500-1750m	>	1750-2000m	>>>	+2000m
Ricerca (n=40)	1000-1250m	>>	1250-1500m	>	750-1000m	>>>	1500-1750m	>>	1750-2000m	>>>	+2000m

*Esposizione*

Est > Sud > Nord > Ovest

*Inclinazioni*

0°-20° >>> 20°-30° >>> +30°

*Orografia*

fondovalle >>> versante >> cresta

## Tabella 6 (continua).

### *Distanza dalle strade*

---

Tutte tracce	50s >> 200s > 500s > +500 >>> 50a > 200a > 500a
Ricerca (n=40)	50s >>> 200s >>> 500s >>> +500 >>> 500a > 200a > 50a
Spostamento (n=57) *	+500 > 50s > 200s > 500s > 50a >> 200a > 500a

---

### *Uso del suolo*

---

Branco della Val Pesio (n=97)	Prati > latifoglie >> conifere >> rocce
Branco della Val Casotto (n=12)	Prati > latifoglie > rocce >>> conifere
Ricerca (n=40)	Latifoglie >> conifere > prati >>> rocce
Spostamento (n=57)	Prati >>> rocce > latifoglie > conifere

---

\*La classe +500 è significativamente più selezionata rispetto alle classi 50a (P<0.001), 200a ((P<0.001) e 500a ((P<0.001).

## Distanza dai centri abitati.

Il branco della Val Casotto ha un territorio che rientra interamente nella categoria più distante di 1000 m dai centri abitati; essendo uso e disponibilità uguali l'ho escluso dall'analisi. Nelle tracciate esaminate soltanto in sei casi è verificato l'utilizzo della categoria fino a 200 m dai centri abitati; per tanto ho accorpato la categoria fino a 200 m con la categoria dai 200 ai 1000 m. L'analisi è stata quindi effettuata su 97 unità di campionamento riferite al branco della Valle Pesio rispetto a due categorie: fino a 1000 m (0-1000m) e oltre i 1000 m.

Rispetto alla distanza dai centri abitati, i percorsi sono selezionati dai lupi all'interno del territorio in modo non casuale ( $\Lambda=0.55$ ;  $\chi^2=56.97$ ; g.l.=1; P<0.001). Non c'è nessuna differenza statisticamente significativa tra anni (P=0.029), mentre esiste tra attività di ricerca e spostamento (P=0.001). Sia per l'attività di ricerca che di spostamento è selezionata maggiormente la categoria oltre i 1000m, anche se con un diverso livello di significatività (ricerca: n=40, P=0.004; spostamento: n=57, P<0.001). In generale quindi i percorsi scelti dai lupi evitano i centri abitati.

## Altitudine

Le classi altitudinali utilizzate dai lupi sono differenti da quelle disponibili ( $\Lambda=0.74$ ;  $\chi^2=32.58$ ; g.l.=5;  $P<0.001$ ); in particolare sono significativamente evitate le fasce oltre i 2000m ( $P=0.001$ ). Non c'è nessuna differenza statisticamente significativa tra anni ( $P=0.139$ ) e tra branchi ( $P=0.027$ ) nella selezione dei percorsi. L'attività di ricerca e spostamento differiscono invece in modo molto significativo ( $P<0.001$ ); nell'attività di spostamento i lupi utilizzano indifferentemente tutte le fasce altitudinali ( $n=57$ ,  $P=0.016$ ), mentre si mantengono al di sotto dei 1500m durante la caccia ( $n=40$ ;  $P=0.003$ ).

## Esposizione

Nella selezione dei percorsi non c'è nessuna differenza tra anni ( $P=0.045$ ), branchi ( $P=0.047$ ) e attività di ricerca e spostamento ( $P=0.051$ ). L'utilizzo dei versanti differisce significativamente dalla disponibilità ( $\Lambda=0.84$ ;  $\chi^2=19.41$ ; g.l.=3;  $P<0.001$ ). I versanti esposti ad est risultano più selezionati rispetto ai versanti esposti nord ( $P=0.008$ ) e ad ovest ( $P=0.001$ ).

## Inclinazioni

I percorsi dei lupi all'interno del territorio minimo utilizzato sono selezionati in modo non casuale rispetto alle inclinazioni ( $\Lambda=0.83$ ;  $\chi^2=20.27$ ; g.l.=2;  $P=0.002$ ). I lupi preferiscono muoversi su pendenze più lievi ( $P=0.000$ ), evitando i versanti più ripidi ( $P<0.001$ ). Non c'è nessuna differenza nella selezione delle inclinazioni per anni ( $P=0.020$ ), branchi ( $P=0.020$ ) e attività di ricerca e spostamento ( $P=0.041$ ).

## Orografia

I percorsi seguiti dai lupi non selezionano il fondovalle, i versanti o la cresta in maniera diversa negli anni ( $P=0.377$ ), tra branchi ( $P=0.318$ ) o rispetto all'attività di ricerca e spostamento ( $P=0.079$ ). C'è una differenza significativa delle categorie utilizzate rispetto a quelle disponibili ( $\Lambda=0.84$ ;  $\chi^2=18.44$ ; g.l.=2;  $P<0.001$ ). Gli animali preferiscono muoversi nel fondovalle rispetto ai versanti delle montagne ( $P<0.001$ ) e alla cresta ( $P=0.005$ ).

## Distanza dalle strade

Rispetto alla distanza dalle strade non c'è nessuna differenza nella selezione tra anni ( $P=0.029$ ) e tra branchi ( $P=0.021$ ). I lupi sembrano preferire percorsi nelle vicinanze di strade sterrate ( $P=0.014$ ) ed evitano, invece, le strade asfaltate ( $P<0.001$ ). C'è differenza fra tracce di



ricerca e di spostamento ( $P=0.001$ ). I lupi selezionano le zone limitrofe alle sterrate durante le fasi di ricerca e caccia, mentre non mostrano tale selezione durante le fasi di spostamento; comunque in entrambe le attività evitano le strade asfaltate (tabella 6).

## Uso del suolo

Non c'è differenza tra anni per la selezione dei percorsi ( $P=0.016$ ). C'è invece una differenza significativa tra branchi ( $P=0.002$ ) e tra tracce di ricerca e di spostamento ( $P<0.001$ ). Per il branco della Val Pesio ( $n=97$ ) sono selezionati i prati e boschi di latifoglie rispetto ai boschi di conifere ( $P=0.020$ ) e alle zone rocciose ( $P<0.001$ ). Per il branco della Val Casotto ( $n=12$ ) sono selezionati negativamente i boschi di conifere ( $P=0.004$ ). Le fasi di ricerca e caccia si svolgono nei boschi di latifoglie ( $P=0.020$ ) e di conifere ( $P=0.020$ ), mentre durante gli spostamenti i lupi selezionano in modo significativo spazi più aperti come i pascoli ( $P=0.001$ ).

### 4.2 Studio simultaneo di più variabili ambientali

Ho sovrapposto tra loro le variabili “Uso del suolo”, “Orografia” e “Distanza dalle strade” come mostrato in tabella 7. Nella selezione dei percorsi, non c'è differenza tra anni. Per la variabile uso del suolo-orografia c'è differenza tra branchi ( $P=0.010$ ). Per tutte e tre le nuove variabili i lupi selezionano i percorsi in modo diverso tra ricerca e spostamento (tabella 8). Per le tre variabili è rifiutata l'ipotesi nulla di nessuna differenza tra uso e disponibilità (tabella 9); i ranghi d'utilizzo crescente delle classi sono mostrati in tabella 10.

**Tabella 7.** Elenco delle variabili ambientali composte, suddivise in categorie.

<i>Uso del suolo X Orografia</i>	
1. latifoglie nel fondovalle	(LF)
2. latifoglie nel versante e in cresta	(LVC)
3. conifere nel fondovalle	(CF)
4. conifere nel versante e in cresta	(CVC)
5. pascoli nel fondovalle	(PF)
6. pascoli nel versante e in cresta	(PVC)
7. rocce nel fondovalle	(RF)
8. rocce nel versante e in cresta	(RVC)

**Tabella 7 (continua).**

<i><b>Distanza dalle strade X Uso del suolo</b></i>	
1. latifoglie distanti fino a 500m dalle strade asfaltate	(L500a)
2. latifoglie distanti fino a 50m dalle strade sterrate	(L50s)
3. latifoglie rimanenti	(Lr)
4. conifere distanti fino a 500m dalle strade asfaltate	*
5. conifere distanti fino a 50m dalle strade sterrate	(C50s)
6. conifere rimanenti	(Cr)
7. pascoli distanti fino a 500m dalle strade asfaltate	(P500a)
8. pascoli distanti fino a 50m dalle strade sterrate	(P50s)
9. pascoli rimanenti	(Pr)
10. rocce distanti fino a 500m dalle strade asfaltate	(R500a)
11. rocce distanti fino a 50m dalle strade sterrate	*
12. rocce rimanenti	(Rr)

<i><b>Distanza dalle strade X Orografia</b></i>	
1. Fino a 500m dalle strade asfaltate nel fondovalle	(500aF)
2. Oltre 500m da strade asfaltate e sterrate nel fondovalle	(+500F)
3. Fino a 50m dalle strade sterrate nel fondovalle	(50sF)
4. Fino a 200m dalle strade sterrate nel fondovalle	(200sF)
5. Fino a 500m dalle strade sterrate nel fondovalle	(500sF)
6. Fino a 500m dalle strade asfaltate nel versante e in cresta	(500aVC)
7. Oltre 500m da strade asfaltate e sterrate nel versante e in cresta	(+500aVC)
8. Fino a 50m dalle strade sterrate nel versante e in cresta	(50sVC)
9. Fino a 200m dalle strade sterrate nel versante e in cresta	(200sVC)
10. Fino a 500m dalle strade sterrate nel versante e in cresta	(500sVC)

\*Le classi: conifere fino a 500m da strade asfaltate e rocce fino a 50m dalle strade sterrate, costituiscono meno dell'1% del totale della disponibilità, e non sono utilizzate nei percorsi seguiti dai lupi; perciò sono state rispettivamente accorpate con le classi Cr e Rr.

**Tabella 8.** Differenza tra gruppi per le variabili ambientali composte. Per ogni variabile è testata l'ipotesi nulla di nessuna differenza nella selezione dei percorsi tra anni, branchi e attività di ricerca e spostamento. In ogni cella è riportato il livello di significatività dei test.

n=109	Uso del suolo X	Distanza dalle strade	Distanza dalle strade
	Orografia	X Orografia	X Uso del suolo
anni	0.032	0.230	0.012
branchi	0.001	0.420	0.103
ricerca spostamento	<0.001	<0.001	<0.001

**Tabella 9.** Differenza tra uso e disponibilità per le variabili ambientali composte. Utilizzando la compositional analysis è testata contemporaneamente su tutte le classi l'ipotesi nulla di nessuna differenza tra le categorie di habitat utilizzate e disponibili. In tabella sono presentati i risultati dei test.

		n	$\Lambda$	$\chi^2$	g.l.	P
Uso del suolo X	Pesio	97	0.44	79.40	7	<0.001
Orografia	Casotto	12	0.03	41.86	7	<0.001
	ricerca	40	0.25	55.05	7	<0.001
	spostamento	57	0.43	47.59	7	<0.001
Distanza dalle strade X	tutte tracce	109	0.56	63.83	9	<0.001
	ricerca	40	0.26	54.22	9	<0.001
Orografia	spostamento	57	0.54	69.02	9	<0.001
Distanza dalle strade X	tutte tracce	109	0.42	92.71	9	<0.001
	ricerca	40	0.17	70.78	9	<0.001
Uso del suolo	spostamento	57	0.43	48.64	9	<0.001

**Tabella 10.** Matrici dei ranghi. Ogni singola classe di una variabile è confrontata con le altre tramite un t-test: l'ipotesi nulla è di nessuna differenza. Il simbolo 1 indica una differenza con una probabilità maggiore dello 0.05; il simbolo 2 indica una differenza con una probabilità compresa tra 0.05 e 0.01; il simbolo 3 indica una differenza con una probabilità minore dello 0.01. I valori in cornice, identificano per righe e per colonne gruppi di categorie significativamente differenti tra loro.

## Uso del suolo X Orografia

Branco della Val Pesio (n=97).

Habitat	LF	PF	CF	PVC	LVC	CVC	RF	RVC	Ranghi
LF		1	3	1	3	3	3	3	(7)
PF	-1		1	1	2	3	3	3	(6)
CF	-3	-1		1	2	3	3	3	(5)
PVC	-1	-1	-1		1	2	3	3	(4)
LVC	-3	-2	-2	-1		1	1	1	(3)
CVC	-3	-3	-3	-2	-1		1	1	(2)
RF	-3	-3	-3	-3	-1	-1		1	(1)
RVC	-3	-3	-3	-3	-1	-1	-1		(0)

Branco della Val Casotto (n=12).

Habitat	PF	LF	PVC	RF	RVC	CVC	CF	LVC	Ranghi
PF		1	1	2	3	3	3	3	(7)
LF	-1		1	1	1	3	3	3	(6)
PVC	-1	-1		1	2	3	2	2	(5)
RF	-2	-1	-1		1	2	3	2	(4)
RVC	-3	-1	-2	-1		1	1	1	(3)
CVC	-3	-3	-3	-2	-1		1	1	(2)
CF	-3	-3	-2	-3	-1	-1		1	(1)
LVC	-3	-3	-2	-2	-1	-1	-1		(0)

**Tabella 10 (continua).**

Ricerca (n=40)

Habitat	LF	CF	LVC	PF	CVC	PVC	RF	RVC	Ranghi
LF		3	3	3	3	3	3	3	(7)
CF	-3		1	2	3	3	3	3	(6)
LVC	-3	-1		1	2	3	3	3	(5)
PF	-3	-2	-1		1	1	3	3	(4)
CVC	-3	-3	-2	-1		1	2	2	(3)
PVC	-3	-3	-3	-1	-1		1	1	(2)
RF	-3	-3	-3	-3	-2	-1		1	(1)
RVC	-3	-3	-3	-3	-2	-1	-1		(0)

Spostamento (n=57)

Habitat	PF	PVC	RF	LF	RVC	CF	CVC	LVC	Ranghi
PF		1	3	3	3	3	3	3	(7)
PVC	-1		1	2	3	2	3	3	(6)
RF	-3	-1		1	1	1	2	3	(5)
LF	-3	-2	-1		1	1	2	3	(4)
RVC	-3	-3	-1	-1		1	1	3	(3)
CF	-3	-2	-1	-1	-1		1	3	(2)
CVC	-3	-3	-2	-2	-1	-1		3	(1)
LVC	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3		(0)

Distanza dalle strade X Orografia

Tutte le tracce (n=109)

Habitat	50sF	200sF	500sF	+500F	+500VC	50sVC	200sVC	500sVC	500aF	500aVC	Ranghi
50sF		3	3	3	3	3	3	3	3	3	(9)
200sF	-3		2	3	2	3	3	3	3	3	(8)
500sF	-3	-2		1	1	3	3	3	3	3	(7)
+500VC	-3	-3	-2		1	1	1	1	2	3	(6)
+500VC	-3	-1	-1	-1		1	1	1	1	3	(5)
50sVC	-3	-3	-3	-1	-1		1	1	1	3	(4)
200sVC	-3	-3	-3	-1	-1	-1		1	1	2	(3)
500sVC	-3	-3	-3	-1	-1	-1	-1		1	2	(2)
500aF	-3	-3	-3	-2	-1	-1	-1	-1		3	(1)
500aVC	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-3		(0)

**Tabella 10 (continua).**

Ricerca (n=40)

Habitat	50sF	200sF	500sF	50sVC	200sVC	500sVC	+500F	500aF	+500VC	500aVC	Ranghi
50sF		3	3	3	3	3	3	3	3	3	(9)
200sF	-3		3	3	3	3	3	3	3	3	(8)
500sF	-3	-3		2	3	3	3	3	3	3	(7)
50sVC	-3	-3	-2		1	1	1	1	2	3	(6)
200sVC	-3	-3	-3	-1		1	1	1	1	3	(5)
500sVC	-3	-3	-3	-1	-1		1	1	1	3	(4)
+500F	-3	-3	-3	-1	-1	-1		1	1	3	(3)
500aF	-3	-3	-3	-1	-1	-1	-1		1	1	(2)
+500VC	-3	-3	-3	-2	-1	-1	-1	-1		1	(1)
500aVC	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-1	-1		(0)

Spostamento (n=57)

Habitat	+500VC	+500F	50sF	200sF	500sF	500aF	50sVC	200sVC	500sVC	500aVC	Ranghi
+500VC		1	1	1	1	2	3	3	3	3	(9)
+500F	-1		1	1	1	1	2	3	3	3	(8)
50sF	-1	-1		2	2	1	3	3	3	3	(7)
200sF	-1	-1	-2		1	1	2	2	3	3	(6)
500sF	-1	-1	-2	-1		1	1	1	1	2	(5)
500aF	-2	-1	-1	-1	-1		1	1	1	2	(4)
50sVC	-3	-2	-3	-2	-1	-1		1	1	1	(3)
200sVC	-3	-3	-3	-2	-1	-1	-1		1	1	(2)
500sVC	-3	-3	-3	-3	-1	-1	-1	-1		1	(1)
500aVC	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-1	-1	-1		(0)

**Tabella 10 (continua).**

**Distanza dalle strade X Uso del suolo**

Tutte le tracce (n=109)

Habitat	L50s	Pr	C50s	Lr	Cr	P50s	P500a	Rr	L500a	R500a	Ranghi
L50s		1	1	1	3	3	3	3	3	3	(9)
Pr	-1		1	1	3	3	3	3	3	3	(8)
C50s	-1	-1		1	3	2	3	3	3	3	(7)
Lr	-1	-1	-1		3	2	3	3	3	3	(6)
Cr	-3	-3	-3	-3		1	1	2	3	3	(5)
P50s	-3	-3	-2	-2	-1		1	2	3	3	(4)
P500a	-3	-3	-3	-3	-1	-1		1	1	1	(3)
Rr	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-1		1	1	(2)
L500a	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-1	-1		1	(1)
R500a	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-1	-1	-1		(0)

Ricerca (n=40)

Habitat	L50s	Lr	C50s	Cr	Pr	P50s	L500a	P500a	R500a	Rr	Ranghi
L50s		1	2	3	3	3	3	3	3	3	(9)
Lr	-1		1	2	3	3	3	3	3	3	(8)
C50s	-2	-1		3	2	3	3	3	3	3	(7)
Cr	-3	-2	-3		1	1	3	3	3	3	(6)
Pr	-3	-3	-2	-1		1	2	3	3	3	(5)
P50s	-3	-3	-3	-1	-1		1	3	3	2	(4)
L500a	-3	-3	-3	-3	-2	-1		1	2	2	(3)
P500a	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-1		1	1	(2)
R500a	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-1		1	(1)
Rr	-3	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-1	-1		(0)

**Tabella 10 (continua).**

Spostamento (n=57)

Habitat	Pr	C50s	P50s	P500a	Rr	L50s	Lr	Cr	R500a	L500a	Ranghi
Pr		3	3	3	3	3	3	3	3	3	(9)
C50s	-3		1	1	1	1	1	1	1	3	(8)
P50s	-3	-1		1	1	1	1	1	1	3	(7)
P500a	-3	-1	-1		1	1	1	1	1	3	(6)
Rr	-3	-1	-1	-1		1	1	1	1	2	(5)
L50s	-3	-1	-1	-1	-1		1	1	1	3	(4)
Lr	-3	-1	-1	-1	-1	-1		1	1	3	(3)
Cr	-3	-1	-1	-1	-1	-1	-1		1	2	(2)
R500a	-3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		2	(1)
L500a	-3	-3	-3	-3	-2	-3	-3	-2	-2		(0)

**Uso del suolo X Orografia**

Il branco della Val Pesio seleziona il fondovalle indipendentemente dalla copertura vegetale ed evita in generale le zone rocciose. Anche per il branco della Val Casotto i lupi selezionano percorsi di fondovalle, ma mostrano di evitare in generale i boschi di conifere (tabella 10).

Nell'attività di ricerca entrambe i branchi selezionano i boschi, conifere o latifoglie, del fondovalle mentre evitano in generale i versanti e le creste. Diversamente, nelle fasi di spostamento, utilizzano, indipendentemente dall'orografia, spazi più aperti: i pascoli, che sono selezionati positivamente rispetto alle altre categorie (tabella 10).

***Distanza dalle strade X Orografia***

Indipendentemente dalla posizione orografica le strade asfaltate sono selezionate negativamente rispetto alle altre categorie ( $P < 0.01$ ), sia durante l'attività di ricerca ( $P < 0.01$ ) che di spostamento (per 500aVC,  $P < 0.01$ ).

Le sterrate sono selezionate solo nel fondovalle, anche durante l'attività di ricerca, mentre sono meno selezionate nei percorsi in cresta e nei versanti ( $P < 0.01$ ).

(Tabella 10).



## ***Distanza dalle strade X Uso del suolo***

Sono selezionate dai lupi le strade sterrate (fino a 50 m) nei boschi di latifoglie e conifere, mentre sono evitate le strade asfaltate (fino a 500 m) e le zone rocciose.

Nelle fasi di ricerca i lupi selezionano le sterrate (fino a 50 m) nei boschi di latifoglie e conifere ed evitano le zone rocciose e le zone limitrofe (fino a 500 m) alle strade asfaltate (tabella 10).

## **5 Discussione**

### **5.1 Limiti della metodologia**

Il cinquantotto per cento degli articoli pubblicati dal 1985 al 1995 sulla rivista *Journal of Wildlife Management*, riguardanti lo studio di mammiferi e uccelli in relazione all'habitat, sono studi di selezione (Garshelis 2000). Quest'ultimi costituiscono, quindi, uno degli strumenti più utilizzati dalla biologia per rispondere alle problematiche relative alla gestione e alla conservazione delle specie (Otis 1997).

Dato l'interesse a questo tipo d'approccio, numerosi autori hanno affrontato le problematiche relative alle metodologie usate per la raccolta e l'analisi dei dati ed è stato evidenziato come i risultati ottenuti siano in funzione delle scelte metodologiche (Garshelis 2000). I risultati dipendono dalla scala ambientale utilizzata (Wiens 1989, Johnson 1980), dal metodo di campionamento (Manly 1993), dalla definizione di habitat utilizzato e disponibile (Arthur et al. 1996, McClean 1998, Mysterud e Anker 1998). Ognuno di questi punti dovrebbe essere accuratamente valutato in base agli obiettivi della ricerca e l'applicazione di un opportuno metodo statistico è strettamente legato alle scelte fatte.

Utilizzando metodi statistici differenti si ottengono risultati differenti in relazione al numero delle variabili analizzate, alla grandezza del campione, al numero d'osservazioni per animale (Alldredge e Ratti 1986), alla validità degli assunti metodologici (Manly 1993), all'indipendenza spaziale e temporale dei dati (Millspaugh et al. 1998, Hulbert 1984), alla formulazione di una corretta ipotesi statistica che rispecchi le problematiche biologiche (Alldredge e Ratti 1992): non c'è una scelta chiara di un metodo che sia valido in tutti i casi.

Le scelte di un adeguato disegno di ricerca e di un opportuno metodo statistico dovrebbero essere investigate e discusse caso per caso al fine di ottenere risultati il più possibile rappresentativi della realtà.

Ad ogni modo va ricordato che, per quanto uno studio di selezione possa essere accurato, questo non significa che gli habitat più selezionati corrispondano a quelli di maggior qualità ambientale e tali da assicurare il successo riproduttivo della specie (Litvaitis 1996). Descrivere la selezione dell'habitat non permette di rispondere al perché è selezionato (Gavin 1991), e quindi se effettivamente tale scelta influisce sulla sopravvivenza e il successo riproduttivo della specie oppure è causata da limitanti fattori esterni.

La metodologia può essere discussa relativamente alle fasi di raccolta dati, di scelta dell'unità di campionamento e di elaborazione statistica.

### **5.1.1 Raccolta dati**

La tecnica dello "snow-tracking", attuata in aree come le Alpi Liguri, trova enormi vantaggi grazie ad una copertura nevosa omogenea e duratura durante tutto il periodo invernale. Il mancato verificarsi di questa condizione comporta inevitabili errori sistematici relativi all'impossibilità di seguire tracce in maniera costante durante tutto l'inverno e nell'intera area di studio. Una buona copertura nevosa favorisce invece la possibilità di ottenere dati rappresentativi dell'attività del branco.

Al contrario è possibile che i segni di presenza del lupo vengano rilevati in maniera diversa a seconda della topografia del terreno, delle condizioni della neve e della diversità degli habitat (Powell 1994). Ad ogni modo, la mole di dati raccolta durante i quattro anni, la ricerca il più possibile casuale delle tracce, l'alto numero di repliche effettuate durante tutto l'inverno e, fondamentale, il seguire le tracce il più possibile cercando di ricostruire un ciclo d'attività, evitano il problema della distorsione dei dati e favoriscono un campionamento rappresentativo dei branchi studiati.

### **5.1.2 Scelta dell'unità di campionamento**

"Sotto l'assunto d'indipendenza dei dati, la forma della distribuzione di probabilità dei dati stessi viene semplificata ed è per questa ragione che i metodi della statistica classica richiedono campionamenti casuali" (Morrison 1990). Le tracciate, diversamente dai dati ottenuti dalla radiotelemetria, sono la rappresentazione della traiettoria seguita dall'animale; questo da una parte offre il vantaggio di avere una maggior precisione nella stima delle proporzioni dell'habitat, dall'altra, le osservazioni successive di una traccia, sono dati temporalmente dipendenti. È così che l'indipendenza tra osservazioni successive diventa uno degli assunti più importanti nella maggior parte delle analisi statistiche sullo spostamento

degli animali (Swihard e Slade 1985, Legendre 1993). La scelta delle singole tracciate come unità di campionamento mi ha permesso sia di avere dati indipendenti tra loro, verificando così uno dei più importanti assunti statistici (Allredge et al. 1998, Manly 1993).

Animali gregari e territoriali come i lupi costituiscono delle unità sociali in cui un animale dipende dall'altro biologicamente e quindi statisticamente (Millsbaugh et al. 1998). La scelta dell'habitat di un lupo non è indipendente da quella degli altri individui, ma vanno considerati come un'unica unità che si sposta e caccia: il branco. Dati raccolti sugli stessi animali dell'unità sociale sono spazialmente dipendenti (Allredge et al. 1998). Il problema dell'indipendenza spaziale dei dati va valutato a priori nella ricerca, sia per applicare una metodologia per l'elaborazione statisticamente valida per i dati raccolti, sia per evitare di lavorare con un numero esiguo di campioni (DeCesare 2002). Utilizzando le tracciate come unità campionarie si risolve il problema dell'indipendenza spaziale dei dati. La singola tracciatura rappresenta, infatti, l'attività non dell'individuo, ma dell'intero branco. Quest'approccio mi permette quindi di stimare la selezione a livello della singola unità, il branco, senza incorrere in problemi d'indipendenza spaziale; di lavorare su un campione relativamente alto e, infine, il metodo della compositional analysis si addice particolarmente a dati che costituiscono una traiettoria dell'animale nello spazio.

Altra considerazione che avvantaggia la scelta della singola traccia come unità campionaria riguarda la scala spaziale su cui ho effettuato la mia ricerca. A livello locale la tracciatura è un'unità spaziale adeguata, così come gli home-range lo sono per la creazione di modelli su scala regionale (Ciucci et al. 2003).

### **5.1.3 Elaborazione statistica dei dati**

L'uso dell'habitat in una compositional analysis è stimato dalle traiettorie di un campione casuale d'individui rappresentativi della popolazione. La grandezza del campione è il numero degli animali tracciati (Aebischer et al. 1993). Per i miei dati, la grandezza del campione è il numero di tracciate mentre l'uso dell'habitat è stimato da un campione casuale di tracciate a livello di branco. È importante, quindi, che le tracce siano raccolte in maniera casuale e siano il più possibile rappresentative dell'attività degli animali.

I dati spaziali come quelli delle tracciate si adattano bene ad essere elaborati dalla compositional analysis poiché, rispetto ad altri metodi, il problema dell'autocorrelazione delle osservazioni è irrilevante: queste, infatti, sono raggruppate per individuo, che costituisce la singola unità di campionamento. Al contrario, un alto numero d'osservazioni per animale

permette di ricostruire meglio la traiettoria, la quale fornisce una stima più precisa delle proporzioni di habitat utilizzato (Aebischer et al. 1993). In questa prospettiva i dati di snow-tracking raccolti, nonostante i limiti di dipendenza temporale, si adattano bene a questo tipo di trattazione. Altre metodologie come la regressione logistica richiedono l'indipendenza temporale dei dati, perciò sono meno adatte ad elaborare dati autocorrelati. Ciucci et al. (2003) riferiscono come l'interpretazione del loro modello, creato utilizzando la regressione logistica, è potenzialmente limitato dall'autocorrelazione dei dati di snow-tracking.

Riguardo all'accuratezza dei dati è necessario sottolineare che se gli animali campionati utilizzano l'habitat in maniera molto differente, ciò può comportare una stima poco accurata del valore medio a livello della popolazione. Nel caso dei dati in questione era possibile che tracce più corte, essendo meno rappresentative (Singleton 1995) e avendo lo stesso peso delle tracce più lunghe, comportassero un errore sistematico nella stima dell'uso dell'habitat a livello del branco. In realtà per tutte le variabili ambientali non si è riscontrata differenza statisticamente significativa fra tracce corte e lunghe, perciò posso assumere che anche le tracce più corte sono rappresentative dell'habitat utilizzato dai lupi.

Infine riguardo la multinormalità dei residui, il mancato verificarsi di quest'assunto, influenza esclusivamente il livello di significatività e non il modello o i calcoli statistici (Aebischer et al. 1993); ho applicato dei test con un livello di significatività di 0.01 in modo da fare inferenze più conservative.

## **5.2 Selezione dell'habitat dei lupi**

I fattori che determinano la selezione dell'habitat di una specie sono la qualità e la distribuzione delle risorse; per il lupo gli spostamenti invernali all'interno del territorio dipendono dall'accessibilità e dalla distribuzione delle prede (Singleton 1995). Huggard (1993 b; c) e Kunkel (1997) mostrano come la selezione dei percorsi sia correlata con la facilità di spostamento sul territorio e la probabilità d'incontro con le prede. È per questo motivo che all'interno del loro territorio i lupi si muovono con ciclica regolarità tra zone di caccia, dove si ritrovano gli ungulati (Fritts e Mech 1981), utilizzando vie preferenziali e abitudinarie che gli permettono un rapido spostamento ad un basso dispendio energetico (Mech 2003). In particolare, in ambiente alpino, i lupi si muovono tra le zone di svernamento degli ungulati utilizzando i valichi per spostarsi tra valloni adiacenti (Marucco 2001).

Tenendo conto delle osservazioni appena riportate, è più facile comprendere i risultati ottenuti col presente lavoro e interpretare i meccanismi che regolano la selezione dei percorsi. I lupi delle Alpi Liguri ricercano e cacciano le prede fondamentalmente nel fondovalle, nei

boschi di latifoglie e conifere ad altitudini relativamente basse, fino ai 1500 m. Per il branco che gravita intorno alla Val Pesio, le specie selezionate dai lupi lungo le tracce sono il cervo e il capriolo per l'inverno 2000 e il cinghiale e capriolo per il 2001 (Marucco 2003). I tipi di habitat utilizzati da queste specie, in particolare dal capriolo che è la preda più abbondante in Val Pesio e la maggiormente utilizzata per entrambe gli anni, sono i boschi di latifoglie o misti, su pendenze non eccessive fino ai 1600 m (Bassano et al. 1997). Questi habitat sono in effetti gli ambienti maggiormente selezionati dai lupi durante l'attività di caccia. La copertura vegetale, inoltre, ha un ruolo importante tra i fattori che influenzano il successo di predazione, poiché facilita l'avvicinamento alla preda. Ciò contribuirebbe a spiegare la selezione dei percorsi in zone boschive con prede abbondanti, in cui il favore di una fitta copertura vegetale impedisce da parte degli ungulati selvatici l'avvistamento del predatore (Kunkel e Pletscher 2001). La selezione di basse altitudini e lievi pendenze in zone di fondovalle è confermato anche in altri lavori di selezione su scala locale, dove le prede sono distribuite prevalentemente sul fondovalle (Singleton 1995, Kunkel e Pletscher 2001, Ciucci et al. 2003).

Considerando solo le tracce di spostamento, invece, i lupi non mostrano selezione per le fasce altitudinali e preferiscono gli spazi aperti senza copertura vegetale; queste scelte rispondono alle necessità degli animali di valicare i passi alpini per arrivare ai valloni limitrofi o sul versante francese non raggiungibile altrimenti. In altri paesi come il Canada o gli Stati Uniti, i lupi utilizzano il fondovalle e non i valichi per i lunghi spostamenti (Fritts e Mech 1981); il fatto che in Italia il fondovalle è occupato dall'uomo potrebbe essere una delle cause che spinge i lupi ad un maggior utilizzo dei valichi. La selezione per spazi aperti è giustificabile dalla necessità di spostamenti più veloci e dalla relazione inversa tra altitudine e boschi di latifoglie. Le zone con affioramenti rocciosi sono per il 93% oltre i 1500 m, e poiché non permettono uno spostamento veloce sono evitate nella scelta dei percorsi.

In paesi densamente popolati come l'Italia, dove l'impatto antropico sull'ambiente è molto consistente, la distribuzione del lupo è fortemente influenzata dalla presenza dell'uomo (Boitani 1982; 2003) ed è verosimile che oltre alla distribuzione delle prede e alla facilità di spostamento, la scelta degli habitat e dei percorsi sia fortemente influenzata proprio dalla presenza umana. La distanza dai centri abitati e la densità delle strade, sono utilizzati come potenziali indicatori del disturbo antropico (Singleton 1995). Su scala regionale i lupi tendono a selezionare quelle zone più lontane dall'uomo, caratterizzate da una bassa densità delle strade (Theil 1985, Mech e Fritts 1988, Mladenoff et al. 1995, Mladenoff e Sickley 1998). Su scala locale le strade sono elementi strutturali utilizzabili come vie di percorrenza, ma il fatto

che i lupi ne usufruiscano o no come vie di spostamento è correlato alla presenza dell'uomo (Thurber et al. 1994). I lupi delle Alpi Liguri evitano in ogni modo i centri abitati e le strade principali nonostante l'evidente facilità di spostamento dovuto alla mancanza d' innevamento. Questa condizione è giustificata dal generale comportamento elusivo nei confronti dell'uomo, probabilmente da tempo acquisito in seguito alle ripetute e continuate persecuzioni, piuttosto che da processi adattativi più recenti innescati dalla mortalità per incidenti stradali (Thurber et al. 1994). Ciucci et al. (2003) nel loro lavoro sui lupi dell'Appennino, rilevano come le strade principali siano evitate anche quando il valore di densità giustificherebbe la presenza del lupo nei modelli su scala regionale.

L'utilizzo di strade secondarie invece, non sfruttate dall'uomo durante il periodo invernale, perché generalmente inaccessibili, è confermato da diversi studi in letteratura (Fritts e Mech 1981, Thurber et al. 1994, Singleton 1995, Ciucci et al. 2003); anche sulle Alpi Liguri i lupi selezionano positivamente le strade sterrate, in particolare tale selezione è molto significativa durante l'attività di caccia: sembrerebbe che i lupi utilizzino le strade sterrate per aumentare l'efficienza di cattura delle prede, com'è suggerito anche da Ciucci et al. (2003). Le strade secondarie risponderebbero contemporaneamente alle necessità di evitare il contatto con l'uomo, permettere degli spostamenti più rapidi all'interno dei boschi di latifoglie o conifere e probabilmente aumentare il successo di predazione.

Sia in Nord America (Singleton 1995, Kunkel e Pletscher 2001) sia in Italia (Ciucci et al. 2003) la scelta dell'habitat e dei percorsi invernali operata dai lupi sembra dover rispondere alle stesse necessità, quali selezionare gli stessi habitat delle prede, aumentare l'efficienza di predazione, evitare l'interazione con l'uomo, sfruttare le vie di percorrenza del territorio sia per rendere più veloci i lunghi spostamenti tra zone di caccia limitrofe sia per facilitare la ricerca delle prede durante le fasi di caccia. Poiché variabili quali il tipo di prede, la copertura vegetale, la presenza umana, la rete di strade e sentieri cambiano nelle diverse realtà locali, la risposta adattativa del branco sarà sito specifica. Perciò mentre i meccanismi e le cause che regolano la selezione dei percorsi a livello locale possono essere esportati dalle diverse realtà del Nord America, all'Europa o all'Italia, al contrario le risposte adattative dei lupi residenti nell'area studiata dipendono dal contesto specifico della situazione locale. I risultati ottenuti sulle Alpi o sugli Appennini (Ciucci et al. 2003), possono essere considerati generalmente validi solo nei contesti simili a quelli da cui sono stati ricavati, vale a dire in ambiente alpino o comunque montano in genere e in zone con elevata densità di popolazione, la quale, in paesi

come l'Italia, è probabilmente uno dei fattori di maggior peso nella scelta dei percorsi del lupo.

La profondità della neve è uno dei fattori che influisce sulla vulnerabilità delle prede in inverno e quindi sul successo di cattura dei lupi (Fuller 1991, Huggard 1993a); inoltre le diverse condizioni della neve possono influire sulla facilità di spostamento dei lupi, sulla distribuzione delle prede e in ultimo sulla selezione dei percorsi. Anche se gli effetti della neve possono essere in parte relazionabili a variabili associate, l'analisi di questo fattore, non rilevato in questo studio, avrebbe potuto dare significative informazioni sulla selezione dei percorsi.

Dal punto di vista gestionale e applicativo l'interesse verso modelli predittivi su larga scala è giustificato dalla necessità di gestire il lupo su scala regionale o nazionale, facendo considerazioni a livello di popolazione (Mladenoff et al. 1995, Corsi et al. 1999). Analisi su piccola scala non offrono potenzialità predittive e applicabili ad altre realtà, possono però essere usate in maniera complementare a studi su scala più grande per raffinare a livello locale decisioni gestionali prese su scala nazionale (Ciucci et al. 2003). Inoltre, studi di selezione all'interno del territorio permettono di descrivere le dinamiche dei singoli branchi, prendendo conoscenza di realtà limitate all'area in questione, ma che possono essere utilizzate per risolvere problematiche locali: danni ai domestici, predazione sui selvatici in aziende venatorie, zonazioni su piccola scala (Mech 1995). Tutte queste considerazioni sono ancora più importanti in realtà come quelle europea ed italiana, ad alta densità di popolazione umana, in cui ogni problematica riguardante la gestione e la conservazione deve fare i conti con i bisogni economici e sociali delle singole situazioni locali.

## 6 Bibliografia

- Aebischer, N. J., and P. A. Robertson. 1993. Compositional analysis of habitat use from animal radio-tracking data. *Ecology* 74:1313-1325.
- Aitchison, J. 1986. *The statistical analysis of compositional data*. Chapman and Hall, London, New York.
- Allredge, J. R., and J. T. Ratti. 1986. Comparison of some statistical technique for analysis of resource selection. *Journal of Wildlife Management* 50:157-165.
- Allredge, J. R., and J. T. Ratti. 1992. Further comparison of some statistical technique for analysis of resource selection. *Journal of Wildlife Management* 56:1-9.
- Allredge, J. R., D. L. Thomas, and L. L. McDonald. 1998. Survey and comparison of methods for study of resource selection. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics* 3:237-253.
- Anderson, S. H., and K. J. Gutzwiller. 1996. Habitat evaluation methods. Pages 592-606 in T. A. Bookhout, editor. *Research and management techniques for wildlife and habitats*. Wildlife Society, Maryland.
- Arthur, S. M., B. F. J. Manly, and L. L. McDonald. 1996. Assessing habitat selection when availability changes. *Ecology* 77:215-227.
- Bassano, B., G. Boano, P. G. Meneguz, P. P. Mussa, and L. Rossi. 1997. *I selvatici della Alpi piemontesi*. Edizioni EDA, Torino.
- Bertotto, P., I. Bertelli, A. Gazzola, M. Scandura, L. Mauri, S. Luccarini, and M. Apollonio. 2001. *Lo studio estensivo in Provincia di Torino e Valle Po*. Pages 135-188. Regione Piemonte. Interreg II. Italia-Francia, Torino.
- Boitani, L. 2000 Action Plan for the conservation of the wolves (*Canis lupus*) in Europe. *Nature and environment*, No. 113.
- Boitani, L. 2003. Wolf conservation and recovery. Pages 317-340 in L. D. Mech, and L. Boitani, editors. *Wolves. Behavior, Ecology, and Conservation*. University of Chicago Press, Chicago.
- Boitani, L., and P. Ciucci. 1993. Wolves in Italy: critical issues for conservation. Pages 74-90 in C. Promberger, and W. Schroder, editors. *Wolves in Europe. Status and perspectives*. Munchen Wildlife Society, Ettal Germany.
- Boitani, L., and P. Ciucci. 2001. *Piano di gestione del lupo*. Pages 364-403. Regione Piemonte. Interreg II. Italia-Francia, Torino.



- Ciucci, P. 1994. Movimenti, attività e risorse del lupo (*Canis Lupus*) in due aree dell'Appennino centro-setentrionale. Tesi di Dottorato, Università di Roma "La Sapienza", Roma.
- Ciucci, P., M. Masi, and L. Boitani. 2003. Winter habitat and travel route selection by wolves in the northern Apennines, Italy. *Ecography* 26:223-235.
- Ciucci, P., and L. Boitani. 1998a. Il Lupo. Elementi di biologia, gestione, ricerca. Documenti Tecnici. n 23.
- Ciucci, P., and L. Boitani. 1998b. Wolf and dog depredation on livestock in central Italy. *Journal of Wildlife Society Bulletin* 26:504-514.
- Ciucci, P., L. Boitani, F. Francisi, and G. Andreoli. 1997. Home range, activity and movement of a wolf pack in central Italy. *Journal of Zoology* 243:803-819.
- Corsi, F., E. Duprè, and L. Boitani. 1998. A large-scale model of wolf distribution in Italy for conservation planning. *Conservation Biology*:150-159.
- Cucci, P., and L. Boitani. 1999. Nine-year dynamics of a wolf pack in the Northern Apennines (Italy). *Mammalia* 63:377-384.
- DeCesare, N. J. 2002. Movement and resource selection of recolonizing bighorn sheep in western Montana. Thesis, University of Montana, Missoula.
- Everitt, B. S., and G. Dunn. 1992. Applied multivariate data analysis. Oxford University Press, New York.
- Fritts, S. H., and L. D. Mech. 1981. Dynamics, movements, and feeding ecology of a newly protected wolf population in northwestern Minnesota. *Wildlife Monographs* 80:79.
- Fritts, S. H., R. O. Stephenson, R. D. Hayes, and L. Boitani. 2003. Wolves and Humans. Pages 289-316 in L. D. Mech, and L. Boitani, editors. *Wolves. Behavior, Ecology, and Conservation*. University of Chicago Press, Chicago.
- Fuller, T. K. 1991. Effect of snow on wolf activity and prey selection in north central Minnesota. *Canadian Journal of zoology* 69:283-287.
- Gavin, T. A. 1991. Why ask "why": the importance of evolutionary biology in wildlife science. *Journal of Wildlife Management* 55:760-766.
- Huggard, D. J. 1993a. Effect of snow depth on predation and scavenging by gray wolves. *Journal of Wildlife Management* 57:382-388.
- Huggard, D. J. 1993b. Prey selectivity of wolves in Banff national Park. I. Prey species. *Canadian Journal of Zoology* 71:130-139.
- Huggard, D. J. 1993c. Prey selectivity of wolves in Banff National Park. II. Age, sex, and condition of elk. *Canadian Journal of Zoology* 71:140-147.

- Hulbert, S. H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs* 54:187-211.
- Johnson, D. E. 1998. *Applied Multivariate methods for data analysts*. Duxbury Press.
- Johnson, D. H. 1980. The comparison of usage and availability for evaluating resource preference. *Ecological Monographs* 61:65-70.
- Kunkel, K. 1997. Predation by wolves and other large carnivores in northwestern Montana and southeastern British Columbia. Dissertation, University of Montana, Missoula.
- Kunkel, K., and D. H. Pletscher. 2001. Winter habitat selection of wolves in and near Glacier National Park, Montana. *Journal of Wildlife Management* 65:520-530.
- Leban, F. 1998. *Resource Selection for Windows*. Version Beta 7. University of Idaho, Moscow.
- Legendre, P. 1993. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? *Ecology* 74:1659-1673.
- Litvaitis, J. A., K. Titus, and E. M. Anderson. 1996. Measuring vertebrate use of terrestrial habitats and foods. Pages 254-274 *in* T. A. Bookhout, editor. *Research and management techniques for wildlife and habitats*. Wildlife Society, Maryland.
- Manly, B. F., L. L. McDonald, and D. L. Thomas. 1993. *Resource selection by animals. Statistical design and analysis for field studies*. Chapman & Hall, London.
- Marucco, F. 2001. Monitoraggio e ricerca sulla popolazione di lupo: lo studio intensivo nelle Alpi Liguri. Pages 63-134. Regione Piemonte. Interreg II. Italia-Francia, Torino.
- Marucco, F. 2003. *Wolf ecology in the western Alps: analysis with non-invasive techniques*. Thesis, University of Montana, Missoula.
- McClean, S. A., M. A. Rumble, R. M. King, and W. L. Baker. 1998. Evaluation of resource selection methods with different definition of availability. *Journal of Wildlife Management* 62:793-801.
- Mech, L. D. 1970. *The Wolf*. University of Montana Press, Minneapolis.
- Mech, L. D. 1995. The challenge and opportunity of recovering wolf population. *Conservation Biology* 9:1-9.
- Mech, L. D., and L. Boitani. 2003. *Wolf Social Ecology*. Pages 1-34. *in* L. D. Mech, and L. Boitani, editors. *Wolves. Behavior, Ecology, and Conservation*. University of Chicago Press, Chicago.
- Mech, L. D., and S. Fritts. 1988. Wolf distribution in Minnesota in relation to road density. *Wildlife Society Bulletin* 16:85-88.
- Millspaugh, J. J., J. R. Skalski, B. J. Kernohan, K. J. Raedeke, G. C. Brungige, and A. B. Cooper. 1998. Some comments on spatial independence in studies of resource selection. *Wildlife Society Bulletin* 26:232-236.

- Mladenoff, D. J., and T. A. Sickley. 1998. Assessing potential gray wolf restoration in the northeastern United States: a spatial prediction of favourable habitat and potential population levels. *Journal of Wildlife Management* 62:1-10.
- Mladenoff, D. J., T. A. Sickley, R. G. Haight, and A. P. Wydeven. 1995. A regional landscape analysis and prediction of favorable gray wolf habitat in the Northern Great Lakes Region. *Conservation Biology* 9:279-294.
- Mladenoff, D. J., T. A. Sickley, and A. P. Wydeven. 1999. Predicting gray wolf landscape recolonization: logistic regression models vs. new field data. *Ecological Applications* 9:27-44.
- Morrison, D. F. 1990. *Multivariate statistical methods*. McGraw-Hill, New York.
- Mysterud, A., and R. Anker. 1998. Functional responses in habitat use: availability influences relative use in trade-off situations. *Ecology* 79:1435-1437.
- Norris, D. R., M. T. Theberge, and J. B. Theberge. 2002. Forest composition around wolf (*Canis lupus*) dens in eastern Algonquin Provincial Park, Ontario. *Canadian Journal of Zoology* 80:866-872.
- Otis, D. L. 1997. Analysis of habitat selection studies with multiple patches within cover types. *Journal of Wildlife Management* 61:1016-1022.
- Porter, W. F., and K. E. Church. 1987. Effects of environmental pattern on habitat preference analysis. *Journal of Wildlife Management* 53:681-685.
- Pouille, M. L., L. Carles, and B. Lequette. 1997. Significance of ungulates in the diet of recently settled wolves in the Mercantour Mountains (Southeastern France). *Revue d' Ecologie (Terre Vie)* 52:357-368.
- Powell, R. A. 1994. Effect of scale on habitat selection and foraging behavior of fishers in winter. *Journal of Mammology* 75:349-356.
- Promberger, C., and W. Schroder. 1993. *Wolves in Europe. Status and perspectives*. Munchen Wildlife Society, Ettal, Germany.
- Ricci, S. 2001. Lo studio estensivo in Provincia di Cuneo. Pages 11-62. Regione Piemonte. Interreg II. Italia-Francia, Torino.
- Singleton, P. H. 1995. *Winter habitat selection by wolves in the North Fork of the Flathead River Basin, Montana and British Columbia*. Thesis, University of Montana.
- Sokal, R. R., and J. Rohlf. 2000. *Biometry*. W. H. Freeman and Company, New York.
- Swihart, R. K., and N. A. Slade. 1985. Testing for independence of observation in animal movements. *Ecology* 66:1176-1184.

- Theuerkauf, J., S. Rouys, and W. Jedrzejewski. 2003. Selection of den, rendezvous, and resting sites by wolves in the Bialowieza Forest, Poland. *Canadian Journal of Zoology* 81:163-167.
- Thomas, D. L., and E. J. Taylor. 1990. Study designs and test for comparing resource use and availability. *Journal of Wildlife Management* 54:322-329.
- Thurber, J. M., R. O. Peterson, T. D. Drummer, and S. A. Thomasma. 1994. Gray wolf response to refuge boundaries and roads in Alaska. *Wildlife Society Bulletin* 22:61-68.
- Tyler, M., C. Callagan, S. Alexander, C. Mamo, C. C. Gates, and M. Musiani. 2003. Predicting risk of livestock depredation by wolves in southwestern Alberta. *Proceedings for the World Wolf Congress Conference*.
- Wiens, J. A. 1989. Spatial scaling in ecology. *Functional Ecology* 3:385-397.
- Zimen, E., and L. Boitani. 1975. Number and distribution of wolves in Italy. *Saugetierkunde* 40:102-112.

## Appendice

### Analisi statistica

La compositional analysis utilizza la differenza tra il log-ratio della classe utilizzata e il log-ratio della classe disponibile per testare l'assenza di differenza nell'uso dell'habitat per tutte le classi simultaneamente. Se l'uso dell'habitat non è casuale, il passo successivo è l'ordinamento delle classi in ordine crescente di utilizzo (Aebischer et al. 1993).

Per le D categorie di habitat utilizzato la cui somma è  $X_{u1}+X_{u2}+\dots+X_{uD}=1$ , il log-ratio dell'uso è definito come:  $\log X_{ui}/X_D$  con  $i=1, 2\dots D$ . Per le D categorie di habitat disponibile, la cui somma è  $X_{a1}+X_{a2}+\dots+X_{aD}=1$ , il log-ratio della disponibilità è definito come:  $\log X_{ai}/X_D$  con  $i=1, 2\dots D$ .

La differenza dei logaritmi dell'uso e della disponibilità è data da  $d = \log X_{ui}/X_D - \log X_{ai}/X_D$  con  $i=1, 2\dots D$ .

Considerando di avere N unità campionarie per D categorie, d è una matrice N x D-1.

Il valore medio di d coincide con il vettore nullo se l'utilizzo dell'habitat è casuale. Quindi per testare l'ipotesi nulla di  $d=0$ , si calcola il valore di lambda  $\Lambda$  (Johnson, D.E. 1998, Everitt e Dunn 1992). Per cui da d si ricavano le matrici:

$$R_2 = (d' * d)$$

$$R_1 = (d_j - \bar{d})' * (d_j - \bar{d}) \text{ per } j=1\dots N \text{ e con } \bar{d} \text{ uguale al vettore riga medio di } d.$$

$R_2$  è la matrice SSCP che spiega la variazione totale da un utilizzo casuale, contemporaneamente su tutti gli habitat e  $R_1$  è la corrispondente matrice errore.

$$\Lambda = \det R_1 / \det R_2$$

Il test è computato calcolando il valore  $-N \ln \Lambda$

La quantità  $-N \ln \Lambda$ , con N uguale al numero di righe, è comparabile ad una distribuzione  $\chi^2$  con D-1 gradi di libertà.

Se il test rigetta l'ipotesi, il passo successivo consiste nell'attribuire ranghi crescenti di utilizzo dell'habitat. Viene, quindi, calcolata per tutti gli N animali la matrice dei valori di d come in tabella 11. Si ricava poi la matrice delle medie e delle deviazioni standard calcolata su tutte le N matrici. Per ogni elemento i, j della matrice così ottenuta, ( $i=1\dots D$  e  $j=1\dots D$  con  $i \neq j$ ), il rapporto della media con l'errore standard da un valore di t, che stima la probabilità di utilizzo non casuale dell'habitat i rispetto a j. In base alla deviazione dall'utilizzo casuale, vengono stimati i ranghi tra gli habitat (Aebischer et al. 1993).

**Tabella 11.** Matrice utilizzata per l'assegnazione dei ranghi (Aebischer et al. 1993).

Tipi di habitat	Tipi di habitat				ranghi
	1	2	...	D	
1		$\ln(X_{u1}/X_{u2})-$ $\ln(X_{a1}/X_{a2})$	...	$\ln(X_{u1}/X_{uD})-$ $\ln(X_{a1}/X_{aD})$	R1
2	$\ln(X_{u2}/X_{u1})-$ $\ln(X_{a2}/X_{a1})$		.	$\ln(X_{u2}/X_{uD})-$ $\ln(X_{a2}/X_{aD})$	R2
...	.	.	.	.	...
...	.	.	.	.	...
...	.	.	.	.	...
D	$\ln(X_{uD}/X_{u1})-$ $\ln(X_{aD}/X_{a1})$	$\ln(X_{uD}/X_{u2})-$ $\ln(X_{aD}/X_{a2})$	...		Rn

### Bibliografia

- Aebischer, N. J., and P. A. Robertson. 1993. Compositional analysis of habitat use from animal radio-tracking data. *Ecology* 74:1313-1325.
- Everitt, B. S., and G. Dunn. 1992. *Applied multivariate data analysis*. Oxford University Press, New York.
- Johnson, D. E. 1998. *Applied Multivariate methods for data analysis*. Duxbury Press.