

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**FACOLTÀ DI SCIENZE MM. FF. NN.**

**Laurea specialistica in  
Scienze della Natura**

**TESI DI LAUREA**

**Stima di densità di popolazione di capriolo e cervo in  
ambiente alpino mediante *pellet group count: plot* e  
*distance sampling* a confronto.**

**Relatore: Chiar.mo Professor Andrea Pilastro,  
Dipartimento di Biologia, Università di Padova**

**Correlatrice: Dott.ssa Francesca Cagnacci**

**Laureando : Alessandro Tenca**

**ANNO ACCADEMICO 2006-2007**

... of the ...  
... of the ...  
... of the ...

... of the ...  
... of the ...

... of the ...

... of the ...

*Alla Natura,  
così affascinante  
da rendere avvincenti ed indimenticabili  
questi anni di Università.*

*Ai miei genitori,  
che mi hanno lasciato libero  
di scoprire  
e scegliere.*

*A Michele,  
secondo fratello  
in questa prima e fantastica vita.*

1900  
1901  
1902

## Indice

Riassunto.....	pag.7	
Abstract.....	pag.9	
1. Introduzione		
1. 1 Conservare e gestire la fauna.....	pag.11	
1. 2 Fauna e complessità degli ecosistemi.....	pag.12	
1. 3 I censimenti.....	pag.12	
1. 4 Il capriolo: ecologia e comportamento.....	pag.15	
1. 5 Il cervo: ecologia e comportamento.....	pag.18	
1. 6 Perché censire cervo e capriolo?.....	pag.21	
1. 6.1 Implicazioni ecosistemiche di capriolo e cervo.....	pag.22	
1. 7 Metodi per il censimento del capriolo e del cervo.....	pag.24	
2. Obiettivi.....		pag.29
3. Area di studio		
3. 1 Monte Bondone (Tn).....	pag.30	
3. 1.1 Inquadramento geografico.....	pag.30	
3. 1.2 Inquadramento geologico.....	pag.30	
3. 1.3 Clima ed ambienti vegetazionali.....	pag.31	
3. 2 Candaten, Parco Nazionale delle Dolomiti bellunesi.....	pag.34	
4. Materiali e metodi		
4. 1 Scelta del metodo.....	pag.37	
4. 2 Premesse teoriche dei metodi di campionamento.....	pag.38	
4. 2.1 <i>Plot sampling</i> .....	pag.38	
4. 2.2 <i>Distance sampling</i> .....	pag.38	
4. 2.2.1 Stima della proporzione di animali osservati (Pa).....	pag.39	
4. 2.2.2 Applicabilità del <i>distance sampling</i> .....	pag.43	
4. 2.2.3 La stratificazione.....	pag.44	
4. 3 Pianificazione del campionamento.....	pag.45	
4. 3.1 Parametri per la stima della densità.....	pag.45	
4. 3.1.1 Stima del <i>decay rate</i> per il capriolo, nell'area del Monte Bondone...pag.48		
4. 3.2 <i>Survey design</i> .....	pag.50	
4. 3.2.1 <i>Power analysis</i> : determinazione dello sforzo di campionamento per il <i>plot sampling</i> .....	pag.50	
4. 3.2.2 Schema di campionamento geografico del <i>plot sampling</i> .....	pag.50	
4. 3.2.3 <i>Power analysis</i> : determinazione dello sforzo di campionamento per il <i>distance sampling</i> .....	pag.53	

4. 3.2.4 Schema di campionamento geografico del <i>distance sampling</i> .....	pag.54
4. 4 Raccolta dati sul campo.....	pag.59
4. 4.1 Materiali <i>plot sampling</i> .....	pag.59
4. 4.2 Materiali <i>distance sampling</i> .....	pag.61
4. 4.3 Regole di attuazione del <i>plot sampling</i> .....	pag.65
4. 4.4 Regole di attuazione del <i>distance sampling</i> .....	pag.66
4. 4.5 Riconoscimento fatte: discriminazione Cervo/Capriolo.....	pag.71
4. 5 Analisi dei dati.....	pag.72
4. 5.1 <i>Plot sampling</i> .....	pag.72
4. 5.2 <i>Distance sampling</i> .....	pag.72
4. 5.2.1 Modelli e criteri di selezione.....	pag.74
4.5.2.2 Tipologie ed operazioni di analisi.....	pag.75
5. Risultati	
5. 1 <i>Decay rate</i> .....	pag.78
5. 2 <i>Plot sampling</i> .....	pag.79
5. 3 <i>Distance sampling</i> .....	pag.82
5. 3.1 Analisi Monte Bondone.	
Campionamento primaverile di <i>pellet group</i> di capriolo, con stratificazione per fasce altitudinali (Grid 1, Grid 2, Grid 3). .....	pag.83
5. 3.2 Analisi Monte Bondone.	
Campionamento autunnale di <i>pellet group</i> di capriolo, con stratificazione per fasce altitudinali (Grid 1, Grid 2, Grid 3). .....	pag.91
5. 3.3 Analisi Monte Bondone.	
Campionamento primaverile di <i>pellet group</i> di capriolo, con stratificazione per riserve (Zona 1, Zona 2, Zona 3, Zona 4). .....	pag.96
5. 3.4 Analisi Monte Bondone.	
Campionamento autunnale di <i>pellet group</i> di capriolo, con stratificazione per riserve (Zona 1, Zona 2, Zona 3, Zona 4). .....	pag.101
5. 3.5 Analisi Candaten.	
Campionamento primaverile di <i>pellet group</i> di cervo. ....	pag.105
5. 3.6 Analisi Candaten.	
Campionamento autunnale di <i>pellet group</i> di cervo. ....	pag.109
5. 4 Comparazione riassuntiva dei dati.....	pag.112
6. Discussione.....	pag.116
7. Bibliografia.....	pag.119

## Riassunto

Il monitoraggio delle popolazioni di ungulati in ambiente alpino presenta difficoltà intrinseche al territorio stesso, spesso impervio e fittamente boscato, e legate alle specie da studiare, sovente elusive e di difficile contattabilità. Il centrale ruolo ecologico, economico ed estetico rivestito da questi animali, spinge alla ricerca di metodi di censimento che forniscano un risultato statisticamente valutabile.

Questo studio si propone di stimare la densità di popolazione di cervo, *Cervus elaphus*, e capriolo, *Capreolus capreolus*, in ambiente alpino, applicando due metodi di rilevamento di segni indiretti di presenza (*pellet group count*): il *plot sampling* ed il *distance sampling* su transetti lineari.

Il *plot sampling* permette di risalire alla densità di animali rilevando la presenza di fatte (*pellet group*) in definite unità di campionamento (*plot*), mentre il *distance sampling* consente la stima di densità in funzione della distanza perpendicolare delle fatte da transetti lineari, lungo cui sono state rilevate.

Tra aprile e ottobre 2006, sono stati effettuati due campionamenti (primaverile ed autunnale) nelle aree di studio del Monte Bondone (TN) e di Candaten (BL). Lo schema di campionamento del *distance sampling* nell'area trentina ha compreso una superficie di 9500ha, stratificata in tre fasce altitudinali (<1000m s.l.m.; 1000-1500m s.l.m.; >1500m s.l.m.). Nel bellunese, è stata campionata un'area di 371ha, non stratificata. In entrambe le aree, lo schema di campionamento del *plot sampling* ha previsto 64 unità di campionamento, distribuite secondo una griglia quadrata (78ha) nell'area trentina e secondo una griglia irregolare a coprire il fondovalle (88ha) nel bellunese. Nel caso del capriolo, i valori di *decay rate* e *accumulation rate* (tasso di decadimento e di accumulo delle fatte) da applicare alla densità di pellet per estrapolare la densità di individui sono stati calcolati sperimentalmente, mentre nel caso del cervo sono stati ricavati dalla letteratura.

L'analisi dei dati primaverili raccolti mediante *distance sampling* nell'area trentina ha indicato il modello "per strati" senza covariate come migliore *fit*, ottenendo una densità di 135,2 *pellet group/ha* (con un *cv* = 13,2%), corrispondente a 2,52 caprioli/100ha. Per i dati autunnali è stato selezionato come migliore il modello "per strati" con covariata pendenza, ottenendo una densità di 71,9 *pellet group/ha* (*cv* = 26,4%), corrispondente a 5,54 caprioli/100ha.

Per l'area del bellunese, il modello più attendibile dei dati primaverili è derivato dall'analisi "globale" (senza covariate), che ha permesso di estrapolare una

densità di 167,95 *pellet group*/ha ( $cv = 23,5\%$ ), corrispondente a 5,4 cervi/100ha. Nel caso dei dati autunnali, attraverso un modello che ha incluso l'habitat come covariata nel calcolo della *detection function*, la densità di cervo è stata stimata in 58,5 *pellet group*/ha ( $cv = 30,5\%$ ), corrispondenti a 1,9 cervi 100/ha.

Il *plot sampling* effettuato nella zona di Lamar (TN) ha portato alla stima di 1,3 caprioli/100ha e 1cervo/100ha ( $cv = 38,7\%$ ;  $cv = 46,1\%$ ) mentre nell'area di Candaten (BL) sono stati stimati 4,4 cervi/100ha e 0,3 caprioli/100ha ( $cv = 27,4\%$ ;  $cv = 70,4\%$ ).

Le densità estrapolate con il *distance sampling* hanno rivelato notevoli differenze nei valori di densità primaverili ed autunnali, riconducibili (per il capriolo) alla netta diversità di tempo di decomposizione riscontrata tra le due stagioni ed hanno permesso di raggiungere risultati più accurati rispetto a quelli ottenuti con il *plot sampling*, anche se a prezzo di uno sforzo giornate/uomo superiore.

La scarsa precisione del *plot sampling* è da attribuire, inoltre, alla limitata potenza di questo metodo per aree caratterizzate da ridotte densità, quali sono quelle prese in considerazione in questo studio. Livelli di precisione comparabili tra i due metodi, infatti, sono stati ottenuti, con i dati relativi ai *pellet group* di cervo, solo nell'area studio di Candaten, dove questo ungulato è presente in consistenze considerevoli.

In conclusione, si può affermare che utilizzare metodi di conteggio di segni indiretti di presenza come il *pellet group count* consente di superare i problemi legati all'estensione delle aree studiate e, in particolare, alla difficile contattabilità che caratterizza gli animali in zone montane. Il fatto di poter calibrare, già in fase di *survey design*, lo sforzo di campionamento in base alla precisione che si richiede e di poter valutare l'attendibilità della stima estrapolata considerandone il coefficiente di variazione, rende *plot* e *distance sampling* due metodi effettivamente in grado di rispondere alle esigenze di uno studio preciso su specie elusive, in ambienti ostici.

## Abstract

Censusing wild animal populations in alpine environment is a difficult task because of the harsh terrain and the scarce detectability of animals in forested habitats.

Notwithstanding, animals such as ungulates play a central role in alpine ecosystems and have a great economic and aesthetic value. Therefore, reliable surveys of population structure and abundance of ungulates in a complex environment, such as the alpine range, are one of the main challenges for wildlife management.

The purpose of this study was to estimate the population densities of red deer, *Cervus elaphus*, and roe deer, *Capreolus capreolus*, in alpine areas, using two indirect methods based on dung surveys: *plot sampling* and *line transect distance sampling*.

Both methods are based on detection of pellet groups: all pellet groups have to be detected within a sampling area with *plot sampling*, whilst missing observations are acceptable with *line transect distance sampling*, except right on the line; in addition to *plot sampling*, perpendicular distances of the objects from the line have to be recorded.

Two seasonal sampling sessions (spring + autumn) were carried out between March and October 2006, in two Italian alpine regions (Monte Bondone, Trentino; Dolomites National Park of Belluno, Veneto). The 9500ha Monte Bondone area has been split in three altitudinal "strata" (<1000m a.s.l.; 1000-1500m a.s.l.; >1500m a.s.l.) for the *distance sampling* survey. No stratification was applied for the 371ha Belluno area.

In both regions, 64 plots were surveyed, using a sampling design to cover 78ha in Trentino site and 88ha in Belluno site.

Model selection analyses indicated the best-fitting models for each sampling session and region. The stratified model was selected as the best fit of the spring data from Monte Bondone site and led to an estimate of 135,2 pellet group/ha (cv = 13,2%), corresponding to 2,52 roe deer/100ha. The selected model for the autumn data was a stratified model using "slope" as covariate. It estimated 71,9 pellet group/ha (cv = 26,4%), corresponding to 5,54 roe deer/100ha.

For Belluno site, a global model without covariates was selected as best fit of spring data and led to an estimate of 167,95 pellet group/ha (5,4 red deer/100ha;

cv = 23,5%); data global model including "habitat" as covariate was the best-fit of autumn data, estimating 58,51 *pellet group*/ha (1,9 red deer/100 ha; cv = 30,5%). The *plot sampling* surveys estimated 1,3 roe deer/100ha and 1 red deer/100ha (cv = 38,7%; cv = 46,1%) in Trentino site and 4,4 red deer/100ha and 0,3 roe deer/100ha (cv = 27,4%; cv = 70,4%) in Belluno site.

*Distance sampling* is a method applied especially in large size study areas with low animal density: this study confirms its suitability with such conditions.

The precision of density estimates achieved by *distance sampling* surveys was higher than by *plot sampling* surveys, possibly because of the low animal density detected in the two study areas: where the animal abundance was relatively high (e.g. red deer in Belluno site), also *plot sampling* proved a reliable method.

The great difference among the seasonal roe deer abundance estimates by *distance sampling* could be due to the large variation of the pellet group decay rate throughout the year, with longer decay periods resulting in negatively biased estimates.

*Plot* and *distance sampling* proved reliable methods for assessing population density in large alpine areas, characterised by difficult terrain; *distance sampling* performed well also at low population densities.

## 1. Introduzione

### 1.1 Conservare e gestire la fauna

L'allarmante perdita di diversità biologica cui stiamo assistendo in tutto il mondo negli ultimi decenni, unita alla consapevolezza che gli ambienti naturali siano stati pesantemente modificati dall'azione dell'uomo (Mustoni et al., 2002), hanno contribuito allo svilupparsi della "Biologia della conservazione", che si propone di studiare un determinato ecosistema per mantenerlo in condizioni tali da consentire la stabilità delle popolazioni animali e vegetali che lo caratterizzano.

In particolare, nell'ambito della conservazione e della gestione faunistica, si tenta di individuare le strategie per salvaguardare le popolazioni animali, in modo che queste non perdano il valore assunto in un preciso contesto ambientale.

Tale valore è caratterizzato da una triplice valenza: ecologica, economica, estetica (Mustoni et al., 2002).

L'importanza rivestita da una popolazione animale nello stabilizzare e tipizzare un ecosistema corrisponde al **valore ecologico** di tale specie.

I risvolti, in termini economici, derivanti dalla presenza di una specie animale in un determinato territorio (fruizione venatoria e turistica, impatto sulla struttura forestale e sulle colture), ne rappresentano il **valore economico**.

L'importanza della semplice presenza di popolazioni animali nel caratterizzare e nel valorizzare l'ambiente in cui esse vivono, conferisce loro un **valore estetico**.

Oggi la ricerca scientifica è uno strumento indispensabile per accrescere le conoscenze volte ad individuare le migliori strategie da applicare nella conservazione e gestione della fauna (Mustoni et al., 2002). In particolare, si indagano le relazioni dinamiche tra popolazioni animali ed ambiente nelle sue componenti biotiche e abiotiche, includendo l'impatto delle attività umane.

Occorre, quindi, rilevare la situazione delle specie nell'area di studio, sia in termini di presenze reali (consistenza e distribuzione delle popolazioni) che potenziali (capacità di carico) in base alle caratteristiche dell'ambiente (Mustoni et al., 2002).

Da questo punto di vista i censimenti sono uno strumento basilare a disposizione degli studi faunistici (Krebs, 1998). La stima dell'abbondanza di una popolazione, infatti, è cruciale per la comprensione della stessa (Buckland et al., 2001) ed il successo di un piano di gestione faunistica e/o di conservazione, a sua volta, è

strettamente dipendente da un'accurata stima della densità dell'animale studiato (Webbon et al., 2004).

## 1. 2 Fauna e complessità degli ecosistemi

La semplice presenza e le attività di un qualsiasi organismo vanno inevitabilmente a modificare l'ambiente in cui esso vive.

Tra le diverse popolazioni che risiedono in un determinato territorio, si possono instaurare varie forme di interazione (competizione, mutualismo, parassitismo, predazione...), fondamentali nel regolare i complessi equilibri di un ecosistema. Perciò, la conoscenza dei parametri che caratterizzano le popolazioni "faunistiche" contribuisce a definire le interazioni tra tutte le componenti di un ecosistema e consente di ottenere parametri per l'interpretazione modellistica dei fenomeni che lo caratterizzano (Rosà et al., 2003).

## 1. 3 I censimenti

Mediante i censimenti si intende stimare vari parametri che caratterizzano una popolazione:

- **la dimensione** (o consistenza o numerosità), il numero assoluto di individui di una certa specie in un definito areale, sia esso annuale o stagionale;
- **l'abbondanza relativa**, qualora un conteggio assoluto non fosse possibile;
- **la composizione**, data dalla *sex ratio* e dalla ripartizione in classi di età: caratteristiche che indicano lo stato e l'evoluzione di una popolazione (Mustoni et al., 2002).

La conoscenza di questi parametri consente di attribuire un determinato valore ecologico, economico ed estetico ad una data specie in un dato territorio.

A seconda, poi, di quale valore si intenda salvaguardare, si avrà un approccio gestionale appropriato.

Il valore ecologico di una specie viene curato tramite un approccio gestionale che consenta il corretto inserimento dell'animale nell'ecosistema in cui si trova. Perciò, verranno considerati gli effetti di quell'animale sull'ambiente in cui vive: i

danni che può arrecare a comunità animali, vegetali ed umane, i meccanismi di cattura-predazione in cui rientra, il ruolo giocato nella possibile trasmissione di zoonosi...

Di pari passo con la gestione ecologica di una specie, troviamo la gestione del suo valore economico che prevede, ad esempio, la pianificazione del giusto numero di prelievi venatori determinato sulla base dei "piani faunistici" (Mustoni et al., 2002).

Esistono vari tipi di censimento che possono essere raggruppati in base ai risultati attesi dal loro utilizzo o in base al metodo di lavoro usato.

Il primo raggruppamento distingue tra:

- **censimenti esaustivi** (*Census*); conteggio completo degli animali presenti in un dato momento, in una data area, così da determinarne la densità assoluta;
- **censimenti assoluti su aree campione** (*Sample census*); si valuta la densità assoluta in porzioni dell'area totale, rappresentative di quest'ultima, per poi estrapolare i valori relativi all'intera superficie;
- **censimenti relativi** (*Count*), che permettono di ottenere indici di abbondanza relativa (ad es. l'indice di abbondanza chilometrica, IKA), funzione della dimensione assoluta della popolazione (Mustoni et al., 2002).

Il secondo raggruppamento distingue i censimenti in base alle metodologie di lavoro utilizzate, classificando in:

- **conteggi per avvistamento diretto** dell'animale;
- **conteggi indiretti**, che prendono in considerazione segni di presenza quali tracce, fatte, versi...meno costosi e potenzialmente più pratici dei precedenti per ricerche su larga scala (Webbon et al., 2004), nonché più adatti in aree boscate (Marques et al., 2001);
- **conteggi analitico-matematici**, che utilizzano dati relativi ad una parte di popolazione (ad es. individui marcati, individui abbattuti o rinvenuti morti...) per poi ricostruire la struttura della popolazione.

Scegliere il metodo di censimento più appropriato per una data specie, in una data area, in un dato periodo è di fondamentale importanza per il successo del conteggio e delle ricerche che fanno riferimento ai dati raccolti.

Al momento della scelta, occorre considerare gli scopi e le finalità del conteggio, la sua complessità e il tempo necessario per organizzarlo, il numero di persone che richiede, il tipo di dati forniti.

Questi ultimi si suddividono in indicazioni numeriche relative (*indici*) e dati frutto di una stima, dunque trattabili dal punto di vista statistico.

Le stime sono specificate dagli indici di bontà statistica:

- **l'accuratezza:** quanto la stima ottenuta si avvicina alla reale numerosità della popolazione;
- **la precisione:** quanto stime ripetute sono variabili, disperse tra loro. All'aumentare della precisione saranno necessarie meno repliche per avere stime sufficientemente accurate;
- **la sensibilità:** quanto un metodo è in grado di rilevare cambiamenti nella dinamica di popolazione, aspetto importante qualora la popolazione non sia ancora stabile (Mustoni et al., 2002);
- **la robustezza:** quanto un metodo tolleri violazioni alle sue assunzioni base.

Per ottimizzare le stime, si sceglie spesso di associare metodi diversi (è il caso del *distance sampling* su *pellet group count*, in cui si abbina un metodo indiretto ad uno per aree campione) o realizzare più conteggi nella stessa campagna di censimento, basati anche su metodi differenti così da confrontare i dati ottenuti.

Questo perchè un unico metodo di stima non può essere efficiente sia per accuratezza, che per precisione, che per sensibilità e robustezza. A seconda delle proprie esigenze ed obiettivi si andrà a privilegiare l'indice di bontà statistica che si ritiene abbia più valore o si cercherà il migliore compromesso.

#### 1. 4 Il capriolo: ecologia e comportamento

*Capreolus capreolus*, il capriolo europeo, piccolo ungulato dei boschi dell'Europa continentale e dell'Asia minore, viene distinto dalla specie *C. pygargus*, il capriolo siberiano, presente nei vasti territori ad oriente degli Urali e di dimensioni maggiori, all'incirca doppie (40-48Kg, contro i 20-30Kg del capriolo europeo).



Tra i cervidi, il capriolo è la specie più piccola e più comune in Europa: 6.000.000 gli esemplari stimati nel 1982.

Diffusosi dall'ambiente costiero al piano alpino fino ai 2000m di altitudine, dimostra grande adattabilità a climi ed ambienti diversi, anche antropizzati, prediligendo, tuttavia, zone ecotonali di media e bassa quota (fig. 1.1), caratterizzate sia da spazi aperti che da aree boscate, meglio se agli stadi iniziali della successione forestale (Gill et al., 1996), in cui trova cibo e riparo dai potenziali predatori (lupo, lince ed orso) e dalla presenza dell'uomo (Reinmoser & Gossow, 1996; Mustoni et al., 2002).

In Italia, sono stimati allo stato attuale ca. 400.000 esemplari (Pedrotti et al., 2001) distribuiti su tutto l'arco alpino (dove sono presenti ca. 165.000 caprioli) e lungo la porzione centro-settentrionale della dorsale appenninica (ca. 172.000). Scendendo verso sud la sua presenza si riduce notevolmente fino ad annullarsi nelle due principali isole.

Le modeste dimensioni, unite al piccolo trofeo dalla forma rivolta all'indietro ed alla conformazione da "tuffatore" (con i quarti posteriori più alti di quelli anteriori), consentono al capriolo di muoversi agevolmente anche nelle boscaglie dal ricco sottobosco dove trova le sue essenze vegetali preferite. Per quanto riguarda il cibo, infatti, il capriolo è, con l'alce, uno degli ungulati più selettivi (Duncan et al., 1998). È un "brucatore" e come tale predilige specie e parti vegetali dall'alto valore nutritivo, ma facilmente digeribili, quali fiori, frutti, germogli...

Questo comportamento da selezionatore di cibo concentrato è dovuto al fatto che il capriolo presenta un ruminante ed un reticolo di dimensioni relativamente piccole rispetto alla massa corporea. Egli ha necessità di mangiare "spesso e bene" e la sua attenzione nella scelta del cibo è da ricondursi, perciò, a motivi

principalmente fisiologici.

Le esigenze fisiologiche del capriolo, però, vanno a discapito del benessere delle specie vegetali di cui si nutre. Preferendo fiori, frutti e germogli di piante a parti quali steli erbosi e foglie, il capriolo gioca un ruolo fondamentale nell'ecosistema in cui si colloca, arrecando, in certi casi, danni considerevoli a parti vitali delle piante. Nello specifico, la brucatura degli apici vegetativi (cimatura) e dei getti, modifica l'accrescimento delle giovani piante, ritardandone la crescita, compromettendone lo sviluppo in altezza e andando a modificare il bosco di cui si impedisce il rinnovamento (il bosco assume forme paracoetanee) e di cui si modifica la conformazione arborea (Kossak, 1983; Mustoni et al., 2002).

Oltre a rappresentare un problema per alcune piante a causa del suo regime alimentare, il capriolo, specie il maschio, può provocare danni alle giovani piante con atteggiamenti tipici di alcune fasi comportamentali. Come il cervo, il capriolo sfrega il palco su arbusti e giovani alberelli (in particolare di larice, pino cembro e silvestre, producendo i riconoscibili "fregoni") sia per potersi disfare del velluto quando questo ha perso la sua funzione, sia durante la fase "territoriale-gerarchica" quando è necessario scaricare la propria aggressività o demarcare il proprio territorio con segnali visivi e olfattivi rilevabili dai consimili (Johansson et al., 1995). Il risultato è un netto scortecciamento della giovane pianta, che può anche causarne la morte.

Il comportamento sociale di questo ungulato varia in base al sesso, all'età ed alla stagione.

Nei mesi primaverili e di inizio estate, anche grazie all'abbondanza delle risorse alimentari, i caprioli presentano una fase comportamentale "individualista", con isolamento della femmina (che eventualmente si trova con i suoi ultimi nati) e territorialità del maschio.

La territorialità maschile, che si stabilisce nel mese di maggio, ha il probabile significato di distribuire su tutto l'areale disponibile i vari individui, favorendo la dispersione degli esemplari più giovani, privi di territorio, in aree non ancora occupate (Bramley, 1970).

La territorialità si instaura dopo una "fase gerarchica" in cui i maschi entrano a partire dalla metà di febbraio. In questa fase, probabilmente a causa dell'aumento di produzione testicolare di testosterone, i maschi diventano assai irritabili ed aggressivi, specie nei confronti di altri individui maschi. Si può anche

arrivare a confronti diretti, tuttavia i contrasti si risolvono più frequentemente con atteggiamenti ritualizzati di dominanza e sottomissione.

Alla fine della "fase gerarchica" i maschi occupano una precisa posizione sociale e si ritirano nel proprio territorio all'interno del quale tollerano la presenza di sole femmine o di giovani chiaramente sottomessi (Bramley, 1970).

Tra le femmine, verso la fine di maggio, quelle gravide si isolano andando a scegliere località tranquille e ben riparate in cui danno alla luce i cuccioli, generalmente due per ogni madre.

Verso la fine di luglio inizia la stagione degli accoppiamenti (*rut*), preceduti da corse e inseguimenti rituali del maschio in attesa della ricettività della femmina (*estro*), che dura solo poche ore. Il capriolo adotta un sistema nuziale debolmente "poliginico", che vede un maschio fecondare 2-3 femmine e le cure parentali affidate esclusivamente alla femmina (Hewison et al., 1988).

Nota particolare della fase di gestazione è la "diapausa": gli ovuli fecondati, dopo poche moltiplicazioni iniziali, entrano in un periodo di quiescenza della durata di circa quattro mesi. Lo sviluppo dello zigote viene interrotto, "congelato" e riprende solo alla metà di dicembre quando l'embrione si impianta nella mucosa uterina ed inizia il vero e proprio sviluppo che si conclude verso fine maggio, consentendo le nascite nel periodo più favorevole, dal punto di vista climatico, nella fascia temperata europea.

Al termine della fase degli amori, segue la "fase dei raggruppamenti" che dura tutto l'inverno. In questo periodo si instaurano gruppi con organizzazione di tipo "matriarcale", composti generalmente da una femmina adulta (a cui tutto il gruppo fa riferimento), dai figli ultimi nati e dalla figlia dell'anno precedente con il suo maschio adulto (fig 1.1).

Solitamente il gruppo sceglie quartieri di svernamento posti alle medie altitudini e lungo versanti esposti a sud, sud-ovest, microclimaticamente più favorevoli grazie alla maggiore insolazione e quindi dalle temperature diurne più elevate e dalla minore permanenza del manto nevoso: fattore fortemente limitante nella distribuzione di questo ungulato, tanto che è stata notata una correlazione diretta tra l'altezza della coltre nevosa e i danni provocati alle specie forestali più appetite dal capriolo in inverno (König & Baumann, 1990).

Lo scioglimento dei gruppi invernali avviene in primavera, quando i maschi iniziano ad entrare nella "fase gerarchica" e le femmine si avvicinano al momento dei parti..

Conoscere le abitudini sociali del capriolo, e più in generale della specie che si va a studiare, è di fondamentale importanza per una corretta pianificazione della campagna di campionamento. In particolare, i dati di censimenti diversi sono confrontabili se fanno riferimento a periodi di distribuzione omogenea della specie sul territorio.



Fig. 1.1 Una femmina radiocollata (F10) con il piccolo in ambiente ecotonale nell'area di studio.

### 1. 5 Il cervo: ecologia e comportamento

Il cervo rosso, *Cervus elaphus*, propriamente detto, distinto dal *wapiti*, *Cervus elaphus canadensis*, diffuso in Nord America e nelle regioni nord orientali dell'Asia, è presente in tutto il continente eurasiatico con diverse sottospecie: *C. e. hippelaphus* è la sottospecie che troviamo in Europa centro-orientale ed in Italia. In Sardegna possiamo registrare anche la presenza di una sottospecie "corso-sarda", *C. e. corsicanus*, oggi in pericolo di estinzione (Mustoni et al., 2002).



La distribuzione del cervo (*C. e. hippelaphus*) in Italia comprende tutto l'arco alpino e parte dell'Appennino settentrionale e centrale. Ad oggi si stima una popolazione di circa 44.000 capi, con un tasso di incremento annuo relativamente costante negli ultimi decenni, quantificabile in valori prossimi all'8% (Mustoni et al., 2002).

La mole corporea rende il cervo facilmente distinguibile dal capriolo: l'altezza al garrese (105-140cm nel maschio) e la lunghezza sterno-coccigea (185-210cm) sono quasi doppie rispetto a quelle del capriolo; il peso può essere 10 volte tanto (Mustoni et al., 2002). Il maschio presenta un magnifico ed imponente trofeo, di enorme importanza eto-sociologica, che rende il cervo animale adatto alla vita nei boschi radi alternati a spazi aperti e pascoli, ad altitudini comprese tra il livello del mare e il limite degli alberi (fig. 1.2).

Come il capriolo, anche il cervo subisce due mute annuali che adeguano il colore e la consistenza del mantello alla stagione estiva e a quella invernale. Mentre la colorazione estiva di questi due cervidi si assomiglia, tendendo ad un colore bruno-rossastro con le zone ventrale e perianale più chiare, la muta autunnale, effettuata in settembre, fa assumere al cervo una veste bruno-scura e non grigio-bruna (quindi più chiara) come accade per il capriolo.

Altro carattere che appare evidente nel periodo invernale nei maschi di cervo, è una folta criniera, localizzata nella parte inferiore del collo ed anch'essa, come il palco, implicata nelle complesse dinamiche di relazione sociale di questa specie (Mustoni et al., 2002).

Un'ulteriore distinzione tra cervo e capriolo nel periodo invernale è data dalla mancanza del palco in quest'ultimo che lo getta, a seconda dell'età, tra ottobre e dicembre. Viceversa, un cervo mantiene il palco nei mesi invernali, gettandolo a maggio, al compimento del suo secondo anno di vita, quando è un fusone (maschio di prima testa) e anticipando progressivamente la gettata fino al mese di febbraio negli anni successivi. La formazione del nuovo palco, di conseguenza, avviene nei favorevoli mesi primaverili e non in pieno inverno come per il capriolo; ciò fa sì che nel cervo la forma e le dimensioni del trofeo siano molto meno condizionate dagli eventi esterni (Perco, 1979; Perco, 1986; Ladini, 1989).

Il palco contribuisce a regolare i rapporti sociali tra maschi, in particolare tra quelli che hanno raggiunto i 6-7 anni di età e il completo sviluppo corporeo.

La posizione sociale risulta determinante nel regolare i rapporti all'interno dei branchi, solitamente costituiti dall'associazione di più unità familiari, formate da una madre con l'ultimo nato e la sottile o il fusone dell'anno precedente. Compiuti i due anni, i giovani maschi si separano dalla madre e si ritirano a vivere in piccoli branchi di coetanei, prima, e a vivere da soli, poi.

Solamente nel mese di settembre, con l'inizio degli amori, i maschi si riavvicinano alle femmine, attratti dai segnali olfattivi rilasciati da queste e spinti da un'eccitazione sessuale che compare prima negli adulti, successivamente nei più giovani. L'eccitazione rende i maschi irrequieti; essi raspano frequentemente il terreno (producendo le "raspate" o "piazzole" attraverso azioni di aratura così da marcare olfattivamente il territorio) e attaccano alberi e cespugli per sfogare il loro nervosismo, apportando danni da sfregamento alla vegetazione arborea ed arbustiva (Wotschikowsky & Heidegger, 1999).

A fine settembre, inizio ottobre, comincia la sfida canora tra maschi: nelle ore notturne vengono emessi forti bramiti, mediante i quali un maschio fa mostra delle proprie potenzialità di accoppiamento, un'esclusiva dei maschi di rango superiore.

Terminati gli "amori", gli animali si preparano ad affrontare l'inverno; periodo in cui è difficile recuperare cibo anche a causa del manto nevoso che limita gli spostamenti, costringendo il cervo a stanziare in quartieri di svernamento solitamente collocati sui versanti esposti a sud, sud-ovest, con pendenze marcate che favoriscano lo scioglimento della neve.

Durante l'inverno i cervi maschi si isolano o formano piccoli gruppi di coetanei; le femmine vanno a ricostituire quei gruppi familiari che verranno sciolti solo a metà maggio quando sarà tempo dei parti.

Le abitudini alimentari del cervo lo collocano tra i "pascolatori selettivi di tipo intermedio". Esso si ciba preferenzialmente di Poacee, anche se sa adattarsi a ciò che l'ambiente offre nei vari periodi dell'anno. Il cervo, infatti, è in grado di digerire le parti fibrose delle piante grazie ad rumine di dimensioni maggiori rispetto a quelle del capriolo; rumine in cui il cibo si ferma per un tempo sufficiente alla decomposizione della cellulosa (Wotschikowsky & Heidegger, 1999).

Nel corso dell'inverno, il cervo si ciba anche degli apici di giovani latifoglie, oltre che della corteccia e delle fronde delle conifere, così da compensare un'alimentazione povera di fibre (Mustoni et al., 2002). Nel caso di popolazioni

consistenti, ciò provoca danni all'economia forestale (Mysterud et al., 2001). Tra questi è opportuno menzionare i danni da morso, dovuti a brucature di gemme e polloni, e i danni da scortecciamento, dovuti alla rimozione della corteccia di giovani alberi con tronco di diametro tra i 10 e i 20cm; gli uni causano una crescita irregolare e ridotta delle piante brucate, gli altri rendono vulnerabile l'alberello cui è stata tolta la corteccia o, peggio, ne provocano la morte (Wotschikowsky & Heidegger, 1999).

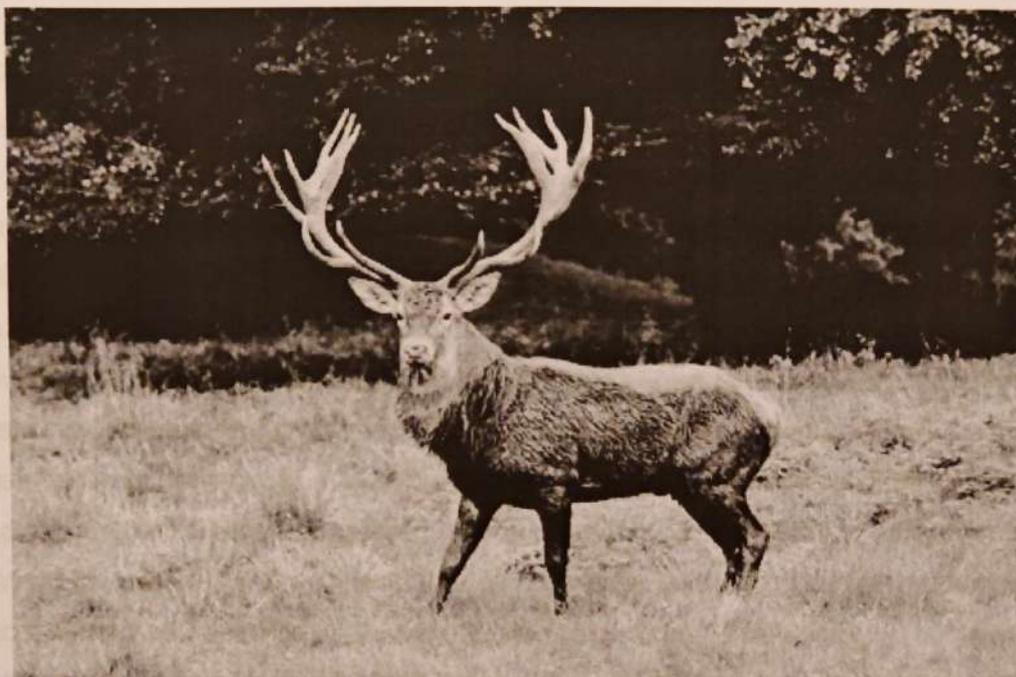


Fig. 1.2 Possente maschio di *Cervus elaphus*, in una radura al limitare del bosco.

### 1. 6 Perché censire cervo e capriolo?

Negli ultimi decenni il numero di cervi e caprioli presenti in Italia è costantemente aumentato. Entrambe sono specie dal notevole valore ecologico, economico ed estetico. Centrale è il loro ruolo in tutto l'ecosistema alpino (cfr. §1.6.1); il valore che viene attribuito loro in ambito venatorio e l'importanza di cui godono presso le tradizionaliste culture di montagna affondano le proprie radici nei secoli.

Sono, inoltre, due specie nettamente collegate tra loro: prediligono gli stessi tipi di habitat, ma la competizione che si instaura fa sì che una delle due specie prevalga, solitamente il cervo. Uno stesso territorio può, ben inteso, essere contemporaneamente sfruttato da una popolazione di cervo ed una di capriolo,

presenti, però, con un numero di capi inferiore a quello che si avrebbe nel caso della presenza di una singola specie (Mustoni et al., 2002). Considerata la costante espansione del cervo negli ultimi decenni (registrata in tutta Europa; Mysterud et al., 2002), risulta opportuno monitorare in parallelo queste due specie, per valutare eventuali effetti negativi di interazione.

Avere una stima di densità delle loro popolazioni, quindi, è fondamentale per una appropriata conservazione e gestione delle specie (Marques et al., 2001), per pianificare interventi atti a limitare eventuali danni provocati da questi due ungulati o per prendere qualsiasi tipo di decisione che li coinvolga (Mayle et al., 1999).

### **1. 6.1 Implicazioni ecosistemiche di capriolo e cervo**

Il graduale ma continuo abbandono delle montagne da parte dell'uomo, dovuto prevalentemente alla drastica riduzione delle attività agrosilvopastorali, e il contemporaneo avvento di un turismo montano "di massa", hanno modificato notevolmente le zone alpine.

Conoscere, pertanto, il trend evolutivo di popolazioni animali appartenenti ad un ambiente in cambiamento come quello montano, è fondamentale per la conservazione e la gestione non solo delle specie zoologiche, ma di tutto l'ecosistema alpino (Smart et al., 2004).

Gli effetti che cervo e capriolo esercitano sull'ambiente forestale in cui vivono sono già state trattati nei paragrafi dedicati a ciascuna delle due specie. È stato precisato che le abitudini alimentari e comportamentali di questi due ungulati possono condizionare, anche pesantemente, il rinnovamento e l'evoluzione forestale attraverso brucature, scortecciamenti, fregoni.

Interessante è soffermarsi, brevemente, a considerare i rapporti di cervo e capriolo con i propri predatori. Lupo, *Canis lupus*, lince, *Lynx lynx*, ed orso, *Ursus arctos*, possono essere considerati i principali carnivori coinvolti nel regolare e nell'influenzare le consistenze di questi cervidi, esercitando una pressione selettiva in grado, teoricamente, di mantenere in equilibrio e in salute le popolazioni (Mustoni et al, 2002). Considerata, però, la persecuzione cui questi predatori sono stati soggetti negli ultimi secoli, si capisce come, oggi, non rivestano più un ruolo "bilanciante" delle popolazioni. Tuttavia, i grandi carnivori

stanno lentamente rioccupando quei territori alpini e appenninici dai quali erano scomparsi, grazie ad una diminuzione della persecuzione esercitata dall'uomo e ad un incremento costante delle popolazioni delle loro prede selvatiche.

È proprio la densità di ungulati, infatti, uno dei fattori determinanti nel definire quanti lupi, linci od orsi possano sopravvivere in un dato territorio: le loro sorti di predatori al vertice della piramide alimentare sono strettamente legate all'abbondanza delle loro prede.

Nel suo concentrarsi a cacciare gli individui più deboli, il lupo viene considerato un predatore selettivo. Esso preferisce, inoltre, il cervo al capriolo (Mustoni et al., 2002). La lince, invece, è un predatore specializzato su ungulati di taglia medio-piccola, in particolare sul capriolo, a tal punto che si pensa ad una coevoluzione delle due specie in tale ambito. L'orso si ciba di ungulati selvatici, a volte già morti, con il principale scopo di arricchire qualitativamente la sua dieta, ma senza andare ad influire quantitativamente nelle dinamiche delle loro popolazioni (Mustoni et al., 2002).

In ambienti selvatici, gli equilibri di popolazione intra ed interspecifici vengono regolati anche dalla presenza di parassiti portatori di patologie. Le dinamiche che si instaurano, all'interno di precisi contesti ecosistemici, tra agenti patogeni, loro specie serbatoio e specie amplificatrici vengono studiate dall'ecopatologia.

Assai importante, in questi ambiti, è il ruolo rivestito dai cervidi nel consentire il completamento del ciclo vitale delle zecche (in primis *Ixodes ricinus*), a loro volta responsabili di zoonosi (TBD: Tick Borne diseases) trasmissibili anche all'uomo. Ciò è dovuto, essenzialmente, alla frequente sovrapposizione di habitat tra gli ungulati e questi artropodi che preferiscono siti con elevata umidità relativa (>80%), temperatura media annua di 8°C e precipitazioni di circa 800mm/anno. Condizioni, queste, che si ritrovano nelle foreste termofile a latifoglie delle nostre montagne (Rizzoli et al., 2000). Tra le malattie che possono colpire l'uomo ricordiamo il morbo di Lyme, provocato dall'infezione del battere *Borrelia burgdorferi* (Matuschka et al., 1993; Branz, 2000), e la TBE (Tick Borne Encephalitis), causata dal TBE virus (Gerth et al., 1995; Branz, 2000). Quest'ultima può provocare gravi danni al Sistema Nervoso Centrale e risultare, in alcuni casi, mortale.

Negli ultimi anni, inoltre, probabilmente anche a causa dei cambiamenti climatici e delle variazioni nell'utilizzo del territorio che hanno fatto aumentare gli habitat favorevoli a disposizione delle zecche e ad una maggiore facilità di contatto tra

uomo e agenti patogeni (Randolph et al., 1996), la TBE si è diffusa in Europa centro-orientale, arrivando ad interessare anche zone del Trentino (Lamar, Coste di Cavedine; Bassetti & Caciagli, 2000) e del bellunese.

Studi condotti dal Centro di Ecologia Alpina di Trento hanno già dimostrato le dirette correlazioni tra la presenza di TBE virus e *Borrelia burgdorferi* e la densità di zecche e caprioli (Rizzoli et al., 2000; Hudson et al., 2001; Perkins et al., 2003) ed hanno prodotto mappe predittive del rischio di infezione sulla base di informazioni geografiche ed ambientali (Rizzoli et al., 2002).

Risulta, quindi, intuitivo capire che poter disporre, in aree interessate da TBE, di informazioni precise sulla densità di popolazione di cervo e capriolo, due tra i principali ospiti di questi ectoparassiti, sia di indubbia importanza.

A tale proposito, si fa presente che durante i rilievi eseguiti per questo studio è stata monitorata anche la presenza di zecche, prelevando e conservando gli individui rinvenuti lungo i transetti mediante il *dragging sample* (De Felici & Luise, 2000).

### 1.7 Metodi per il censimento del capriolo e del cervo

Non esiste un metodo "ottimale" per la stima di popolazione di capriolo e cervo, ma il miglior compromesso tra obiettivi dello studio, livello *target* di affidabilità statistica del risultato, contesto ambientale, forza umana a disposizione.

Le popolazioni di cervo e capriolo sono tradizionalmente censite nell'ambito dei programmi di gestione venatoria attuati, in Italia, da Province o Comprensori di caccia. Si elencano di seguito i metodi più comunemente utilizzati, facendo riferimento ai già citati criteri di classificazione.

Censimenti assoluti:

- **Block census:** si suddivide il territorio in vari settori, ognuno dei quali di dimensioni tali da consentire un conteggio assoluto degli animali avvistati all'interno da parte di un singolo osservatore in un giorno. Viene solitamente applicato in zone oltre il limite della vegetazione dal momento che è necessario avvistare direttamente gli animali e richiede un buon numero di rilevatori esperti nell'identificazione degli animali (Mayle et al., 1999).

- **Censimento in battuta su settore campione.** Da utilizzare in aree a prevalente copertura boschiva (>50%). Si censisce in maniera esaustiva un settore di superficie compresa tra 50 ed un massimo di 300ha, di forma allungata e stretta, che viene percorso in battuta da un numero di operatori variabile in base alla morfologia del territorio, al tipo di vegetazione ed alla specie su cui il censimento si concentra. I battitori spingono gli animali nella direzione di una linea di osservatori pronti per conteggiarli (Meriggi, 1989). È un metodo che fornisce ottime indicazioni se utilizzato nel periodo invernale (quando ci sono le migliori condizioni di visibilità in un ambiente boschivo) e durante le ore di minima mobilità degli animali (da evitare, quindi, alba e tramonto).
- **Censimento esaustivo di aree campione da punto fisso con mappaggio:** utilizza la stessa metodologia del *block census*, differenziandosi da esso per il censimento parziale dell'area tramite individuazione di aree campione. Si effettua in zone con copertura boschiva <50% (Mayle et al., 1999), al "primo verde", tra marzo e aprile, quando gli animali possono facilmente essere avvistati, mentre pascolano alle prime ore del giorno o al tramonto, da operatori appostati in punti precisi e che si curano di segnare la posizione degli animali su apposite mappe.

#### Censimenti relativi

- **indici di abbondanza:**
  - o IKA (indice di abbondanza chilometrica); si ricava metodologicamente con un osservatore che percorre transetti lineari precedentemente identificati, contando gli animali avvistati su entrambi i lati del transetto. Il dato che emergerà sarà espresso in  $N^{\circ}_{\text{animali}}/\text{Km}$ . Il metodo di osservazione è dipendente dalla specie e può essere diretto o indiretto. Un esempio di metodo diretto utilizzato per questi scopi è il censimento notturno al faro che consiste nel percorrere con un'autovettura strade forestali, in aree scarsamente disturbate durante la notte, cercando di individuare gli animali con l'ausilio del faro che ne illumina gli occhi (fino a distanze di 300 – 400m) o ne consente l'identificazione, se più vicini all'osservatore (Mayle et al., 1999).

- ITA (indice temporale di abbondanza)  $N^{\circ}_{\text{animali}}/\Delta t$
- IPA (indice puntiforme di abbondanza)  $N^{\circ}_{\text{animali}}$  avvistati da un punto

#### Censimenti analitico-matematici

**Mark – Resight:** è applicabile nel caso della presenza di animali marcati in una popolazione. Durante i conteggi (che possono avvenire secondo i metodi sopra citati), si prende nota del rapporto tra animali marcati e non marcati.

La consistenza viene stimata sulla base dell'indice di Lincoln - Petersen (Eberhardt, 1990; Gill et al., 1996; Mayle et al., 1999):

$$\text{Pop}_{\text{tot}} = N^{\circ}_{\text{marcati}} \times (N^{\circ}_{\text{osservati}} + 1) / (N^{\circ}_{\text{osservati-marcati}} + 1)$$

Questo metodo va applicato a popolazioni chiuse in cui ciascun membro della popolazione ha le stesse probabilità di essere catturato e marcato, nonché rivisto.

- **Population reconstruction:** si stima retrospettivamente la consistenza di una popolazione basandosi sul ritrovamento di animali morti dei quali si devono determinare precisamente sesso ed età. Inoltre è necessario che il numero degli animali deceduti perché braconati sia bassissimo (questi non rientrano tra i capi dichiarati abbattuti, né possono essere rinvenuti morti).

La necessità di ricorrere a metodi di censimento facilmente replicabili ed adattabili a diverse situazioni ambientali, ha costituito terreno fertile per lo sviluppo e l'utilizzo di tecniche di conteggio su base statistica.

Questi metodi permettono la stima della consistenza di una popolazione animale assumendola come variabile aleatoria; stima la cui bontà viene valutata attraverso indici statistici quali media, varianza, deviazione standard, coefficiente di variazione. Modelli statistici recentemente sviluppati incorporano statistica moderna e principi di dinamica di popolazione (Buckland et al., 2001).

Di questi metodi fanno parte il **plot sampling** ed il **distance sampling**.

Il *plot sampling* prevede che si contino **tutti** gli animali/segni di presenza individuabili nel *plot* di rilevamento il quale può assumere forma circolare, quadrata o a striscia (come nel caso dello *strip transect*; Marques et al., 2001), in cui gli "oggetti" vengono contati muovendosi lungo la linea centrale del transetto, senza determinarne la distanza dall'osservatore come, invece, si farebbe utilizzando il *distance sampling*. Il principio del *distance sampling* è infatti la modellizzazione della densità sulla base della probabilità di rilevamento in funzione della distanza. Si tratta di un metodo sviluppato a partire dalla fine degli anni sessanta e che dovrebbe essere considerato il metodo di prima scelta per qualsiasi ricerca che si ponga l'obiettivo di conteggiare "oggetti" (Buckland et al., 2001; Buckland & Hedley, 2004), siano essi animali vivi o morti, loro nidi o tane, piante; persino mine nel caso di un utilizzo militare che preveda la stima di densità di questi ordigni (Buckland et al., 2001).

Solitamente si ricorre all'utilizzo di **metodi indiretti** di campionamento quando:

- il contatto visivo con gli animali è difficoltoso e/o perché la loro densità è scarsa;
- gli animali manifestano un *responsive behaviour* e si dimostrano suscettibili della presenza dell'osservatore;
- l'abbondanza dei segni di presenza può essere direttamente relazionata alla numerosità di popolazione.

I metodi di conteggio indiretto riferiti al ***pellet group count***, cioè alla conta delle fatte di ungulati (*pellet group*) hanno già dimostrato di essere di facile applicazione e di costo relativamente contenuto in studi condotti negli ultimi decenni, confermando il loro valore e la loro affidabilità (Mooty & Karns, 1984; Edge & Marcum, 1989).

La combinazione di queste metodologie (*pellet group count* con *plot sampling* e *distance sampling*) ha trovato applicazione in vasti progetti di monitoraggio di cervidi a scala regionale e nazionale (Buckland et al., 2001; Ward et al., 2004).

Il *plot sampling* applicato al *pellet group count* risulta essere un metodo di censimento preciso ed efficace quando la densità degli animali nell'area di studio è elevata (il fatto di perdere osservazioni al di fuori della ristretta area di campionamento non mina l'efficienza del metodo), quando le zone da campionare sono facili da monitorare (boschi non fitti, terreni dalla semplice morfologia...), quando gli animali/segni di presenza possono essere contati

facilmente ed in maniera esaustiva e quando il costo di trasferimento tra un *plot* e l'altro è limitato (aree di studio piccole; Buckland et al., 2001).

Il *distance sampling* applicato al *pellet group count*, è un metodo ampiamente usato di cui è stata confermata la validità per stimare l'abbondanza di animali in ambienti "criptici", limitanti per quanto riguarda la possibilità di osservazione (Buckland et al., 2001; Campbell, 2004; Schwarz & Seber, 1999).

Queste metodologie non sono mai state applicate per cervo e capriolo in ambiente alpino. La realizzazione di un monitoraggio sperimentale della densità di popolazione di cervo e capriolo in ambiente alpino mediante *pellet group count* e la valutazione critica dei risultati rappresentano l'oggetto di questo studio.

## 2. Obiettivi

- Determinazione della densità di popolazione di capriolo e cervo mediante *pellet group count* con *distance sampling*, in due aree alpine.
- Determinazione della densità di popolazione di capriolo e cervo mediante *pellet group count* con *plot sampling*, in due aree alpine.
- Determinazione del *decay rate* mensile dei *pellet group* di capriolo nell'area del Monte Bondone (Tn).
- Valutazione dell'effetto delle variabili ambientali sulla stima della densità di popolazione di cervidi con *pellet group count*.
- Valutazione dell'effetto delle variabili ambientali sulla stima del *decay rate* di *pellet group* di capriolo.
- Confronto critico delle due metodologie di stima della densità di popolazione di cervidi.

### **3. Area di studio**

#### **3. 1 Monte Bondone (Tn)**

##### **3. 1.1 Inquadramento geografico**

Il gruppo dello Stivo – Monte Bondone si colloca tra la Val d'Adige (ad est) e la bassa Valle del Sarca (ad ovest), esattamente all'altezza del 46° parallelo, in Trentino occidentale.

Il Monte Stivo (2058m s.l.m.) rappresenta il sottogruppo meridionale del massiccio ed è separato dal Monte Bondone dal Passo della Becca collocato a 1577m (Gorfer, 1975). Il Monte Bondone, "l'Alpe di Trento", costituisce la parte settentrionale del gruppo montuoso ed arriva a superare i 2000m di quota con le "Tre Cime" ("Cima Verde" 2210m, "Doss d'Abramo" 2155m, "Monte Cornetto" 2176m) ed il Monte Palon (2098m) ai piedi dei quali, nella conca prativa delle Viote (fig. 3.1), sorge il Centro di Ecologia Alpina della Provincia Autonoma di Trento.

##### **3. 1.2 Inquadramento geologico**

Questo gruppo montuoso è principalmente costituito da rocce sedimentarie, calcareo-dolomitiche, i cui strati si sono depositati a partire dal Triassico inferiore (250Ma). La successione stratigrafica vede alla base del rilievo montuoso depositi di mare sottile (Formazione di Werfen), cui segue una complessa successione di piana tidale, di delta e di laguna con litologia sia carbonatica-dolomitica, sia terrigena (Demozzi, 2005). Seguono, poi, i Calcari Grigi liassici (C. G. di Noriglio), i calcari oolitici (Oolite di San Vigilio) ed i calcari micritici rossastri del Rosso Ammonitico Veronese. Queste rocce, quando affioranti, presentano forme di erosione carsica e appaiono modellate dalla dinamica glaciale quaternaria. Durante il Cretaceo si sono depositati calcari micritici selciferi (Biancone) e Scaglia Rossa (affiorante sul versante settentrionale di Cima Verde). Il Terziario ha lasciato prodotti vulcanici eocenici e calcari (Calcere di Chiusole, Calcere di Malcesine e Calcere di Nago) ricchi in fossili (Demozzi, 2005).

### 3. 1.3 Clima ed ambienti vegetazionali

La vicinanza del bacino lacustre del Garda influenza drasticamente le condizioni climatiche nella porzione di area di studio che si affaccia sulla Valle dei Laghi e sul Basso Sarca. Questo effetto mitigante consente l'instaurarsi nel fondovalle (fino a ca. 500m s.l.m.) di un clima sub-mediterraneo e la crescita di specie quali la vite (*Vitis vinifera*) e il melo (*Malus spp.*); mentre l'altitudine raggiunta dalle cime più alte favorisce un clima di tipo alpino, caratterizzante la parte più in quota dell'area di studio.

Salendo dalla Valle dei Laghi alle cime del Bondone, quindi, si incontreranno in rapida successione pinete di *Pinus sylvestris*, orno-ostrieti, castagneti, querceti, faggete, boschi di conifere (*Picea excelsa*, *Abies alba*, *Pinus nigra*, *Pinus cembra*, *Larix decidua*) mughete ed alnete di ontano verde (*Alnus viridis*).

La situazione non appare molto diversa sul lato dell'area di studio rivolto a Trento ed alla Val d'Adige, dove, tuttavia, si registra una minore presenza di associazioni vegetazionali termofile contrastata da una prevalenza di faggete montane e boschi di conifere.

L'area di studio in cui è stato effettuato il campionamento con il metodo del *distance sampling* si estende per 9500ha, nei confini amministrativi di Trento, Vezzano, Padergnone, Calavino, Lasino, Cavedine, Garniga Terme, Cimone, Aldeno (fig. 3.2). Le altitudini maggiori dell'area di studio sono comprese in un'area demaniale ove vige il divieto di caccia.

L'area di studio in cui è stato utilizzato il metodo del *plot sampling* ha, invece, un'estensione di soli 78ha e si trova nei pressi del Lago di Lamar, nel comune di Terlago, in provincia di Trento (fig. 3.3).



Fig 3.1 La conca delle Viote, con le Tre Cime sullo sfondo.



Fig. 3.2

L'area di studio del Monte Bondone con i 216 transetti monitorati mediante il *distance sampling* tra aprile e ottobre 2006.



Fig. 3.3

L'area di studio di Lamar in cui sono stati eseguiti rilievi con il metodo del *plot sampling*.  
Ognuno dei 64 punti in rosso indica un quadrato di campionamento 7\*7m.

### 3. 2 Candaten, Parco Nazionale delle Dolomiti bellunesi

L'area di studio in questione ha dimensione e caratteristiche completamente diverse da quelle della zona del Bondone, pur rimanendo un'area alpina. È collocata poco al di sopra dei 400m s.l.m., all'interno del Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi, nel comune di Sedico (BL) e, più precisamente, lungo la valle del torrente Cordevole, tra il km 10 e il km 19 della S.S. 203 "Agordina"; ricopre una superficie di 371ha.

Il torrente Cordevole in questa zona si trova nel suo settore "medio-basso": la corrente ha velocità ridotta rispetto al quella del "corso superiore", il materiale sedimentato è costituito da ciottoli di medio-piccole dimensioni e sabbia (Gallandat et al., 1993).

Il letto, perciò, si presenta piuttosto ampio e ghiaioso ed interessa una buona parte dell'area campionata, caratterizzata anche da ampie zone prative, adibite allo sfalcio, oltre che da piccoli boschi con vegetazione arbustiva ed arborea, tipicamente ripariale. Prevalenti sono i Saliceti, distribuiti lungo le rive o su "isolotti" (depositi alluvionali consolidati) formati in quelle parti del greto in cui la corrente ne ha consentito lo sviluppo.

Le formazioni più comuni comprendono, salici ed ontani bianchi, con aceri e frassini nei popolamenti più maturi.

Non mancano, inoltre, zone in cui le conifere d'alto fusto sono predominanti. Si riconoscono pinete di pino silvestre ed aree di impianto di abeti.

L'alternarsi di queste formazioni vegetazionali ad ampie radure, costituisce l'habitat ideale per cervo e capriolo, entrambi presenti nella zona, ma con una più che netta prevalenza del primo.

L'area è stata monitorata soprattutto perché è uno dei più importanti foci per la trasmissione e la diffusione di malattie da zecche nel nord-est, probabilmente il sito più a rischio in tutto il Veneto.

In questa zona il Centro di Ecologia Alpina ha condotto ricerche anche sui piccoli mammiferi responsabili nella trasmissione di questo tipo di malattie (ad es. *Apodemus spp.*, *Clethrionomys glareolus*). Questi studi sono stati condotti in parallelo con i lavori di rilievo dei *pellet group*, effettuati anche qui con i metodi del *distance* e del *plot samplig*.

L'area monitorata mediante *distance sampling* è stata di 371 ha (fig. 3.4), mentre il metodo del *plot sampling* è stato applicato in 88ha (fig. 3.5).

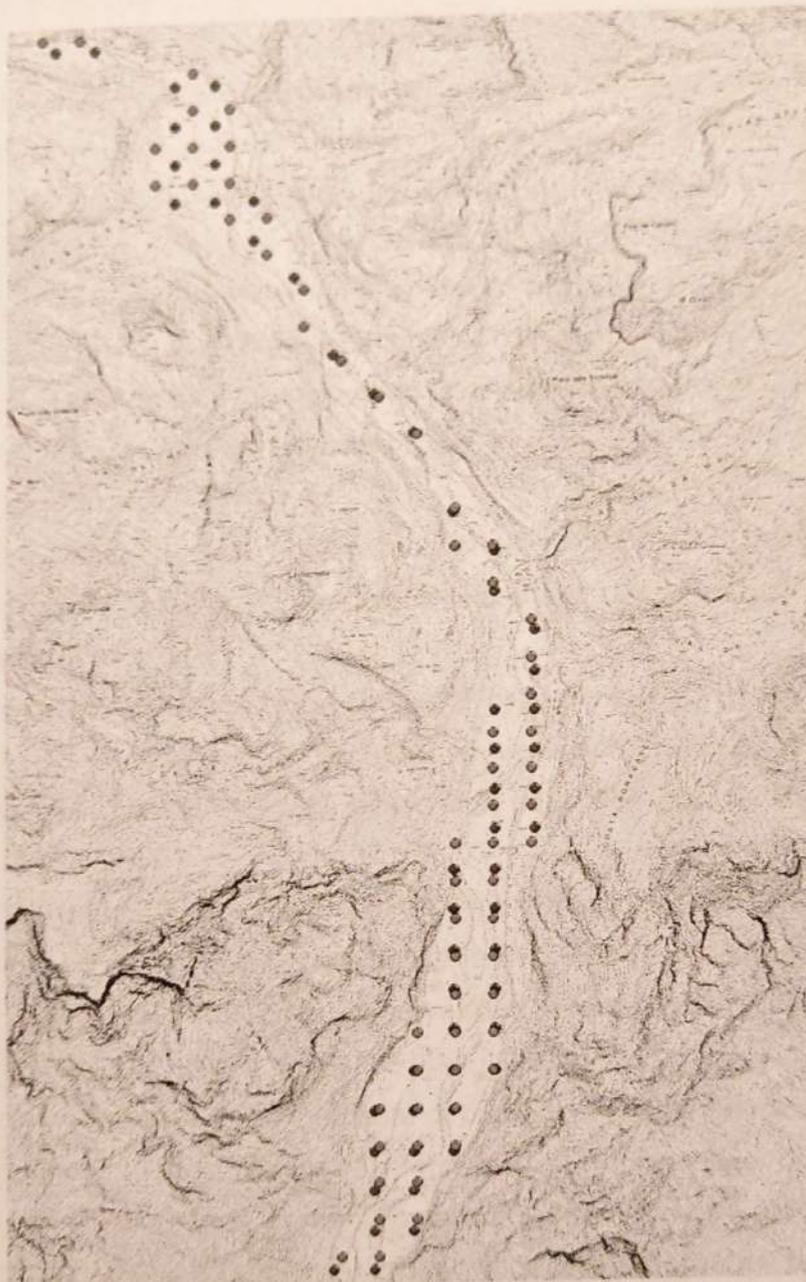


Fig 3.4

I 115 transetti da 100m rilevati nell'area di studio di Candaten, nel Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi.

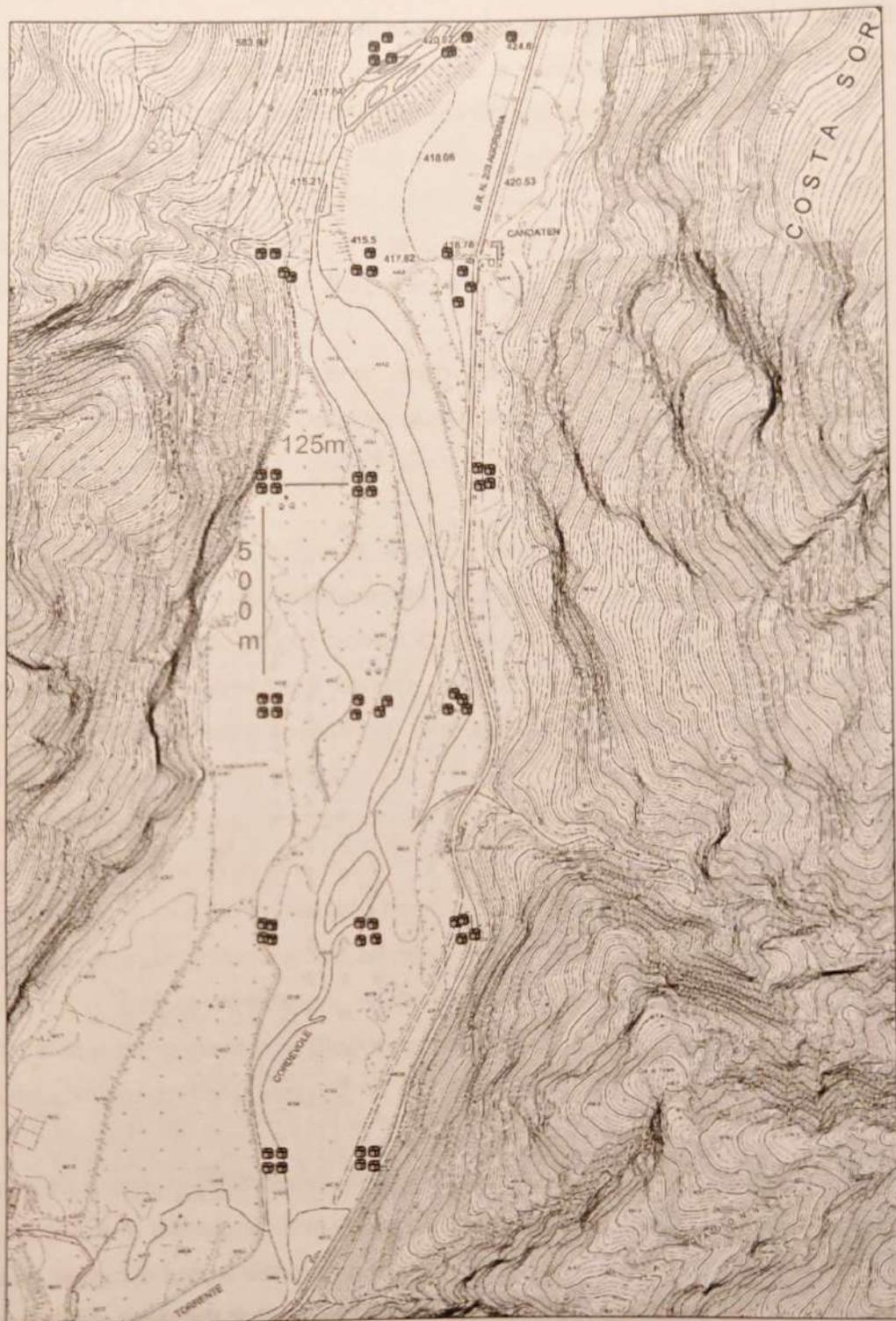


Fig 3.5

L'area di 88ha nel letto del Torrente Cordevole,  
 rilevata con il metodo del *plot sampling*.  
 In evidenza le distanze tra gruppi di *plot* (cfr, fig. 4.7).

## 4. Materiali e metodi

### 4.1 Scelta del metodo

Un approfondito monitoraggio preliminare dell'area di studio principale, il Monte Bondone, e la valutazione dei dati di numerosità della specie principale oggetto della ricerca, il capriolo, già disponibili per l'area di studio (P.A.T., 2004), ha condotto alla scelta di non basarsi su osservazioni dirette di capriolo, ma di rilevare la presenza di *fatte/pellet group* e, quindi, di fare riferimento ad un segno indiretto di presenza ("*cue*"). Una campagna di campionamento, condotta nel 2005 dallo stesso gruppo di lavoro (progetto Becocerwi: Behavioural Ecology of Cervids in Relation to Wildlife Infections), ha inoltre offerto dati preliminari sull'efficienza del metodo.

Le caratteristiche proprie della specie monitorata o dell'area di studio che solitamente portano a selezionare un metodo indiretto di campionamento, sono presenti nel nostro caso.

Il capriolo, e in misura inferiore il cervo, è certamente specie di difficile contattabilità, consideratene le preferenze eto-ecologiche, ed è altamente suscettibile alla presenza di eventuali osservatori nelle vicinanze (Ward et al., 2004).

Le caratteristiche dell'ampia area di studio del Monte Bondone (9500ha, tra 500 e 2180m s.l.m., con pendenze tra il piano ed il verticale, boschi fitti ed ampie radure...) non sono tali da favorire l'osservazione diretta, soprattutto poiché limitano il comportamento di fuga (Buckland et al., 2001).

Inoltre, occorre ricordare che la stima finale di consistenza della popolazione di capriolo effettuata in questo modo fa riferimento ad un periodo di tempo corrispondente al tempo medio di decadimento dei *pellet group* (Laing et al., 2003), mentre un campionamento diretto avrebbe stimato l'abbondanza di capriolo al momento stesso dell'osservazione, effettuandone una fotografia istantanea, magari poco veritiera, considerato il comportamento del capriolo nelle diverse stagioni (Buckland et al., 2001).

La scelta di utilizzare *plot sampling* e *distance sampling* applicate al *pellet group count* è stata fatta considerando innanzitutto le caratteristiche intrinseche dei metodi stessi e in particolare la possibilità di stimare statisticamente l'errore e pianificarne l'entità a priori, tramite la *power analysis* di dati preliminari e

un'opportuna programmazione dello schema di campionamento. Il *distance sampling*, inoltre, è un metodo particolarmente indicato per monitorare vaste aree con uno sforzo limitato. Il territorio aspro e di difficile percorribilità non è parso un fattore a priori limitante nell'applicazione di questi metodi.

## 4. 2 Premesse teoriche dei metodi di campionamento

### 4. 2.1 *Plot sampling*

Nel pianificare una campagna di campionamento con il metodo del *plot sampling* occorre individuare un'area di rilevamento che sia un sottocampione casuale dell'area di studio complessiva, nella quale si assume che gli animali/segni di presenza siano distribuiti in maniera uniforme ed indipendente.

Il *plot sampling* prevede che si contino tutti i *pellet group* presenti nel *plot* di rilevamento. Nel nostro caso è stato applicato il metodo del *clearence count*, che consiste in una prima visita dei *plot* con rimozione dei *pellet group* esistenti (*clearence*) e visite successive con conta dei pellet di nuova deposizione (Mayle, 1999). Ciò consente di estrapolare la densità di animali riferendosi al solo *accumulation rate* o tasso giornaliero di defecazione (cfr. § 4.3.1) e non anche al *decay rate* o tempo di decadimento delle fatte, come accade per il *distance sampling*. Ciò richiede che le visite successive dei *plot* siano effettuate in un intervallo di tempo minore del tempo di decadimento.

### 4. 2.2 *Distance sampling*

Anche il *distance sampling* prevede una suddivisione dell'area di studio, in cui gli animali/segni di presenza sono distribuiti uniformemente e indipendentemente, in aree di campionamento randomizzate.

Avere uno schema di campionamento casuale (nel caso di questo studio è stato utilizzato uno schema casuale impostato su una griglia sistematica) è essenziale per poter ricavare dai dati una densità rappresentativa di tutta l'area di studio (Mayle et al. 1999).

Al contrario del *plot sampling*, con il *distance samplig* non è necessario individuare **tutti** gli animali/segni di presenza all'interno del transetto, ma occorre

rilevare l'esatta distanza (perpendicolare o radiale) di quelli individuati dal centro del transetto, sia esso lineare (*line transect*) o circolare (*point transect*).

Con questo metodo si giunge, infatti, a stimare una proporzione degli animali/segni di presenza effettivamente osservati ( $P_a$ ) proprio sulla base della loro distanza dal centro del transetto (Buckland et al., 2001).

Si considera che la probabilità di avvistare un "oggetto" sia massima e pari a 1 (100%) sulla linea su cui cammina (o su cui si vola, nuota, viaggia o che si segue con un'imbarcazione) e che questa diminuisca allontanandosi dalla linea centrale (Schwarz & Seber, 1999). Pertanto, si assume che **tutti** gli animali/segni di presenza che si trovano sulla linea centrale siano individuati e registrati e che il numero degli avvistamenti diminuisca all'aumentare della distanza dalla porzione centrale del transetto.

Non importa, quindi, se alcuni animali/segni di presenza non vengono rilevati lungo il transetto a causa di variabili quali, ad esempio, le condizioni dell'ambiente circostante, le capacità o l'attenzione dell'osservatore. Questo metodo, infatti, è robusto alle variazioni di "osservabilità" dell'oggetto (*detectability*), purché questo non si trovi sulla linea su cui l'osservatore cammina (Buckland et al., 2001; Barry & Welsh, 2001).

Fondamentale nel *distance sampling* è la corretta stima di  $P_a$  che permetterà di estrapolare la densità di animali/segni di presenza (utilizzando come *cue* i *pellet group* avremo bisogno di *accumulation* e *decay rate*, cfr. § 4.3.1) e, in ultima analisi, la consistenza della popolazione ( $N$ ) nell'area di studio .

#### 4. 2.2.1 Stima della proporzione di animali osservati ( $P_a$ )

Per poter stimare  $P_a$  si può agire in tre modi:

- 1) determinare la "*detection function*"  $f(x)$ , o "*funzione di contattabilità*" (fig. 4.1), che ci permette di capire qual è la probabilità di osservare un animale/segno di presenza data la distanza di osservazione ( $x$ ) dalla linea centrale del transetto (Buckland et al., 2001; Ramsey & Harrison, 2004). Per fare ciò assumo  $f(0)=1$ , cioè che a distanza 0 si veda tutto ciò che è presente e ricavo la *detection function* così che si adatti perfettamente ai dati raccolti.

$P_a$  risulta essere (cfr. fig. 4.1):

$P_a = \text{area sotto curva} / \text{area rettangolo}$

$$P_a = \int_0^w f(x) dx / w * 1$$

In cui:

- $x$  = distanza perpendicolare o radiale degli oggetti dal transetto
- $w$  = distanza max osservata
- $f(x)$  = valore di intercetta della *detection function* sulle ordinate

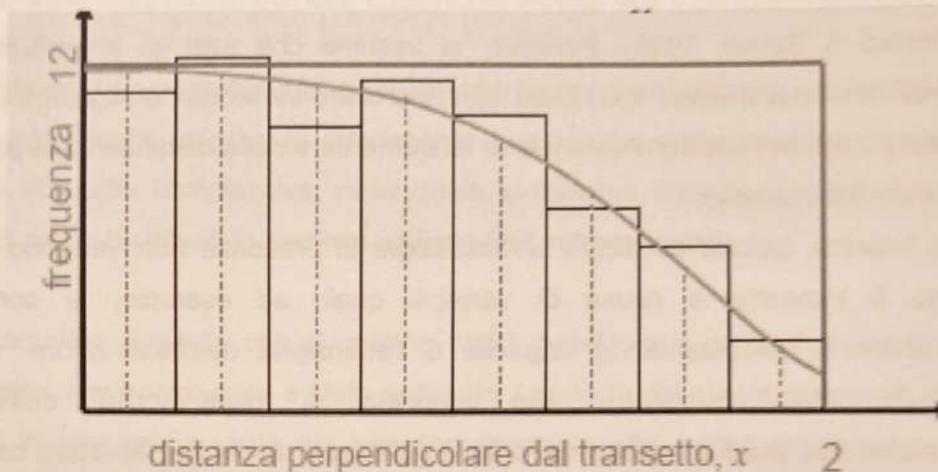


Fig 4.1 Funzione di contattabilità.

Stimata  $P_a$  in questo modo, si può ricavare la numerosità della popolazione (N):

$$N = n * A / 2wL * P_a$$

In cui:

- $n$  = n° di osservazioni
- $A$  = area di studio
- $w$  = distanza max osservata
- $L$  = lunghezza del transetto

- 2) determinare la p.d.f. (*probability density function*, funzione di densità di probabilità,  $f(x)$ ) (figg. 4.2 e 4.3). Tale funzione rappresenta la probabilità che l'animale/segno di presenza che ho osservato fosse alla distanza "x". Per ricavarla non pongo  $f(0) = 1$ , bensì pongo l'area sotto la curva = 1

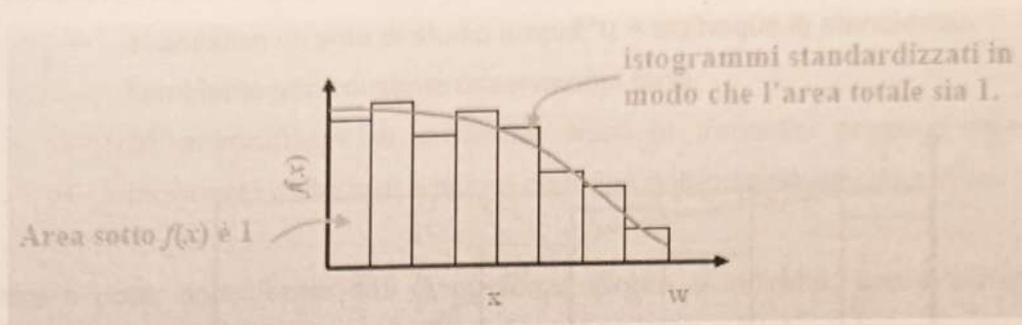


Fig 4.2 Funzione di densità di probabilità.

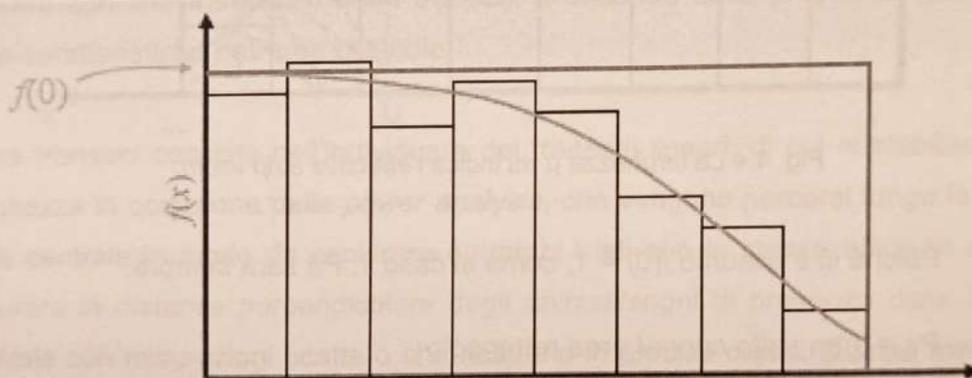


Fig 4.3 Funzione di densità di probabilità.

$$\text{Se } \int_0^w f(x) dx = 1$$

$$Pa = \text{area sotto curva} / \text{area rettangolo}$$

$$Pa = 1 / w * f(0)$$

La popolazione viene così estrapolata in:

$$N = n * A / 2wL * Pa$$

$$N = n * A / 2wL * (1 / w * f(0))$$

$$N = n * A * f(0) / 2L$$

Il vantaggio di questo metodo è l'assenza di  $Pa$  nell'equazione di stima della popolazione  $N$ .

- 3) ricavare la *effective strip width* ( $\mu$ ). Assumo, come al caso 1,  $f(0) = 1$  e suppongo che la  $P_a$ , la proporzione di animali/segna di presenza osservati in un *line transect* di larghezza  $w$ , corrisponda al numero di animali/segna di presenza presenti ed effettivamente osservati in uno *strip transect* di ampiezza  $\mu$  (fig. 4.4). Ottengo così un'area rettangolare effettivamente campionata di superficie =  $\mu \cdot 1$

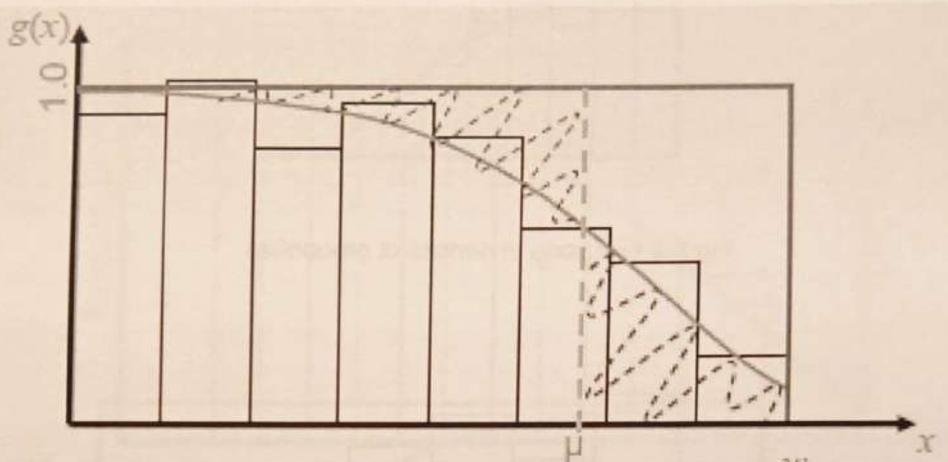


Fig. 4.4 La larghezza  $\mu$  mi indica l'*effective strip width*.

Poiché si è assunto  $f(0) = 1$ , come al caso 1,  $P_a$  sarà sempre:

$P_a = \text{area sotto curva} / \text{area rettangolo}$

$$P_a = \int_0^w f(x) dx / w \cdot 1$$

Ma l'area sotto curva ora corrisponde all'area rettangolare effettivamente campionata  $\mu \cdot 1$  e l'area sotto il rettangolo è sempre  $w \cdot 1$ , perciò:

$$P_a = \mu \cdot 1 / w \cdot 1$$

$$P_a = \mu / w$$

In questo caso la popolazione viene stimata in:

$$N = n \cdot A / 2\mu L$$

Anche in questo caso nell'equazione di stima della popolazione  $N$  non ho il valore  $P_a$ .

#### 4. 2.2.2 Applicabilità del *distance sampling*

Il *distance sampling* si dimostra metodo di censimento valido quando (Mayle et al., 1999):

- si analizza un'area di studio ampia;
- l'ambiente non consente osservazioni facili;
- gli animali/segni di presenza vicini al transetto possono essere facilmente individuati e la loro distanza determinata precisamente.

Oltre a poter considerare dati di presenza diretta e indiretta, con il *distance sampling* si possono conteggiare singoli individui o gruppi (*cluster*) e, a conferma di una notevole plasticità del metodo (Ward et al., 2004), si può decidere se operare con *line transect* o *point transect* a seconda delle proprie esigenze e delle caratteristiche dell'area di studio.

Il *line transect* consiste nell'individuare dei transetti lineari, di cui si stabilisce la lunghezza in occasione della *power analysis*, che vengono percorsi lungo la loro linea centrale in modo da esplorare entrambi i lati con la stessa efficacia e da misurare la distanza perpendicolare degli animali/segni di presenza dalla linea centrale con misurazioni esatte o che ricadano in precise classi. Questo metodo si presta particolarmente al conteggio di animali non suscettibili alla presenza dell'osservatore o di loro segni di presenza (Seber, 1986; Marques et al., 2001; Palka & Hammond., 2001; DTP, S.T., 2004).

Nel caso del *point transect* si opera con transetti circolari di raggio definito nel corso del *survey design*, al centro dei quali si pone l'osservatore per registrare la distanza radiale dal punto in cui si trova a quello in cui l'animale/segno di presenza viene percepito (Schwarz & Seber, 1999). È un metodo che risulta utile nel caso di campionamenti su più specie contemporaneamente o di individui poco suscettibili alla presenza dell'osservatore (es. uccelli individuabili dal canto), quest'ultima sicuramente più discreta visto che il rilevatore non si muove (Buckland et al., 2001).

#### 4. 2.2.3 La stratificazione

Nel caso in cui gli animali non siano distribuiti omogeneamente nell'area di studio a causa di caratteristiche ambientali o ecologiche, per ottenere una sufficiente precisione nella stima della densità è opportuno ricorrere alla **stratificazione**: la suddivisione dell'area di studio in più **strati** o sottoregioni sulla base di alcune caratteristiche (Mayle et al., 1999). Questa operazione viene spesso effettuata in ricerche condotte in aree di studio estese, sovente caratterizzate da un'ampia varietà di habitat (Ramsey & Harrison, 2004), e consente di diminuire la varianza che si avrebbe con un'indagine senza stratificazione e di aumentarne, quindi, la precisione (Buckland et al., 2001).

Nei vari strati possiamo avere diverse *detection function* che possono essere poi raggruppate (*pooling*) per ottenere un'unica *detection function* senza che il modello perda di validità: il *distance sampling* è un metodo robusto da questo punto di vista (Gerard & Schucany, 2002; Buckland et al., 2004).

La necessità di dover stratificare si può presentare, ad esempio, quando si studia una popolazione di cervidi distribuiti nell'area di studio in base ad un gradiente altitudinale o in modo disomogeneo nelle stagioni. La stratificazione consente inoltre di determinare la consistenza di una certa specie in determinate sotto-aree, ad esempio nelle diverse oasi di protezione o riserve di caccia (cfr. §§ 4.3.1 e 4.3.2.4).

La stratificazione può dunque essere effettuata:

- **per area geografica**: l'area di studio è divisa in sottoregioni in base a discriminanti quali altitudine, esposizione, copertura vegetale, substrato o settorializzazione in varie riserve di protezione o di caccia;
- **per campionamento**: si effettuano più campionamenti nella stessa area di studio, ad esempio in diverse stagioni;
- **per popolazione/specie/dimensione dei gruppi**, qualora si avessero informazioni a priori di diverse densità riscontrate, in base ai parametri citati, nella propria area di studio.

Nel caso non fosse possibile stratificare e, comunque, nell'ambito di ciascuno strato, si possono orientare i transetti "perpendicolarmente" alle caratteristiche di "disomogeneità" dell'area di studio, in modo che essi siano effettivamente rappresentativi delle caratteristiche complessive dell'area di studio.

#### 4.3 Pianificazione del campionamento

##### 4.3.1 Parametri per la stima della densità

L'area del Monte Bondone, è stata stratificata in base alle seguenti considerazioni:

- è probabile che la distribuzione stagionale del capriolo avvenga prevalentemente secondo il gradiente altitudinale;
- la porzione dell'area di studio ad altitudine maggiore corrisponde a un'area demaniale protetta, importante zona di estivazione e di rifugio durante la stagione venatoria. Sono state così definite tre fasce altitudinali (<1000m "Grid 1", 1000-1500m "Grid 2", **area di riserva demaniale**, sostanzialmente corrispondente alla fascia >1500m "Grid 3").

Inoltre, l'interesse ad ottenere il dato di numerosità di capriolo nelle varie riserve di caccia della zona del Monte Bondone, ha fatto sì che si effettuasse un'ulteriore stratificazione con cui suddividere l'area di studio in quattro principali "zone" ("Trento Ovest", "Lato Adige", "Valle Laghi", "Demanio"). Queste "zone" raggruppano le diverse riserve di caccia del Bondone, singolarmente troppo poco estese per consentire una stratificazione efficace, secondo questo schema (cfr. figg. 4.10; 4.11):

- "Trento Ovest": Trento Ovest
- "Lato Adige": Aldeno, Cimone, Garniga
- "Valle Laghi": Calavino, Cavedine, Lasino, Padergnone, Vezzano
- "Demanio": Demanio Monte Bondone

L'area di studio di Candaten presenta caratteristiche che ci hanno permesso di eseguire i campionamenti con gli stessi metodi applicati sul Monte Bondone, garantendo così la possibilità di comparare le campagne di campionamento, anche se queste si sono concentrate su due specie diverse nelle due aree.

A Candaten non è stata fatta stratificazione, poiché l'ambiente è geograficamente e altitudinalmente omogeneo.

Per risalire alla densità di popolazione a partire dal conteggio delle fatte, si stima anzitutto la densità dei *pellet*:

$$D_{\text{pellet group}} = n_{\text{pellet group}} / \text{area}$$

e quindi,

$$D_{\text{pellet group}} = n_{\text{pellet group}} / \text{area campionata}$$

nel caso del *plot sampling*

$$D_{\text{pellet group}} = n_{\text{pellet group}} * f(0) / 2L$$

nel caso del *distance sampling* su *line transect* (Marques et al., 2001)

Ricavata la densità dei *pellet*, mediante il *plot sampling* (e utilizzando, come in questo studio, il *clearance count*, cfr. § 4.2.1) posso risalire alla densità dei cervidi in funzione della densità di *pellet* e dell'*accumulation rate* ("ar", tasso di defecazione; Mayle et al., 1999):

$$D_{\text{animali}} = D_{\text{pellet group}} / (\text{giorni intercorsi tra le visite} * ar)$$

Nel caso del *distance sampling*, si deve inserire anche il *decay rate* ("dr", tasso di decomposizione):

$$D_{\text{animali}} = D_{\text{pellet group}} / ar * dr$$

In merito all'*accumulation rate* (o *deposition rate*) è opportuno puntualizzare che varia in base alla specie presa in esame, al sesso dell'individuo, alla sua età, dieta (da correlare con la stagione) ed habitat (Collins, 1981; Laing et al., 2003; Webbon et al., 2004).

Solitamente viene determinato da animali in cattività ed, eventualmente, il dato viene "rettificato" in seguito ad osservazioni in natura. Per determinare l'*accumulation rate* a partire da un numero noto di animali posti all'interno di un'area recintata che abbia le stesse caratteristiche dell'area di studio, si effettua una pulitura dell'area, che viene monitorata dopo un intervallo di tempo inferiore al *decay rate* (Mitchell et al., 1985; Laing et al., 2003). Al termine di questo periodo, si effettua il conteggio delle fatte presenti nell'area, da cui si risale all'*accumulation rate*:

$$ar = n^{\circ} \text{ fatte} / n^{\circ} \text{ animali} * n^{\circ} \text{ giorni nel recinto}$$

Mediamente un cervo defeca 25 volte al giorno, deponendo 60-70 *pellet* per fatta (Mitchell & McCowan, 1983, 1984); un capriolo produce ~20 fatte/giorno da 35-55 *pellet* (Mitchell et al., 1985).

In questo studio è stato assunto, per il cervo, il valore di *accumulation rate* sopraindicato, mentre per il capriolo si è fatto riferimento ad uno studio del 2006, condotto da personale del Centro di Ecologia Alpina in condizioni ambientali simili a quelle della nostra area di studio e che ha stimato il valore a 22,32 *pellet group*/giorno.

Il tasso di decomposizione è un parametro essenziale per poter stimare la densità di popolazione di una specie a partire dalla densità di fatte (Marques et al., 2001). Esso è un dato molto variabile (per il cervo varia da 95 a 450 giorni; Mitchell & McCowan, 1984) perchè legato alla specie, alla stagione, al clima, al tipo di habitat e al sito in cui l'animale defeca (Webbon et al., 2004).

Perciò è opportuno determinarlo nell'area di studio, nelle diverse stagioni, nei diversi habitat/coperture vegetali, alle varie inclinazioni del terreno ed esposizioni del versante. Dai dati ottenuti si ricava un tempo medio di decomposizione, riferibile all'intera stagione o a periodi più brevi.

La decomposizione è da ricondursi all'azione disgregatrice di microbi, funghi, invertebrati e agenti atmosferici (pioggia, vento, sole, umidità, freddo), nonché alla dispersione dei pellet per calpestamento (Mayle et al., 1999).

I metodi da applicare al fine di stimare il *decay rate* sono principalmente due (Laing et al., 2003):

- il *prospective method*, in cui si assume che il tasso di decadimento sia progressivo, esponenziale e costante. Perciò la media del tempo di decadimento viene calcolata registrando la data di scomparsa dei *pellet group* depositi nel sito di controllo (Barnes & Jensen, 1987; Barnes & Barnes, 1992). Tale metodo si dimostra poco affidabile nel caso di un'ampia variazione stagionale del *decay rate* nel periodo e nella propria area di studio (Laing et al., 2003);
- il *retrospective method*, in cui viene registrata sia la presenza che la definitiva scomparsa dei *pellet group*. La probabilità di decadimento, poi, viene stimata in funzione del tempo, utilizzando una regressione logistica. L'importanza di avere stime retrospettive deriva dal fatto che in questo modo si stima il tempo medio di decadimento delle fatte

realmente presenti sul terreno al tempo del censimento, così da tenere conto delle condizioni atmosferiche (piovosità, nevosità, temperatura, umidità...) occorse nell'area di studio da quando le fatte sono state deposte a quando sono state conteggiate, oltre che di altre variabili stagionali, ad esempio variazioni nell'habitat nella dieta (Laing et al., 2003).

Nel valutare il *decay rate* occorre definire un criterio per cui si ritiene una fatta "estinta" (in questo studio sono state considerate estinte fatte costituite da meno di 5 *pellet* posti su di una superficie maggiore di quella ricopribile con una mano) e definire un opportuno protocollo sperimentale di monitoraggio, attuato per la stima del tasso di decadimento di *pellet group* di capriolo nell'area del Monte Bondone (cfr. § 4.3.1.1).

Il valore di *decay rate* utilizzato per stimare la densità di cervo nell'area studio di Candaten, invece, è stato ricavato dalla letteratura (Mayle et al., 1999) e fissato in 125,3 giorni.

#### **4. 3.1.1 Stima del *decay rate* per il capriolo, nell'area del Monte Bondone**

Nel 2005-2006 è stato condotto uno studio parallelo al campionamento con il *distance sampling*, mirato a precisare il valore del *decay rate* per il capriolo nell'area del Monte Bondone, attraverso il *retrospective method*.

A questo scopo è stato predisposto un esperimento, secondo uno schema bilanciato, che ha previsto, ad ogni mese, il posizionamento di *pellet group* freschi, di 50 *pellet* ciascuno, in siti di campionamento differenziati per le seguenti caratteristiche (figg. 4.5, 4.6):

- pendenza (piano e inclinato);
- copertura boschiva (conifere, latifoglie, aperto);
- altitudine (>1000m; <1000m);
- esposizione di versante (nord e ovest).

Ad ogni visita sono stati posizionati i *pellet group* freschi ed è stato controllato lo stato di quelli dei mesi precedenti, conteggiando il numero di *pellet* rimanenti nelle fatte in via di decomposizione e registrando l'eventuale estinzione delle fatte costituite da meno di 5 *pellet* (figg 4.5, 4.6). Il monitoraggio si è svolto da ottobre 2005 a novembre 2006.

I dati sono stati analizzati attraverso il *software R* (R 2.4.1, 2006 ©) applicando un *glm* (*generalized linear model*) con distribuzione binomiale. In tale analisi la X è rappresentata dalla variabile continua costituita dai giorni di decadimento (giorni intercorsi tra la deposizione e l'ultimo controllo) e la Y è rappresentata dalla variabile dicotomica relativa alla presenza/assenza (1/0) del gruppo di *pellet*. Inoltre, il *software* consente di considerare altre variabili categoriche come l'esposizione, l'altitudine, l'habitat e la pendenza.

Queste analisi sono state ripetute sui dati relativi a ciascun mese in cui è stato effettuato *distance sampling*, a partire da aprile 2006.

Per ogni mese, quindi, sono stati calcolati i tempi medi di decadimento relativi alle diverse combinazioni di quelle variabili esplicative risultate significative.

I tempi di decadimento di ciascuna combinazione di habitat sono stati pesati per le proporzioni reali delle variabili stesse nell'area campionata in quel mese, ottenendo un *decay* globale mensile. È stato infine ricavato un *decay* globale di campionamento (primaverile e autunnale) pesando il *decay* mensile per lo sforzo di campionamento di ogni mese.

Lo stesso procedimento è stato applicato per la stima del *decay* in ciascuno strato ("grid" o riserva), pesando per la proporzione di habitat dello strato e per lo sforzo di campionamento mensile nello strato medesimo.



Figg. 4.5 e 4.6 Esempi di siti per il monitoraggio dello stato di decomposizione delle fatte per risalire al *decay rate*.

#### 4. 3.2 Survey design

Per poter raccogliere sufficienti dati dai quali estrapolare una stima il più possibile corretta della densità di popolazione di capriolo e cervo è stato, anzitutto, necessario determinare il numero minimo di metri quadrati e lineari da monitorare con *plot* e *distance sampling* per mantenersi entro un livello di precisione *target* (sforzo di campionamento). Ciò è stato fatto mediante la *power analysis*.

##### 4. 3.2.1 Power analysis: determinazione dello sforzo di campionamento per il *plot sampling*

Per decidere l'ampiezza della superficie da rilevare tramite il *plot sampling* nelle aree del Monte Bondone e di Candaten è stata attuata una *power analysis* in cui sono state prese in considerazione diverse possibili densità di capi nelle aree di studio (5, 8, 10, 12, 15, 20 animali/100ha), a ciascuna delle quali corrispondono diverse densità di *pellet group* rinvenibili in base al tasso di defecazione.

Riferendosi a questi dati, si è scelto quanti quadrati 7\*7m realizzare e su quale ampiezza disporli. I risultati hanno fatto preferire l'alternativa che prevedeva 64 *plot* da 7\*7m distribuiti su una superficie di circa 80ha, secondo una griglia sistematica *random* ed una disposizione da adattare alle varie caratteristiche di ciascuna area di studio.

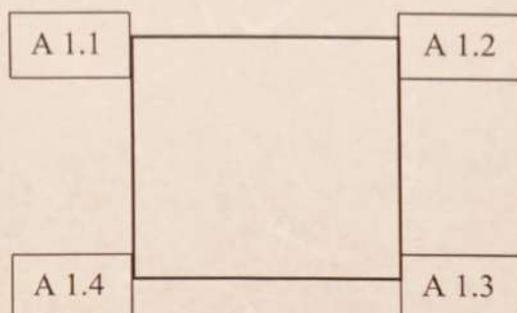
##### 4. 3.2.2 Schema di campionamento geografico del *plot sampling*

Lo schema di campionamento per l'area di Lamar/Monte Bondone ha previsto una griglia 4\*4 (fig.3.3), ai cui punti nodali si trovano gruppi di quattro *plot*.

Nell'area di Candaten, considerata la particolare conformazione geomorfologica della Valle del Cordevole con due versanti verticali non percorribili, è stata realizzata una griglia di campionamento (3\*5+1) distribuita "in verticale", con tre colonne di cinque file ed un *plot* isolato (fig. 3.5).

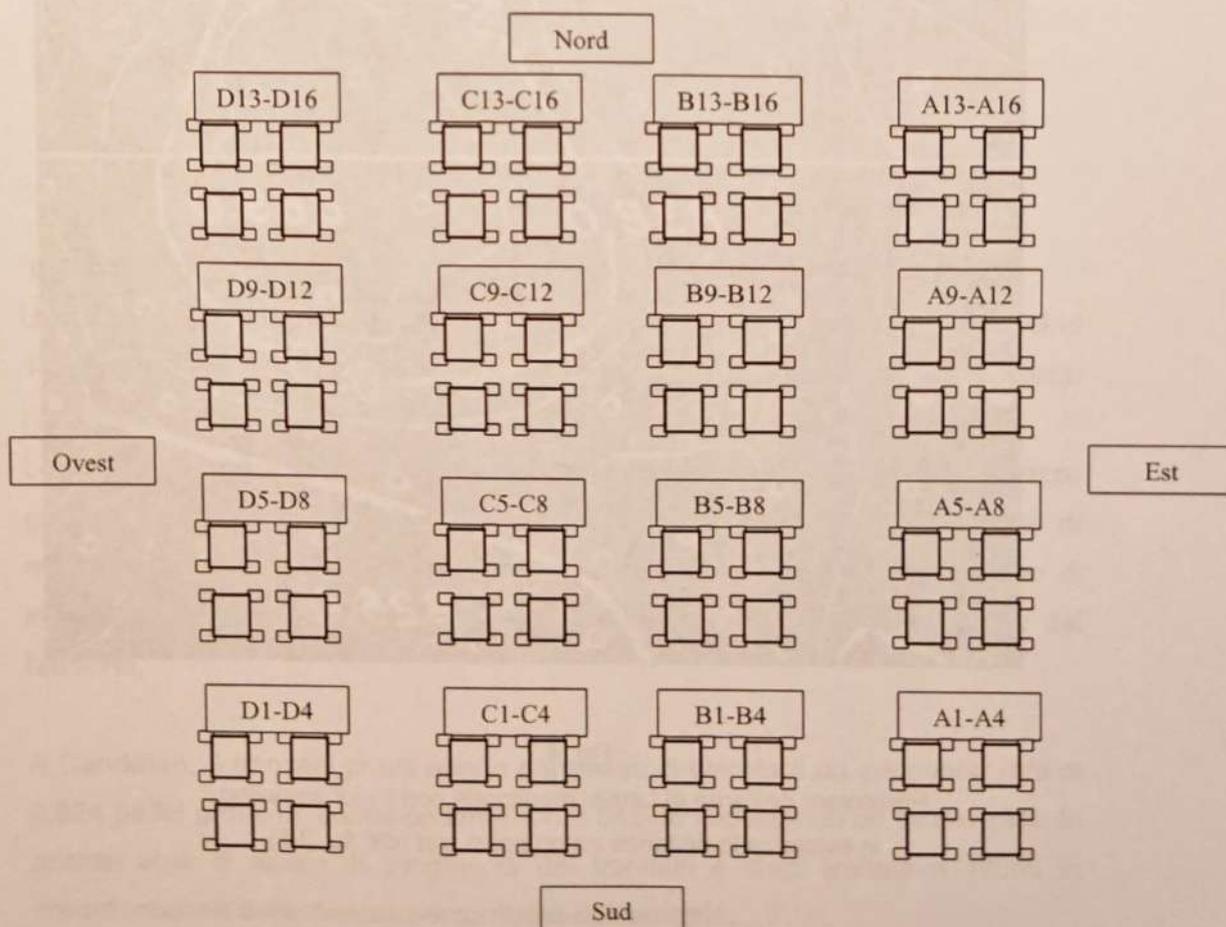
Negli schemi di campionamento così definiti, ogni gruppo di quattro *plot* aveva lato complessivo di 34 m, 7m per ogni *plot* ai vertici e 20 m di distanza tra i *plot*. Ciascun gruppo di *plot* è stato distanziato 250m dagli adiacenti in tutte le direzioni a Lamar (fig. 4.7), mentre a Candaten le distanze sono state stabilite in 125m sull'asse Est-Ovest e 500m sull'asse Nord-Sud (fig. 3.5).

Nell'ambito dei singoli *plot*, i vertici sono stati nominati secondo questo schema, cominciando dal vertice in alto a sinistra e proseguendo in senso orario.



Lungo le colonne è stata mantenuta la stessa lettera (A , B, C, D, per Lamar; A, B o C per Candaten) e sono stati definiti gruppi di *plot* individuati con i numeri da 1 a 16 per Lamar e da 1 a 24 per Candaten.

Si fornisce un esempio dello schema di campionamento dell'area di Lamar.



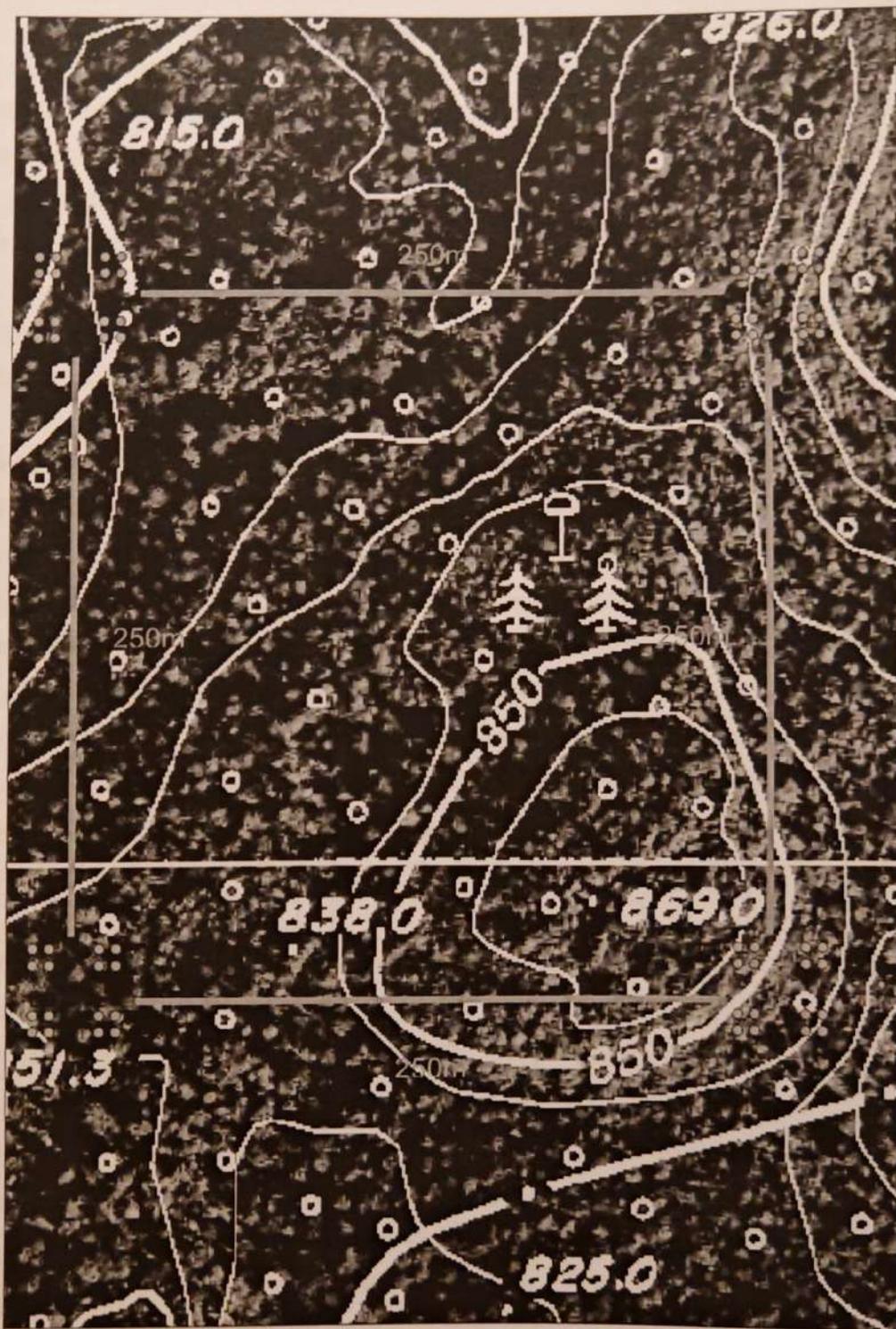


Fig. 4.7

Particolare dell'area di Lamar monitorata con il *plot sampling*.  
 In evidenza le distanze tra gruppi di *plot* (cfr. fig. 3.5).

#### 4. 3.2.3 *Power analysis*: determinazione dello sforzo di campionamento per il *distance sampling*

Per i rilievi mediante *distance sampling* effettuati sul Monte Bondone, oltre a considerare i dati raccolti nel 2005, lo sforzo di campionamento è stato calcolato in base all'*encounter rate* (tasso di rinvenimento/osservazione; pari a  $n/L$  nel caso del *line transect*; Buckland et al., 2001) riscontrato in 9 transetti prova di 200m, rappresentativi dell'unità di campionamento e dell'area di studio.

L'*encounter rate* così valutato è risultato pari a 0,024 *pellet group/m*.

Attraverso questo dato, dopo aver impostato a priori il coefficiente di variazione *target* a 0,1 (corrispondente ad un errore di stima del 10%), è stata calcolata la lunghezza totale (L) da percorrere sulla base della formula:

$$L = q * L_0 / cv^2 * n_0$$

in cui:

- L = lunghezza totale da percorrere suddivisibile nei transetti
- q = 3, costante legata all'omogeneità di campionamento
- cv = coefficiente di variazione
- $L_0$  = lunghezza dei transetti della *power analysis*
- $n_0$  = n° delle osservazioni effettuate durante la *power analysis*

"L" è risultato pari a 12558m con un cv = 0,1 riferito a tutta l'area di studio.

Ulteriore obiettivo è stato quello di eseguire i campionamenti nei tre strati ("Grid 1", "Grid 2", "Grid 3") con un cv non superiore al 15%. Questa seconda necessità, ha fatto sì che si stimasse una L = 5581m da percorrere in ciascuno strato.

Le lunghezze totali sono state suddivise in transetti lineari di 200m: lunghezza già testata nel 2005 e dimostratasi opportuno compromesso tra l'esigenza di mantenere alto il numero di unità di campionamento e di limitare il tempo di individuazione dei transetti, considerate le caratteristiche di percorribilità del territorio.

A Candaten, 9 transetti prova hanno permesso di calcolare un *encounter rate* di 0,024 *pellet group/m*, corrispondente a L = 5454m impostando un cv del 15%. In questa area di studio, la lunghezza dei transetti è stata limitata a 100m, in considerazione della diversa percorribilità del territorio.

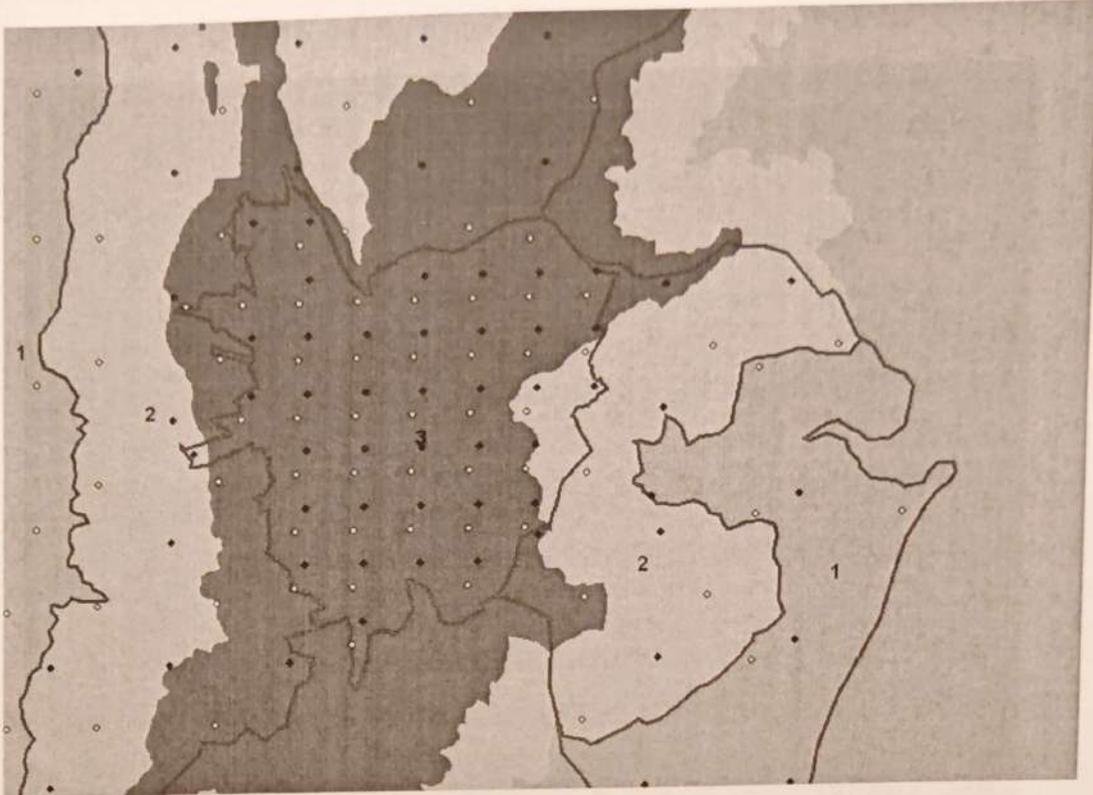
#### 4. 3.2.4 Schema di campionamento geografico del *distance sampling*

Al fine di determinare la posizione dei punti di partenza dei transetti è stata sovrapposta in modo casuale alle aree di studio una griglia sistematica, ottenendo gli schemi di campionamento in figg. 3.2 e 3.4.

Nell'area di studio del Monte Bondone, lo schema di campionamento ha previsto 117 transetti per il campionamento primaverile, suddivisi negli strati (rispettivamente: Grid1= 45 transetti; Grid2= 36 transetti; Grid3= 36 transetti), per un L totale di 23400m. Il campionamento autunnale ha previsto 99 transetti (Grid1= 32 transetti; Grid2= 30 transetti; Grid3= 37 transetti), per un L totale di 19800m. Ciascuno di questi raggruppamenti in strati può essere "letto" anche come raggruppamento in riserve o gruppi di riserve (figg. 4.8; 4.9; 4.10; 4.11).

Idealmente, i transetti dovrebbero essere disposti nell'area di studio paralleli tra loro (Buckland et al., 2004), ma in un'area montana la percorribilità del territorio e la probabilità di osservazione degli animali/segni di presenza sono fortemente condizionate dal vincolo della pendenza. Perciò si è scelto di percorrere i transetti seguendo la linea di massima pendenza, calcolata in G.I.S. (Sistema Geografico Informativo) per ciascun transetto sovrapponendo il punto di partenza del transetto alla carta della pendenza, ricavata dal D.E.M. (modello digitale del terreno).

Per l'area di Candaten, lo schema di campionamento ha previsto 61 transetti per il campionamento primaverile, per un L totale di 6100m, e 54 transetti per il campionamento autunnale, per un L totale di 5400m. In questo caso, in base alla conformazione del territorio i transetti sono stati percorsi secondo un'unica direzione (0°).



- Fino a 1000m s.l.m.
- 1000-1500m s.l.m
- Oltre 1500m s.l.m.

Fig. 4. 8 Si mettono in relazione i limiti (linee in blu) dei tre "Grid" pianificati durante il *survey design* per l'area del Bondone con le fasce altitudinali ricavate dal D.E.M. (Digital Elevation Model).



- Aperto
- ▒ Arbusteto
- Lariceta
- ▒ Latifoglie
- ▒ Conifere
- Urbanizzato

Fig. 4.9

L'ampia varietà di habitat che caratterizza la zona del Bondone appare ben evidente in questa carta della copertura vegetazionale di parte dell'area di studio.



Fig. 4.10

L'area di studio del Bondone suddivisa nei tre "strati" altitudinali (1, 2, 3) e nelle varie riserve di caccia.

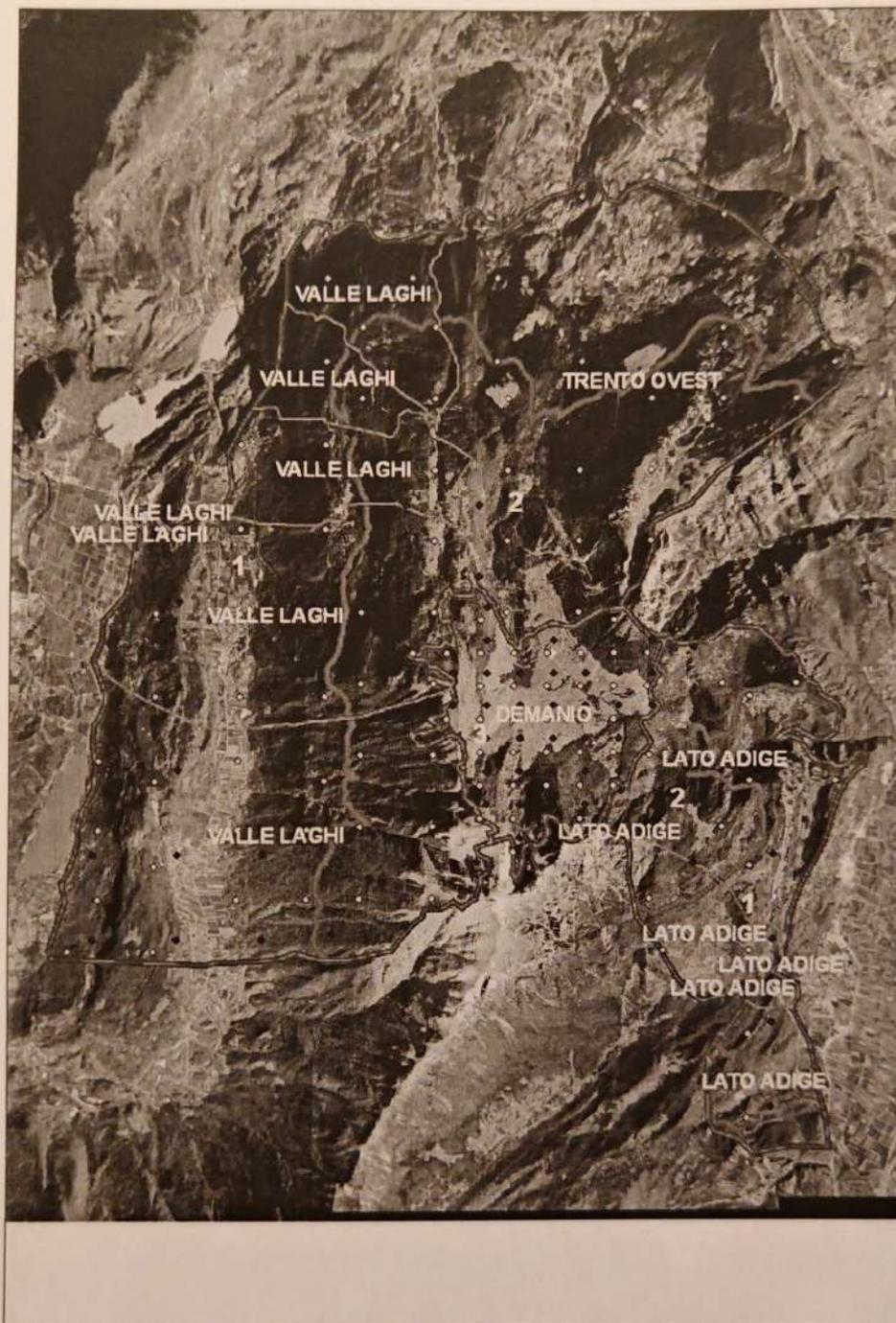


Fig. 4.11

L'area di studio del Bondone suddivisa nei tre "strati" altitudinali (1, 2, 3) e nelle "zone" che raggruppano le riserve di caccia.

#### 4. 4 Raccolta dati sul campo

##### 4. 4.1 Materiali *plot sampling*

A differenza del *distance sampling*, il *plot sampling* non prevede la realizzazione di transetti lineari, bensì di una serie di "plot": piattaforme quadrate di 34m di lato con, al loro interno, quattro quadrati 7\*7m distanziati 20m l'uno dall'altro (cfr. § 4.3.2.2).

Per individuare sul campo le aree quadrate di lato 7m in cui effettuare un conteggio mediante il *plot sampling*, ci si è avvalsi della documentazione cartografica relativa alle aree di studio (in questo caso non si trattava di un'ortofoto, ma di una CTR in scala 1:10000), di una cordella metrica e di un numero sufficiente di "bandierine" di segnalazione da posizionare ai quattro vertici di ogni quadrato, ciascuna delle quali con la coordinata che consentisse di capire in quale posizione della griglia ci si trovasse o in quale angolo del quadrato si fosse (indicazione molto utile per i casi in cui alcuni segnalatori venissero divelti e spostati).

I dati rilevati, relativi alla presenza o meno di fatte di cervo o capriolo all'interno delle zone quadrate, sono stati registrati su un'apposita scheda di campo (fig. 4.12).

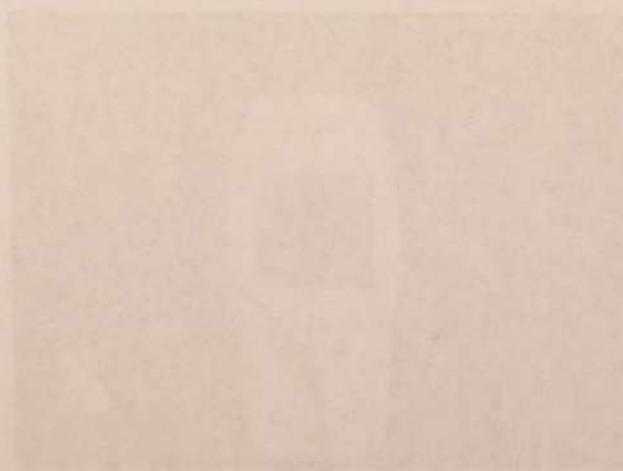


Fig. 4.12 Facsimile della scheda di rilevamento sul campo per il *plot sampling*.



Centro di Ecologia Alpina

### PLOT SAMPLING PELLETS GROUP COUNT

<b>PLOT NUM.</b>	<b>LOCALITÀ</b>
<b>SETTORE</b>	<b>DATA</b>
<b>RILEVATORE</b>	<b>ESPOSIZIONE</b>

CAPRIOLO				CERVO				TOTALE capriolo	TOTALE cervo

HABITAT	A
Orno-ostrieto, noccioleto e altre latifoglie	
Querceto	
Faggeta	
Misto Con-Lat	
Pino silvestre/nero	
Pecceta	
Lariceta	
Pecceta - Lariceta	
Mugheta/Ontano	
Rodoreti/Junip	
Pascolo	
Prateria	
Macereti	

PENDENZA	
Piano	
Media	
Elevata	

SOTTOBOSCO	
nudo	
Graminacee o erbacee	
Arbusti bassi	
Arbusti medi	
Arbusti alti	

#### 4. 4.2 Materiali *distance sampling*

Per realizzare la campagna di campionamento è stato anzitutto necessario essere in grado di raggiungere sul campo i punti d'inizio dei transetti. Per fare ciò è stata utilizzata una documentazione cartografica dettagliata e realizzata all'occorrenza per ogni punto o per ogni serie di punti. Per la zona del Monte Bondone è stata utilizzata un'ortofoto dell'area di studio, opportunamente georeferenziata ad una carta in scala 1:10000, sulla quale sono state aggiunte, mediante un'elaborazione con un sistema G.I.S., informazioni quali il tracciato delle principali strade forestali e la griglia di campionamento con i transetti numerati.

A Candaten è stata utilizzata una CTR in scala 1:10000 sulla quale erano indicati i soli punti di partenza dei transetti.

Questo supporto cartografico, unito all'utilizzo di bussola, altimetro, strumentazione GPS (fig. 4.13), alle tabelle con le coordinate dei punti e alle "tabelle random", ha permesso di raggiungere con precisione i punti di partenza dei vari transetti.

I transetti, poi, sono stati realizzati e ne è stato fatto il rilievo utilizzando una corda da 50m, segnata ogni 5m (fig. 4.14), una bussola, il *distance sampler* (una stadia di legno lunga 160cm, marcata ad intervalli di 20cm; figg. 4.15, 4.16) e le schede di rilevamento (fig. 4.17).



Fig. 4.13 Strumentazione GPS.

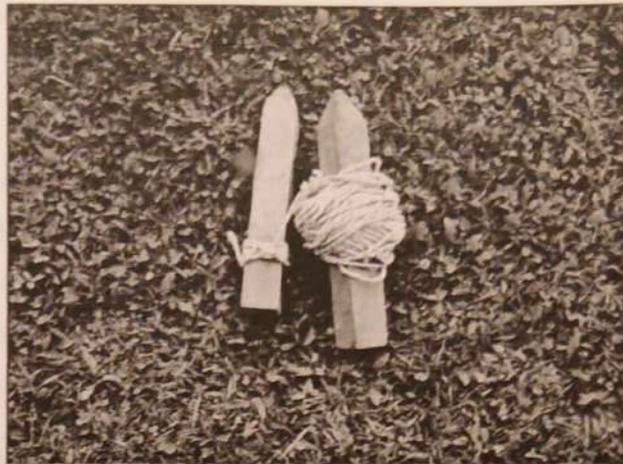


Fig. 4.14 Picchetti con corda per la stesura del transetto.



Fig. 4.15 *Distance sampler* per la misurazione delle distanze perpendicolari.

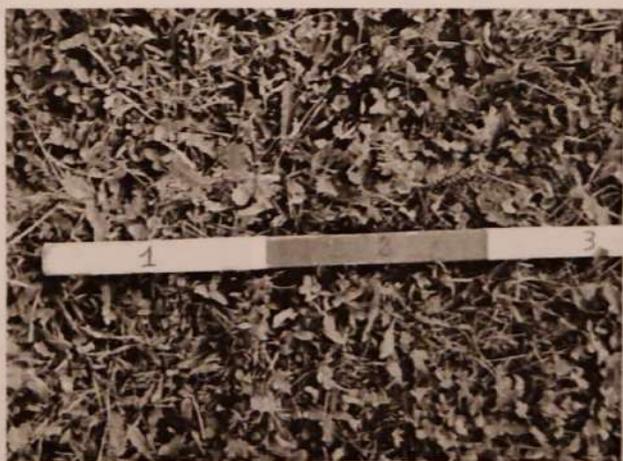


Fig. 4.16 Particolare in cui si nota la suddivisione in classi di misurazione del *distance sampler*.

Fig.4.17 Facsimile della scheda di rilevamento sul campo per il *distance sampling*.



**DISTANCE SAMPLING PELLETS GROUP COUNT**

<b>TRANSETTO NUM.</b>	<b>SEGMENTO</b>	<b>NOME</b>
<b>SETTORE</b>		<b>DATA</b>
<b>PASSI</b>		<b>ANGOLO</b>
<b>RILEVATORE</b>		<b>MISURATORE</b>

<b>DISTANZA</b>	<b>CL</b>	<b>CAPRIOLO</b>				<b>CERVO</b>				<b>TOTALE capriolo</b>	<b>TOTALE cervo</b>
0 - 20 cm	1										
20 - 40 cm	2										
40 - 60 cm	3										
60 - 80 cm	4										
80 - 100 cm	5										
100 - 120 cm	6										
120 - 140 cm	7										
140 - 160 cm	8										
160 - 180 cm	9										
180 - 200 cm	10										
200 - 220 cm	11										
220 - 240 cm	12										
240 - 260 cm	13										
260 - 280 cm	14										
280 - 300 cm	15										
320 - 340 cm	16										
340 - 360 cm	16+1										
360 - 380 cm	16+2										
380 - 400 cm	16+3										

HABITAT	A	B	C	D	E	F
Orno-ostrieto, nocciolo e altre latifoglie						
Querceto						
Faggeta						
Misto Con-Lat						
Pino silvestre/nero						
Pecceta						
Lariceta						
Pecceta - Lariceta						
Mugheta/Ontano						
Rodoreti/Junip						
Pascolo						
Prateria						
Macereti						

ESPOSIZIONE						
-------------	--	--	--	--	--	--

PENDENZA						
----------	--	--	--	--	--	--

SOTTOBOSCO						
nudo						
Graminacee      o erbacee						
Arbusti bassi						
Arbusti medi						
Arbusti alti						

ZECCHE						
Adulti maschi						
Adulti femmine						
Larve						
Ninfe						

**HABITAT:** SEGNARE LA LUNGHEZZA DEL "SEGMENTO" NELLA RIGA DEL TIPO DI HABITAT CORRISPONDENTE

**ESPOSIZIONE:** NORD; OVEST; SUD; EST

**PENDENZA:** PIANA; MEDIA; ELEVATA

**SOTTOBOSCO:** IN PERCENTUALE ENTRO "SEGMENTO" SOLO NEI SEGMENTI DI BOSCO

IL "SEGMENTO" DEVE CAMBIARE OGNI VOLTA CHE CAMBIA IL TIPO DI HABITAT / ESPOSIZIONE / PENDENZA

#### 4. 4.3 Regole di attuazione del *plot sampling*

I vertici dei quadrati di 7m di lato sono stati individuati mediante GPS, bussola e cordella metrica; questi sono stati distanziati tra loro di 20m, così da formare la piattaforma di campionamento di 34m di lato, sempre mediante l'ausilio di bussola e cordella. Sono state quindi annotate le caratteristiche di habitat, esposizione, pendenza, sottobosco di ciascun *plot* nell'apposita scheda di rilevamento (fig. 4.12). Questa operazione è utile anche perché consente di ricavare indici di utilizzo di spazio ed habitat.

Alla prima visita, ciascun *plot* è stato quindi ripulito di tutte le fatte presenti (*clearance plot*; Mayle et al., 1999; Laing et al., 2003). I *plot* sono stati controllati ogni 2 mesi circa, comunque entro un periodo non superiore al *decay rate* stimato (Laing et al. 2003).

Alle visite di controllo sono state identificate, registrate e raccolte (*count & remove*) le fatte deposte dagli animali nel tempo intercorso dall'ultima visita.

Durante il rilievo, i singoli *plot* sono stati percorsi "a strisce" di larghezza pari alla visibilità certa (dipendente quindi anche dal sottobosco) dall'alto al basso e ritorno, in un percorso complessivo a "zig-zag".

Nel caso la conta venga effettuata in due, si parte da vertici opposti e idealmente ci si incontra nel mezzo.

Soltanto all'ultima visita non è stata effettuata l'operazione del *count & remove*, limitandosi al *count*.

Qualora nella delimitazione dei *plot* si siano incontrate barriere, sono state seguite le seguenti regole:

- 1) barriere limitate attraversabili (tipo muretti a secco o piccoli salti di roccia): si continua oltre la barriera la delimitazione del *plot*, considerando la distanza lineare
- 2) se le barriere non sono "ignorabili", ci si sposta in avanti secondo la medesima direzione e si comincia appena possibile a realizzare il *plot*, tenendo però conto della distanza effettiva percorsa e prendendo le coordinate dei vertici reali con il GPS.

#### 4. 4.4 Regole di attuazione del *distance sampling*

L'individuazione dei transetti e la realizzazione del campionamento lungo essi, è stata attuata secondo il seguente protocollo:

- si raggiunge, utilizzando bussola, altimetro e GPS, il punto di inizio del transetto indicato dalle coordinate UTM in X (asse est-ovest) e Y (asse nord-sud) con un errore di localizzazione tollerato di +/- 30m. Vale a dire che se ad esempio il punto da raggiungere ha coordinate  $X = 1651637,120$  ed  $Y = 5094807,269$ , si può interrompere la sua individuazione quando le coordinate fornite dal GPS sono comprese per X tra 1651637,090 e 1651637,150; per Y tra 5094807,239 e 5094807,299.
- dal punto individuato ci si muove nella direzione e per un numero di passi già stabiliti a priori ed indicati nella tabella "random inizio" (fig. 4.18), così da portare l'effettiva partenza del transetto in un punto veramente casuale
- raggiunto il punto di effettivo inizio, uno dei due operatori stende la corda da 50m seguendo una precisa direzione specificata nella scheda contenente le coordinate dei diversi punti, che segue la linea di massima pendenza. Nel frattempo, il collega annota nella scheda di campionamento le caratteristiche ambientali ritenute rilevanti per l'osservabilità dei *pellet* quali la tipologia forestale, il sottobosco, l'esposizione, la pendenza. Tutte queste variabili verranno considerate nel momento in cui si modellerà la *detection function*.
- stesa tutta la corda, l'operatore raggiunge il collega che ha il compito di percorrere, mantenendo un'andatura il più regolare possibile, il transetto sulla linea centrale, rappresentata dalla corda, e di individuare i *pellet*. La distanza perpendicolare tra la corda ed il centro del transetto viene accuratamente misurata da chi ha steso il transetto con l'ausilio del *distance sampler* e comunicata al collega che la registra nella scheda di rilevamento.

Per realizzare transetti di 200m, la stesura della corda da 50m e tutte le operazioni connesse vengono ripetute quattro volte. Per quelli da 100m, due volte.

Chi individua le fatte ha il compito di riconoscere di che tipo di *pellet* si tratta (cervo/capriolo) valutando le dimensioni della fatta (60/70 *pellet* per il cervo, 35/55 per il capriolo) e dei singoli *pellet* (lunghezza 2cm per il cervo, circa la metà per il capriolo), oltre che verificare che la fatta sia costituita da minimo cinque *pellet* distanti non più dell'ampiezza di una mano (fig. 4.19).

La misurazione, puntuale (rilievi poco accurati andrebbero a minare la precisione della stima della densità degli animali; Buckland et al., 2001), va fatta al centro del *pellet group* e, nel caso di un'ampia distribuzione dei *pellet*, il centro della fatta va localizzato nel gruppo di *pellet* più a monte (figg. 4.20 e 4.21) se si ha una distribuzione lungo la linea di massima pendenza o in base alla disposizione relativa dei *pellet* nel caso di una distribuzione lungo il piano dell'isoipsa.

Se si rinvencono fatte sovrapposte occorre considerare forma, dimensione e stato di degradazione per poterle distinguere (fig. 4.22). È, inoltre, da tener presente che in alcuni periodi dell'anno, specie in primavera, la particolare dieta seguita dagli animali causa la deposizione di fatte non costituite da *pellet* distinti tra loro, ma aggregati insieme in un unico grande "elemento".

TABELLA RANDOM INIZIO			BARRIERA				BACK						
TR	PS	ANG	TR	PS	ANG	TR	PS	TR	PS	TR	PS	TR	PS
1	24	112	51	48	280	1	64	51	29	1	123	51	111
2	12	98	52	46	251	2	21	52	12	2	129	52	110
3	17	19	53	34	16	3	25	53	16	3	146	53	180
4	30	106	54	13	342	4	47	54	18	4	116	54	125
5	26	27	55	23	214	5	30	55	14	5	122	55	168
6	47	31	56	34	195	6	17	56	59	6	117	56	144
7	36	222	57	19	32	7	16	57	33	7	151	57	108
8	27	271	58	39	28	8	69	58	30	8	124	58	181
9	2	214	59	36	1	9	16	59	6	9	154	59	143
10	13	208	60	40	228	10	47	60	27	10	160	60	135
11	25	111	61	10	21	11	31	61	52	11	184	61	188
12	25	126	62	32	183	12	45	62	64	12	164	62	143
13	24	313	63	18	227	13	62	63	78	13	172	63	162
14	14	40	64	38	102	14	79	64	18	14	155	64	113
15	35	275	65	46	88	15	55	65	85	15	131	65	169
16	15	72	66	27	338	16	58	66	92	16	146	66	123
17	44	277	67	12	14	17	78	67	61	17	124	67	138
18	7	146	68	7	61	18	50	68	62	18	145	68	122
19	47	350	69	43	144	19	82	69	99	19	150	69	193
20	23	34	70	5	238	20	62	70	18	20	123	70	194
21	36	205	71	2	103	21	85	71	65	21	168	71	161
22	22	45	72	49	93	22	78	72	23	22	176	72	194
23	6	185	73	18	120	23	70	73	9	23	167	73	159
24	2	268	74	46	109	24	74	74	23	24	151	74	194
25	22	292	75	6	242	25	33	75	40	25	170	75	197
26	36	201	76	16	56	26	28	76	26	26	158	76	137
27	3	145	77	24	251	27	94	77	62	27	135	77	168
28	14	263	78	46	206	28	49	78	77	28	126	78	133
29	33	353	79	20	254	29	49	79	19	29	152	79	118
30	42	24	80	21	317	30	48	80	56	30	107	80	109
31	31	291	81	21	35	31	62	81	85	31	106	81	148
32	6	45	82	9	203	32	58	82	59	32	138	82	150
33	44	247	83	44	132	33	85	83	69	33	158	83	129
34	27	109	84	24	323	34	86	84	17	34	117	84	150
35	28	54	85	43	124	35	83	85	93	35	111	85	137
36	45	236	86	33	120	36	77	86	5	36	174	86	113
37	33	307	87	19	250	37	84	87	88	37	187	87	102
38	32	70	88	1	83	38	53	88	4	38	112	88	143
39	11	171	89	45	263	39	52	89	59	39	134	89	121
40	2	344	90	47	54	40	68	90	76	40	123	90	166
41	30	22	91	41	59	41	1	91	98	41	172	91	110
42	16	21	92	41	350	42	3	92	78	42	107	92	194
43	38	155	93	15	87	43	14	93	17	43	163	93	137
44	35	181	94	44	214	44	8	94	83	44	138	94	109
45	46	255	95	45	87	45	23	95	22	45	185	95	117
46	15	77	96	5	14	46	68	96	83	46	109	96	129
47	12	241	97	38	89	47	90	97	27	47	141	97	101
48	46	171	98	7	248	48	26	98	19	48	173	98	132
49	22	16	99	24	240	49	14	99	20	49	116	99	181
50	4	345	100	25	304	50	0	100	39	50	103	100	119

Fig. 4.18 Tabella "random"

## Individuazione e misurazione dei *pellet group*



Fig. 4.19 Unità minima di *pellet* rilevabile: almeno 5 *pellet* distanti non più dell'ampiezza di una mano.

Fig. 4.20 Individuazione del centro della fatta in base all'ipotesi di scivolamento lungo la linea di massima pendenza.



Fig. 4.21 Individuazione del centro di una fatta ampiamente distribuita lungo il piano dell'isoipsa.

Fig. 4.22 Fatte deposte in tempi diversi, discriminabili in base al diverso stato di conservazione.



Altro tipo di comportamento che va pianificato è quello da tenere nel caso sia impossibile procedere alla completa stesura del transetto lineare a causa di barriere fisiche quali rocce, laghi, rovi, case...o perché arrivati a ridosso del confine dell'area di studio. In questi casi si è fatto riferimento alle regole qui sotto riportate:

- 1) Barriere "non attraversabili", puntiformi (alberi): si spezza il transetto, passando "davanti al tronco" e ricominciando per il tratto mancante (ad esempio recuperando 30 cm se il tronco avesse avuto diametro 30 cm) lungo la stessa direzione.
- 2) Barriere "non attraversabili", di estensione limitata (rocce, rovetto, casa singola): ci si sposta perpendicolarmente fino alla fine della barriera (a caso destra o sinistra) e a partire dalla fine della barriera, sempre perpendicolarmente, si conta un numero di passi *random* (vedasi tabella *random barriera*; fig. 4.18) e si ricomincia nella stessa direzione del transetto già percorso per il tratto che manca.
- 3) Aree non disponibili, costituite da barriere "attraversabili" (fiumi, strade asfaltate, paesi, torbiere): sono equivalenti a "buchi" nell'area. "Si ferma" il transetto prima della barriera, la si attraversa continuando secondo la stessa direzione e continuando con il transetto al di là della barriera, per il tratto mancante (lasciando quindi un "buco" pari all'estensione della barriera).
- 4) Aree non disponibili, costituite da barriere "non attraversabili" (salti di roccia, lago di notevole dimensione), equivalenti a "buchi" nell'area, oppure **confine dell'area di studio**. Ci si sposta perpendicolarmente di un numero di passi *random* (vedasi tabella *random back*; fig. 4.18) e si ricomincia per il tratto mancante "all'indietro" (con angolo opposto rispetto all'usuale. Es.: se la direzione usuale è  $30^\circ$ , diventa  $210^\circ$ ).
- 5) Punti che, dopo l'aggiustamento sul campo (numero di passi *random* secondo angolo in tabella), cadono al di fuori dell'area di studio (fuori dai confini o, ad es., in mezzo a un lago): secondo la direzione usuale ci si porta ai confini e si percorre il transetto con angolo opposto.

#### 4. 4.5 Riconoscimento fatte: discriminazione Cervo/Capriolo

Fondamentale in fase di campionamento è saper discriminare fatte di capriolo da fatte di cervo: operazione che poche volte solleva dubbi svelabili solo tramite un'analisi in laboratorio e che si risolve più frequentemente con un'attenta osservazione dei *pellet group*. Le fatte di ungulati alpini sono costituite da piccoli elementi allungati e arrotondati (i *faecal pellet*; fig. 4.23), che sono individuabili singolarmente nella fatta quando la dieta è costituita principalmente da sostanza vegetale secca, mentre possono apparire compattati in un unico "grappolo fecale" in primavera e in estate, quando le essenze vegetali sono ricche di succhi ed acqua (Mustoni et al., 2002).

Forma, dimensione e numero di *pellet* che costituiscono la fatta sono indicativi per il riconoscimento non solo della specie, ma spesso anche del sesso dell'individuo. Tuttavia, occorre fare molta attenzione nella valutazione: ci sono alcune variabili che occorre considerare. Escrementi di piccoli e giovani sono, ad esempio, più piccoli di quelli degli adulti, così una fatta di giovane cervo può sembrare una di capriolo adulto...

Normalmente i maschi di cervo producono *pellet* lunghi 20-25mm, con sezione di 13-18mm, dalla tipica forma a proiettile con base appiattita ed estremità opposta appuntita (Mustoni et al., 2002).

Le femmine di cervo, invece, producono *pellet* di soli 10-15mm di lunghezza, caratterizzati da una base arrotondata e l'altra estremità appuntita come accade nel maschio.

Questa distinzione tra sessi non è azzardabile nel capriolo che lascia cadere escrementi più piccoli e allungati rispetto a quelli del cervo, lunghi circa 1cm, larghi circa 7mm (Mustoni et al., 2002).



Fig. 4.23

Esempi di *faecal pellet* di capriolo (i primi da sinistra) e di cervo (le ultime tre file).

## 4. 5 Analisi dei dati

### 4. 5.1 *Plot sampling*

Dal numero di pellet contati nei *plot*, si è risaliti alla  $D_{\text{pellet}}$  facendo riferimento all'area campionata:

$$64 \text{ plot } 7 \times 7 \text{ m} = 64 \times 49 = 3136 \text{ m}^2 = 0,3136 \text{ ha}$$

Con i dati di densità dei *pellet group* ( $D_{\text{pellet}}$ ), di *accumulation rate* ( $ar$ ) e dei giorni intercorsi tra le visite ( $\Delta t$ ), è stata estrapolata la densità ( $D_{\text{animali}}$ ) delle due specie di cervidi:

$$D_{\text{animali}} = D_{\text{pellet}} / (\Delta t * ar)$$

Si è quindi computato il numero di animali presenti nell'area di studio:

$$N_{\text{animali}} = D_{\text{animali}} * A$$

dove con  $A$  si intende l'area che contiene tutti i 64 *plot* (78ha a Lamar, 88ha a Candaten) e non l'area effettivamente campionata pari a 3136m<sup>2</sup>.

Infine, sono stati calcolati gli intervalli di confidenza delle stime in base alla formula:

$$D_{\text{pellet}} \pm SE, \text{ dove } SE \text{ è ricavato dalla varianza campionaria.}$$

### 4. 5.2 *Distance sampling*

I dati raccolti sul campo con il metodo del *distance sampling* sono stati inseriti in un database (Access 2000, Microsoft Corporation ©) che ha permesso di archiviare, gestire e interrogare i dati in modo opportuno alla loro interpretazione e modellizzazione. L'analisi dei dati è stata effettuata utilizzando il software *Distance 5.0, Release 2* (Thomas et al., 2005) che ha consentito di ricavare modelli matematici che ben rappresentassero i dati raccolti, per poi estrapolare una stima di densità di caprioli nell'area del Monte Bondone e di cervi in quella di Candaten (Buckland et al., 2001; Barry & Welsh, 2001).

Nell'analizzare i dati tramite *Distance 5.0* è necessario, anzitutto, inserire i parametri relativi al proprio schema di campionamento (cfr.fig. 4.24):

- il tipo di transetto utilizzato
- quanti osservatori rilevavano il transetto
- che tipo di misura è stata effettuata per la distanza
- se sono stati osservati singoli oggetti o *cluster*

Successivamente vanno specificate altre indicazioni riguardo:

- l'area di studio (*global level*)
- le eventuali stratificazioni geografiche (*stratum*)
- l'unità di campionamento su cui si agiva: il transetto di 100 o 200m (*sample*)
- le osservazioni dei *pellet group* di cui si misurava la distanza (*observation*)

New Project Setup Wizard - Step 3: Survey Method

In this screen, you tell Distance about your survey methods. Click 'Help' to find out more about each option.

*Minke whale line transect surveys, Antarctic Ocean Photo: Peter Cookson*

Sampling fraction  
This option has been moved to the Multipliers page.

Type of survey  
 Line transect  
 Point transect  
 Cub count

Observer configuration  
 Single observer  
 Double observer

Distance measurements  
 Perpendicular distance  
 Radial distance and angle

Observations  
 Single objects  
 Clusters of objects

Help Cancel < Back Next > Finish

Fig. 4.24 Inserimento dei dati relativi allo schema di campionamento.

#### 4. 5.2.1 Modelli e criteri di selezione

Sulla base dei dati e delle informazioni inserite, *Distance 5.0* procede alla produzione di modelli diversi a seconda della *key function* (*Half-normal, Hazard-rate, Uniform, Negative-exponential*) e delle *series expansion* (*Cosine, Simple polynomial, Hermite polynomial*) che sono state a mano a mano selezionate durante l'analisi.

Il modello più opportuno, che consentirà di stimare la densità di caprioli o di cervi a partire dalla densità delle loro fatte, verrà poi scelto facendo riferimento agli indici di bontà statistica, tentando di soddisfare il più possibile le esigenze di (Buckland et al., 2001):

- accuratezza; quanto i dati raccolti si discostano dai valori assunti dalla variabile nel modello adottato (Smart et al., 2004).
- robustezza; quanto un modello possa tollerare violazioni delle assunzioni di base (Buckland et al., 2001). Quanto un modello sia robusto e "buono" è valutabile in base allo *shape criterion*, cioè osservando la forma assunta dalla *detection function* (è fondamentale riscontrare nella forma della curva una monotonicità decrescente con una "spalla" che indichi che effettivamente tutti gli oggetti presenti sulla linea del transetto e nel suo immediato intorno siano stati individuati; Buckland et al., 2001), dal risultato del test  $X^2$  (più si avvicina ad 1 e migliore è la bontà del modello nel "fittare" i dati) e dal numero di parametri considerati nella formulazione del modello (all'aumentare dei parametri migliora il *fit*, ma a discapito della robustezza).
- precisione; indicata dal valore del c.v. Minore il c.v., maggiore sarà la precisione (Buckland et al., 2001).
- "bontà del *fit* relativo"; quanto il modello scelto "fitta" i dati raccolti, confrontato con i modelli sviluppati nelle altre analisi.

Essa viene valutata considerando l'AIC (*Akaike's Information Criterion*).

Si sceglie il modello con AIC inferiore e nel caso di analisi stratificate il modello stratificato viene preferito a quello globale se:

$$\sum AIC_{\text{stratum}} < AIC_{\text{global}}$$

L'AIC non viene considerato nel confronto tra modelli che non si riferiscano al medesimo *set* di dati. Ciò può accadere qualora si procedesse a *truncation* ("troncature"; vedi § 4.5.2.2), che comportano l'eliminazione di quei dati di margine che contribuiscono solamente ad aumentare la varianza.

Per poter estrapolare dati di densità attendibili attraverso il *distance sampling* è necessario avere un minimo di 60/80 osservazioni ( $n$ ), così da ricavare una corretta *detection function*; le osservazioni devono, inoltre, essere distribuite su almeno una ventina di transetti per avere un *encounter rate* (tasso di rinvenimento/osservazione) affidabile (Buckland et al, 2001).

#### 4. 5.2.2 Tipologie ed operazioni di analisi

L'obiettivo delle analisi è stato l'estrapolazione del dato di densità di *pellet group* sia a livello globale (riferito a tutta l'area di studio), che a livello di strato (riferito agli strati – tre Grid e quattro Zone – in cui l'area di studio del Monte Bondone è stata suddivisa), per poi ricavare la densità di animali.

In un'**analisi globale**, la densità di *pellet group* è calcolata in base alla formula:

$$D_{\text{pellet group}} = n_{\text{pellet group}} * f(0) / 2L,$$

in cui  $n_{\text{pellet group}}$  ed  $L$  si riferiscono, rispettivamente, al numero di osservazioni effettuate in tutta l'area di studio ed alla lunghezza complessiva dei transetti lineari. Con questa formula si calcola una densità di *pellet* "globale" (cfr. nelle analisi presentate "Livello di stratificazione della *detection function*: *Global*), riferita a tutta l'area di studio.

In un'**analisi per strato**, la densità di *pellet group* è calcolata per ogni strato in base alla formule:

$$D_{1 \text{ pellet group}} = n_{1 \text{ pellet group}} * f_1(0) / 2L_1,$$

$$D_{2 \text{ pellet group}} = n_{2 \text{ pellet group}} * f_2(0) / 2L_{2,\dots},$$

$$D_{n \text{ pellet group}} = n_{n \text{ pellet group}} * f_n(0) / 2L_n$$

in cui  $n_{n \text{ pellet group}}$  ed  $L_n$  si riferiscono al numero di osservazioni ed alla lunghezza complessiva dei transetti lineari relativamente ad ogni strato.

In questo modo viene calcolata una densità di *pellet* per strato (cfr. nelle analisi presentate "Livello di stratificazione della *detection function: Stratum*"; dato di cui si potrebbe avere necessità o che si potrebbe semplicemente preferire perché più preciso), facendo riferimento allo sforzo di campionamento di ogni strato (Buckland et al., 2001). È poi possibile stabilire la densità di *pellet* globale mediando o sommando le varie densità per strato.

Un modello può non rispondere alle esigenze attese di accuratezza, robustezza e precisione nello stimare la densità. In tal caso, l'obiettivo è quello di migliorare il modello ottenuto e ciò è possibile attraverso varie operazioni che il *software Distance 5.0* è in grado di svolgere.

Anzitutto, una insoddisfacente analisi globale può essere migliorata da un'analisi per strati, oppure si può procedere con operazioni atte a ridurre la variabilità dei dati, considerando nell'elaborazione dei modelli quei fattori che presumibilmente incidono sull'osservabilità (*detectability*) dei *pellet group*.

Prima fra tutte queste operazioni è la *truncation* (Buckland et al., 2001), che consiste nell'eliminare dal proprio *set* di dati quelli meno significativi all'estrapolazione della densità e che più contribuiscono all'aumento della varianza. Ridurre, cioè, le "code" della *detection function*, corrispondenti alle osservazioni a distanze molto elevate.

Altre due importanti operazioni possibili con *Distance 5.0* sono la post-stratificazione e l'uso di covariate nell'elaborazione del modello.

La post-stratificazione consente di suddividere, durante le analisi stesse, i dati in "post-strati" sulla base di fattori che condizionano la *detectability*, senza fare riferimento alla suddivisione in strati pianificata in fase di *survey design*.

A differenza degli strati, caratterizzati ciascuno da un proprio *effort*, variabile in base all'ampiezza dello strato, i post-strati considerano lo sforzo di campionamento uniforme e consentono di ricavare delle *detection function* per ogni post-strato (così da avere una migliore aderenza dei dati al modello), dalle quali estrapolare dei valori di densità che, se mediati o sommati, possono migliorare la precisione della densità globale.

L'uso di covariate consiste nel considerare nel calcolo della *detection function*, in un modello globale o stratificato, i parametri che influenzano la probabilità di osservazione, sempre con l'intento di migliorare i modelli realizzati.

In questo studio, i fattori/parametri considerati in fase di rilevamento che, presumibilmente, avrebbero potuto condizionare la *detectability*, sono stati:

- **l'habitat**, in conseguenza della diversa copertura al suolo o della difficoltà a procedere in esso (ad esempio arbusteti di pino mugo);
- **la pendenza**, poichè risulta più complicato per l'osservatore individuare le fatte in zone a pendenza elevata, sia per le condizioni fisiche in cui egli opera, sia per la maggiore facilità con cui i singoli *pellet* di una fatta si allontanano tra loro scivolando lungo il versante;
- **l'esposizione**, fattore che incide sulla distribuzione stessa dei cervidi nei vari periodi dell'anno, in relazione ai microclimi che si possono instaurare sui versanti di un massiccio montuoso;
- **il rilevatore**, poichè ciascuno ha una diversa capacità osservativa.

## 5. Risultati

### 5.1 Decay rate

L'applicazione dei modelli logistici ha evidenziato che il decadimento dei *pellet* è influenzato da fattori diversi a seconda dei mesi (Tab. 5.1).

Mese	Esposizione			
	di versante	Altitudine	Habitat	Pendenza
Aprile	X	X	X	
Maggio		X	X	X
Giugno			X	X
Luglio			X	
Agosto			X	
Settembre			X	X
Ottobre			X	

Tabella 5.1: Fattori che influenzano il tempo di decadimento in ciascun mese.

Il *decay* medio globale ottenuto per ciascun mese in cui si sono rilevati dati è il seguente (tab 5.2):

MESE	DECAY MEDIO GLOBALE
Aprile	253,3
Giugno	232,3
Settembre	59,7
Ottobre	54,6

Tab 5.2 variazione di *decay rate* nei mesi in cui si è svolto il campionamento.

I risultati ottenuti indicano che non è possibile definire un unico valore di tempo di decadimento per i *pellet group* di capriolo. Il calcolo del tempo medio di decadimento per campionamento (pesato cioè in base allo sforzo mensile) ha fornito i seguenti risultati:

- 240 giorni per il campionamento primaverile;
- 58 giorni per quello autunnale.

Le differenze climatiche e nelle condizioni dell'ambiente che intercorrono tra le stagioni, quindi, incidono enormemente sul periodo di tempo necessario affinché una fatta si estingua e, di conseguenza, sulla possibilità di individuare *pellet group* nel corso dei campionamenti con i metodi di *plot* e *distance sampling*.

Oltre ad aver voluto considerare un *decay rate* stagionale globale, è stato calcolato un tasso di decomposizione per i vari strati in cui è stata suddivisa l'area studio del Monte Bondone (tab. 5.3), dipendenti sia dalla diversa proporzione di tipologie di habitat nei diversi strati, che dallo sforzo relativo.

Camp.	Decay Globale	Decay Grid 1	Decay Grid 2	Decay Grid 3	Decay Tn Ovest	Decay Valle Laghi	Decay Lato Adige	Decay Demanio
Primavera	240	253,3	280,8	183,9	245,5	286,2	233,3	183,9
Autunno	58	70,3	65,3	42	63,6	74,7	59,9	42

Tab.5.3 Valori di *decay rate* (in giorni) riscontrati nell'area di studio del Monte Bondone, determinati per tutta l'area (Decay Globale) e per ciascuno degli strati in cui l'area è stata suddivisa.

## 5.2 Plot sampling

La griglia di campionamento con 64 *plot* 7\*7m è stata allestita a metà maggio nell'area di studio di Lamar e verso fine giugno in quella di Candaten.

La prima visita utile ai fini del conteggio dei *pellet group* è stata effettuata, rispettivamente, 80 e 71 giorni dopo la realizzazione dei *plot*.

Durante la stagione estiva, potendo tenere sotto controllo i dati di *decay rate*, è stato deciso di ridurre il tempo tra le successive visite a meno di 60 giorni: un valore approssimabile al tempo medio di *decay* calcolato per i mesi estivi del 2006.

Perciò, il secondo conteggio dei *pellet group* è stato effettuato a Lamar dopo 52 giorni, a Candaten dopo 55. Per il terzo ed ultimo rilievo sono trascorsi altri 48 giorni in entrambe le località.

Le tabelle 5.4 e 5.5 presentano, in sintesi, i giorni trascorsi tra i vari conteggi ed il numero di *pellet group* rinvenuti nelle due aree di studio ad ogni rilievo, nonché la loro densità per ha.

Capriolo (ar = 20pg/g)	Lamar			Candaten		
	$\Delta t$ giorni	N° pellet	N° pellet/ha	$\Delta t$ giorni	N° pellet	N° pellet/ha
Primo conteggio	80	0	0	71	0	0
Secondo conteggio	52	3	9,6	55	0	0
Terzo conteggio	48	5	16	48	2	6,4

Tab. 5.4 parametri dei campionamenti su capriolo nelle due aree di studio.

Cervo (ar = 25pg/g)	Lamar			Candaten		
	$\Delta t$ giorni	N° pellet	N° pellet/ha	$\Delta t$ giorni	N° pellet	N° pellet/ha
Primo conteggio	80	16	51	71	8	25,5
Secondo conteggio	52	3	9,6	55	16	51
Terzo conteggio	48	5	16	48	19	60,6

Tab. 5.5 parametri dei campionamenti su cervo nelle due aree di studio.

Da questi dati risulta immediatamente evidente una netta prevalenza di *pellet group* di cervo nell'area bellunese (mentre il capriolo è risultato pressoché assente) ed una presenza paritetica di capriolo e cervo a Lamar.

I valori di densità, riferiti sia alla superficie delle due aree di studio (as), che ad una superficie di 100ha, sono stati ricavati mediando i dati relativi solamente ai campionamenti 2 e 3 (tabb. 5.6, 5.7).

Capriolo (22,32pg/g) Media camp. 2,3	N° pellet/ha	N animali /as	N animali /100ha
<b>Lamar</b>	12,8	0,9	1,65
<b>Candaten</b>	3,2	0,24	0,27

Tab. 5.6 Densità media di capriolo relativa ai dati dei campionamenti 2 e 3 e riferita sia all'area di studio che ad una superficie di 100ha.

Cervo (25pg/g) Media camp. 2,3	N° pellet/ha	N animali /as	N animali /100ha
<b>Lamar</b>	12,8	0,8	1,03
<b>Candaten</b>	55,8	3,81	4,33

Tab. 5.7 Densità media di cervo relativa ai dati dei campionamenti 2 e 3 e riferita sia all'area di studio che ad una superficie di 100ha.

I dati confermano una scarsa presenza di capriolo nell'area di Candaten.

A Lamar, invece, le popolazioni dei due cervidi hanno mostrato densità equivalente, con valori di un individuo ogni 100ha.

È stata verificata l'attendibilità dei risultati calcolando i valori dei rispettivi intervalli di confidenza e dei coefficienti di variazione (Tabb. 5.8, 5.9).

<b>Capriolo</b>	$N_{\text{animali}} / 100\text{ha}$	C. I. -	C. I. +	cv %
<b>Lamar</b>	1,65	0,3	2	38,7
<b>Candaten</b>	0,3	0	0,7	70,4

Tab. 5.8 Intervallo di confidenza e coefficiente di variazione del dato di densità media di capriolo nelle due aree di studio.

<b>Cervo</b>	$N_{\text{animali}} / 100\text{ha}$	C. I. -	C. I. +	cv %
<b>Lamar</b>	1	0,1	2	46,1
<b>Candaten</b>	4,3	2	6,7	27,4

Tab. 5.9 Intervallo di confidenza e coefficiente di variazione del dato di densità media di cervo nelle due aree di studio.

Lo scarso numero di osservazioni relative a *pellet group* di capriolo nell'area di Candaten non ha consentito di ricavare una stima di popolazione affidabile con il metodo del *plot sampling*.

Le consistenze dei due cervidi stimate nell'area di Lamar, hanno mostrato un coefficiente di variazione ampio, che non permette piena confidenza nel valore stimato, ma che, quantomeno, si è attestato su percentuali raggiunte abbastanza frequentemente in operazioni di censimento della fauna selvatica (Mayle et al., 1999).

La stima della densità di cervo nella zona del bellunese ha mostrato la miglior precisione rispetto alle altre stime effettuate con *plot sampling*. Il conteggio indiretto con il metodo del *plot sampling* ha confermato una notevole presenza di cervo nell'area, già suggerita dai conteggi promossi dall'ente Parco e che hanno utilizzato tecniche di censimento diretto, quali il censimento notturno al faro.

### 5. 3 Distance sampling

Le analisi presentate qui di seguito si riferiscono ai dati raccolti tra aprile e ottobre 2006 nelle due aree di studio. Più in particolare esse si basano su:

- i 117 transetti da 200m (L = 23400m) rilevati nell'area del Monte Bondone tra aprile e giugno 2006 (Campionamento primaverile), in cui sono stati individuati 500 *pellet group* di capriolo;
- i 99 transetti da 200m (L = 19800m) rilevati nell'area del Monte Bondone tra agosto ed ottobre 2006 (Campionamento autunnale), in cui sono stati individuati 174 *pellet group* di capriolo;
- i 61 transetti da 100m (L = 6100m) rilevati nell'area di Candaten nel giugno 2006 (Campionamento primaverile), in cui sono stati individuati 125 *pellet group* di cervo;
- i 54 transetti da 100m (L = 5400m) rilevati nell'area di Candaten nell'ottobre 2006 (Campionamento autunnale), in cui sono stati individuati 67 *pellet group* di cervo.

### 5. 3.1 Analisi Monte Bondone

Campionamento primaverile di *pellet group* di capriolo, con stratificazione per fasce altitudinali (Grid 1, Grid 2, Grid 3)

#### A. 1. Global\_nostrat\_nocov\_notrunc

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: Global

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: Global

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, tra 0 e 280cm

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	1916,7	0,36	0,021	8,8	91,2	12,7	141,1	2,63	2,1	3,4

In cui:

- N° param. = numero di parametri considerati nell'elaborazione dei risultati
- AIC = *Akaike's Information Criterion*
- P(X<sup>2</sup>) = Probabilità del test X<sup>2</sup>; valuta la significatività del modello
- n/L = *encounter rate*
- %CV(dp) = coefficiente di variazione della *detection probability*
- %CV(er) = coefficiente di variazione dell'*encounter rate*
- %CV = coefficiente di variazione
- N°p/ha = Densità estrapolata di *pellet group*/ha
- N°c/100ha = Densità media di cervidi/100ha ( $D_{\text{animali}} = D_{\text{media\_pellet}} / ar * dr$ )
- D- = Densità minima di cervidi/100ha ( $D_{\text{min\_animali}} = D_{\text{min\_pellet}} / ar * dr$ )
- D+ = Densità massima di cervidi/100ha ( $D_{\text{max\_animali}} = D_{\text{max\_pellet}} / ar * dr$ )

Valutazione dell'analisi:

La prima analisi estrapola una *detection function* ed un valore di densità globali. Il risultato del test X<sup>2</sup> conferma la significatività e l'accuratezza di questo primo modello.

In base all'osservazione del grafico della *detection function*, che presenta una lunga "coda" verso destra, e con l'intento di ridurre il cv ottenuto, ancora lontano dall'obiettivo del 10%, si è optato per una *truncation* a 200cm.

#### A. 2. Global\_nostrat\_nocov\_trunc

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: Global

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: Global

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	1916,7	0,36	0,021	8,8	91,2	12,7	141,1	2,63	2,1	3,4
<b>A.2</b>	2	1858,3	0,35	0,021	15	85	13,2	143,8	2,68	2,1	3,5

Valutazione dell'analisi:

Gli AIC delle due analisi non sono confrontabili perché esse non si riferiscono al medesimo set di dati. La *truncation* ha ridotto effettivamente la "coda" della *detection function*, ma il cv è aumentato. Affinché cali, è stata eseguita un'analisi stratificata con una determinazione della *detection function* per ogni strato (Grid 1, Grid 2, Grid 3), auspicando un migliore *fit* dei modelli nei singoli strati.

### A. 3. Stratdet\_stratgrid\_nocov\_trunc

A titolo esemplificativo e con l'intento di mostrare un'analisi nella sua interezza, si riportano, per questo che è il modello migliore elaborato a partire dai dati del campionamento primaverile, tutte le principali informazioni ottenute utilizzando *Distance 5.0*. Una versione di questo tipo di tutte le analisi effettuate è disponibile in **Allegato**.

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)  
Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum*  
Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*  
Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm  
*Global density* per media

Modelli elaborati sulla base delle seguenti *key function*:

- *Half-Normal, series expansion: Cosine*
- *Half-Normal, series expansion: Simple polynomial*
- *Hazard-Rate, series expansion: Cosine*
- *Hazard-Rate, series expansion: Simple polynomial*

Selezione dei modelli:

```
Stratum      : 1. 1
Effort       : 9000.000
# samples    : 45
Width        : 200.0000
Left         : 0.0000000
# observations: 222
```

Model Selection

```
-----
Minimum AIC = 890.0583
Estimator chosen based on minimum AIC :
Model
  Half-normal key,  $k(y) = \text{Exp}(-y^{**2}/(2*A(1)**2))$ 
  Simple polynomial adjustments of order(s) : 4
```

```
Stratum      : 2. 2
Effort       : 7200.000
# samples    : 36
Width        : 200.0000
Left         : 0.0000000
# observations: 128
```

Model Selection

-----  
Minimum AIC = 429.9717  
Estimator chosen based on minimum AIC :  
Model

Hazard Rate key,  $k(y) = 1 - \text{Exp}(-(y/A(3))^{**}A(4))$

Stratum : 3. 3  
Effort : 7200.000  
# samples : 36  
Width : 200.0000  
Left : 0.0000000  
# observations: 146

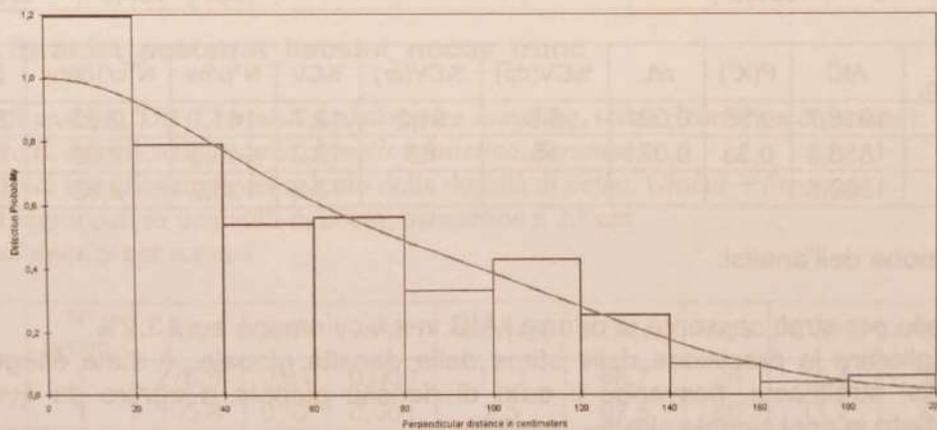
Model Selection

-----  
Minimum AIC = 519.4536  
Estimator chosen based on minimum AIC :  
Model

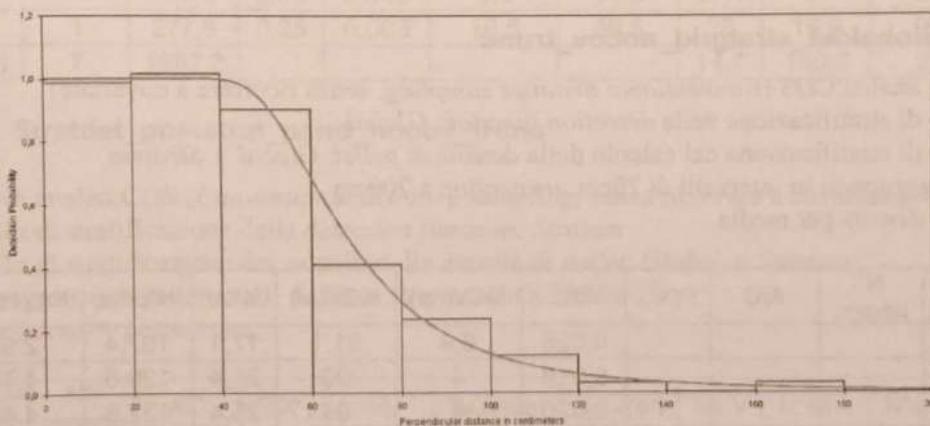
Half-normal key,  $k(y) = \text{Exp}(-y^{**}2/(2*A(4)^{**}2))$

Detection function rappresentate graficamente:

Primo strato, Grid 1



Secondo strato, Grid 2



### Terzo strato, Grid 3

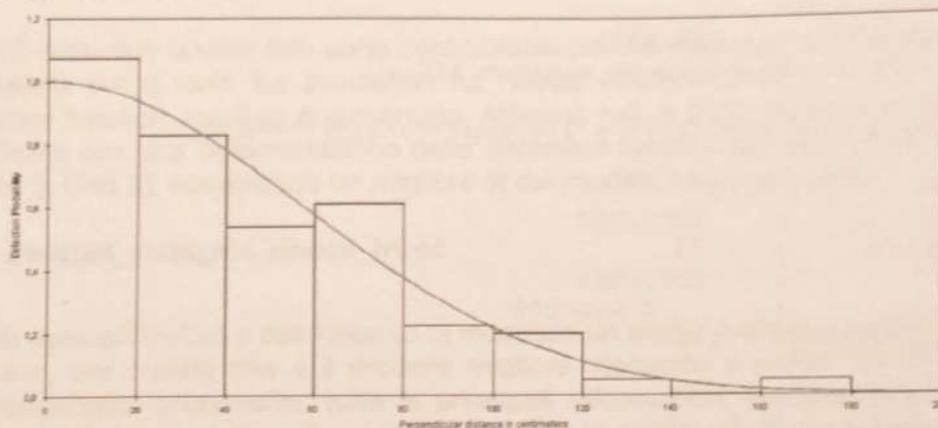


Tabella riassuntiva:

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>Grid1</b>	2	890,06	0,25	0,025	9,9	90,1	17,2	144,4	2,55
<b>Grid2</b>	2	429,97	0,87	0,018	7,4	92,6	25,8	119,7	1,91
<b>Grid3</b>	1	519,45	0,46	0,020	5,5	94,5	25,6	142,4	3,47
<b>Pool</b>	5	1839,5					13,2	135,2	2,52

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	1916,7	0,36	0,021	8,8	91,2	12,7	141,1	2,63	2,1	3,4
<b>A.2</b>	2	1858,3	0,35	0,021	15	85	13,2	143,8	2,68	2,1	3,5
<b>A.3</b>	5	1839,5					13,2	135,2	2,52	1,9	3,3

Valutazione dell'analisi:

Il modello per strati consente di ridurre l'AIC, ma il cv rimane sul 13,2%. Per migliorare la precisione della stima della densità globale, è stata eseguita un'analisi stratificata, ricavando il dato di densità globale a partire da quello estrapolato in ogni singolo strato.

#### A. 4. Globaldet\_stratgrid\_nocov\_trunc

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Global*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

*Global density per media*

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>Grid1</b>				0,025	8,9	91,1	17,1	167,4	2,96
<b>Grid2</b>				0,018	4	96	25,4	120,6	4,48
<b>Grid3</b>				0,020	4	96	25,4	137,6	4,48
<b>Pool</b>	2	1858,3	0,35				13,7	147,7	2,75

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	1916,7	0,36	0,021	8,8	91,2	12,7	141,1	2,63	2,1	3,4
<b>A.2</b>	2	1858,3	0,35	0,021	15	85	13,2	143,8	2,68	2,1	3,5
<b>A.3</b>	5	1839,5					13,2	135,2	2,52	1,9	3,3
<b>A.4</b>	2	1858,3	0,35				13,7	147,7	2,75	2,1	3,6

Valutazione dell'analisi:

L'AIC risultante non è migliore di quello di A.2. Con quest'analisi, perciò, non è stato migliorato il modello globale, anzi se ne è diminuita la precisione: il cv è aumentato poiché la densità globale viene ricavata mediando i tre valori di densità del modello per strati.

Ciò dimostra che quando  $\sum AIC_{stratum} < AIC_{global}$ , il modello per strato va preferito a quello globale ai fini della stima della densità.

A questo punto è parso opportuno post-stratificare: tentare di migliorare la precisione nella stima della densità, considerando nella formulazione del modello quei parametri che presumibilmente hanno inciso sulla variabilità dei dati, cioè sulla *detectability* dei *pellet group*. Sono stati considerati i fattori habitat (A.5), pendenza (A.6), esposizione (A.7) e rilevatori (A.8).

#### A. 5. Stratdet\_poststrat\_habsint\_nocov\_trunc

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

*Global density* per somma

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>a</b>	1	276,8	0,31	0,003	11,3	88,7	28	15,4	0,29
<b>ar</b>	1	105,8	0,32	0,001	2,5	97,5	80	11,2	0,21
<b>c.l.</b>	3	698,3	0,57	0,008	13,6	86,4	23,9	64,8	1,21
<b>C</b>	1	493,6	0,86	0,006	5,2	94,8	27,1	41	0,76
<b>L</b>	1	277,8	0,35	0,003	10,5	89,5	28	16,9	0,31
<b>Pool</b>	7	1852,2					14,7	149,3	2,78

#### A. 6. Stratdet\_poststrat\_pend\_nocov\_trunc

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

*Global density* per somma

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>E</b>	1	450,37	0,71	0,006	5,7	94,3	26,5	41	0,76
<b>M</b>	6	989,61	0,14	0,011	40,2	59,8	21,1	85,8	1,6
<b>P</b>	1	409,43	0,7	0,004	4,9	95,1	35,3	22,2	0,41
<b>Pool</b>	8	1849,4					15,1	149	2,78

### A. 7. Stratdet\_poststrat\_exp\_nocov\_trunc

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

*Global density* per somma

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>Est</b>	1	297,17	0,8	0,004	3,2	96,8	42,93	29,1	0,54
<b>Nord</b>	1	270,92	0,81	0,003	5,9	94,1	34,11	22,9	0,43
<b>Ovest</b>	2	864,17	0,24	0,009	6,4	93,6	19,97	59,7	1,11
<b>Sud</b>	1	421,39	0,63	0,005	4,8	95,2	32,5	28,6	0,53
<b>Pool</b>	5	1853,7					15,1	140,3	2,61

### A. 8. Stratdet\_poststrat\_ril\_nocov\_trunc

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

*Global density* per somma

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>MV</b>	1	809,23	0,32	0,009	6,4	93,6	19,87	57,7	1,08
<b>ATE</b>	2	1047,3	0,5	0,012	9,1	90,9	20,29	87,1	1,62
<b>Pool</b>	3	1856,5					14,6	144,8	2,7

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	1916,7	0,36	0,021	8,8	91,2	12,7	141,1	2,63	2,1	3,4
<b>A.2</b>	2	1858,3	0,35	0,021	15	85	13,2	143,8	2,68	2,1	3,5
<b>A.3</b>	5	1839,5					13,2	135,2	2,52	1,9	3,3
<b>A.4</b>	2	1858,3	0,35				13,7	147,7	2,75	2,1	3,6
<b>A.5</b>	7	1852,2					14,7	149,3	2,78	2,1	3,7
<b>A.6</b>	8	1849,4					15,1	149	2,78	2,1	3,7
<b>A.7</b>	5	1853,7					15,1	140,3	2,61	1,9	3,5
<b>A.8</b>	3	1856,5					14,6	144,8	2,7	2	3,6

Valutazione delle analisi:

La post-stratificazione migliora il modello globale: l'AIC di queste ultime analisi, infatti, è minore di quello di A.2. Poiché A.5 e A.6 (che post-stratificano in base ad habitat e pendenza, rispettivamente) hanno i minori valori di AIC tra le ultime quattro analisi, habitat e pendenza sono stati applicati al miglior modello fino ad ora (A.3) come covariate.

### A. 9. Stratdet\_stratgrid\_covpend\_trunc

Tipo di analisi: MCDS (*Multiple covariate distance sampling*, usando covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

*Global density* per media

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>Grid1</b>	3	882,29	0,41	0,025	9,1	90,9	17,1	138,1	2,44
<b>Grid2</b>	3	433,94	0,46	0,018	8,1	91,9	25,9	138,5	2,21
<b>Grid3</b>	3	522,93	0,2	0,020	6,8	93,2	25,8	142,8	3,48
<b>Pool</b>	9	1839,2					13,4	138,7	2,59

### A. 10. Stratdet\_stratgrid\_covhabsint\_trunc

Tipo di analisi: MCDS (*Multiple covariate distance sampling*, usando covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

*Global density* per media

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>Grid1</b>	4	893,76	0,16	0,025	8,7	91,3	17,1	135	2,39
<b>Grid2</b>	5	430,71	0,65	0,018	8,7	91,3	26	144,4	2,3
<b>Grid3</b>	5	523,83	0,09	0,020	7,2	92,8	25,9	144,9	5,53
<b>Pool</b>	14	1848,3					13,5	139,3	2,6

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	1916,7	0,36	0,021	8,8	91,2	12,7	141,1	2,63	2,1	3,4
<b>A.2</b>	2	1858,3	0,35	0,021	15	85	13,2	143,8	2,68	2,1	3,5
<b>A.3</b>	5	1839,5					13,2	135,2	2,52	1,9	3,3
<b>A.4</b>	2	1858,3	0,35				13,7	147,7	2,75	2,1	3,6
<b>A.5</b>	7	1852,2					14,7	149,3	2,78	2,1	3,7
<b>A.6</b>	8	1849,4					15,1	149	2,78	2,1	3,7
<b>A.7</b>	5	1853,7					15,1	140,3	2,61	1,9	3,5
<b>A.8</b>	3	1856,5					14,6	144,8	2,7	2	3,6
<b>A.9</b>	9	1839,2					13,4	138,7	2,59	2	3,4
<b>A.10</b>	14	1848,3					13,5	139,3	2,6	2	3,4

Valutazione delle analisi:

A.9, che include nel calcolo della *detection function* la pendenza come covariata, dà risultati migliori di A.10, sia in termini di AIC che di cv. Confrontando A.9 con A.3, l'altro modello stratificato, si notano valori di AIC e cv assai simili. Tuttavia, nell'elaborazione di A.3 sono stati utilizzati soltanto cinque parametri contro i nove utilizzati in A.9. Perciò, secondo il principio di massima parsimonia, A.3 appare come analisi più robusta e, quindi, più valida tra le due.

Appurato che è la pendenza, tra i fattori connessi all'osservabilità dei *pellet*, a migliorare maggiormente le analisi, sono state eseguite altre due analisi che hanno incluso la pendenza come covariata nel calcolo della *detection function*,

per tentare di migliorare la precisione dei valori di densità, sia per strato (A.11) che globali (A.12).

### A. 11. Globaldet\_stratgrid\_covpend\_trunc

Tipo di analisi: MCDS (*Multiple covariate distance sampling*, usando covariate)  
 Livello di stratificazione della *detection function*: *Global*  
 Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*  
 Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm  
*Global density* per media

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>Grid1</b>				0,025	4,5	95,5	14,7	158,3	2,8
<b>Grid2</b>				0,018	2	98	25,1	114,1	1,82
<b>Grid3</b>				0,020	2	98	25,1	130,1	3,17
<b>Pool</b>	3	1850,4	0,1				13,1	139,7	2,6

### A. 12. Globaldet\_nostrat\_covpend\_trunc

Tipo di analisi: MCDS (*Multiple covariate distance sampling*, usando covariate)  
 Livello di stratificazione della *detection function*: *Global*  
 Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global*  
 Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

Tabella riassuntiva:

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	1916,7	0,36	0,021	8,8	91,2	12,7	141,1	2,63	2,1	3,4
<b>A.2</b>	2	1858,3	0,35	0,021	15	85	13,2	143,8	2,68	2,1	3,5
<b>A.3</b>	5	1839,5					13,2	135,2	2,52	1,9	3,3
<b>A.4</b>	2	1858,3	0,35				13,7	147,7	2,75	2,1	3,6
<b>A.5</b>	7	1852,2					14,7	149,3	2,78	2,1	3,7
<b>A.6</b>	8	1849,4					15,1	149	2,78	2,1	3,7
<b>A.7</b>	5	1853,7					15,1	140,3	2,61	1,9	3,5
<b>A.8</b>	3	1856,5					14,6	144,8	2,7	2	3,6
<b>A.9</b>	9	1839,2					13,4	138,7	2,59	2	3,4
<b>A.10</b>	14	1848,3					13,5	139,3	2,6	2	3,4
<b>A.11</b>	3	1850,4	0,1				13,1	139,7	2,6	2	3,4
<b>A.12</b>	3	1850,4	0,1	0,021	7,9	92,1	12,7	136	2,53	2	3,3

Valutazione delle analisi:

Queste ultime due analisi presentano un AIC superiore a quello di A.9 in cui è stata tracciata una *detection function* per ogni strato. Perciò A.9 è da ritenersi migliore di A.11 e A.12.

Il modello per strato, perciò, rimane migliore di quello globale ed A.3 è da considerarsi quello più attendibile per l'estrapolazione della densità di *pellet* a partire dai dati raccolti nel campionamento primaverile. Ciò indica che la scelta di stratificare in base a fasce altitudinali, pianificata in fase di *survey design*, considerando incisiva la differente distribuzione altitudinale dei caprioli del Monte Bondone nel corso dell'anno, è stata sensata e determinante nell'approcciare il livello di precisione di stima auspicato.

### 5. 3.2 Analisi Monte Bondone

Campionamento autunnale di *pellet group* di capriolo, con stratificazione per fasce altitudinali (Grid 1, Grid 2, Grid 3)

#### A. 1. Global\_nostrat\_nocov\_trunc

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: Global

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: Global

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 180cm

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	542,42	0,17	0,009	10,9	89,1	18,2	86,1	6,63	4,6	9,5

Valutazione dell'analisi:

In questo caso è stata immediatamente effettuata una troncatura dei dati, avendo constatato lo scarso numero di osservazioni rilevate oltre i 180cm.

Applicando lo *shape criterion* ed in base al risultato del test di significatività, il modello che risulta da questa prima analisi appare buono.

Per diminuire il cv, lontano dal 10% pronosticato in fase di *survey design*, è stata effettuata un'analisi con determinazione della *detection function* per strati.

#### A. 2. Stratdet\_stratgrid\_nocov\_trunc

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: Stratum

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: Global + Stratum

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 180cm

Global density per media

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>Grid1</b>	1	66,35	0,58	0,003	10	90	51,2	25,9	1,65
<b>Grid2</b>	2	267,24	0,65	0,014	18,9	81,1	26,5	110,6	7,6
<b>Grid3</b>	2	211,04	0,55	0,009	10,2	89,8	27,7	100,6	10,7
<b>Pool</b>	5	544,63					20,7	63,5	4,89

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	542,42	0,17	0,009	10,9	89,1	18,2	86,1	6,63	4,6	9,5
<b>A.2</b>	5	544,63					20,7	63,5	4,89	3,3	7,3

Valutazione dell'analisi:

A.2 presenta un AIC superiore ad A.1.

Il modello per strati, quindi è da considerarsi meno buono di quello globale. Contrariamente a quanto si è verificato nelle analisi dei dati del campionamento primaverile, ora si ha  $\sum AIC_{stratum} > AIC_{global}$ . Questo perché il numero di *pellet group* osservati nel campionamento autunnale è di gran lunga inferiore a quello del campionamento primaverile e di conseguenza, il modello per strato non si dimostra così buono come è accaduto precedentemente.

Con le analisi che seguono, perciò, si è cercato di migliorare il modello globale di A.1 e per disporre del dato di densità in ogni strato, la si è estrapolata dal modello globale.

### A. 3. Globaldet\_stratgrid\_nocov\_trunc

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Global*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 180cm

*Global density* per media

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>Grid1</b>				0,003	1,5	98,5	49	31,2	1,99
<b>Grid2</b>				0,014	5,9	94,1	24,6	134,6	9,24
<b>Grid3</b>				0,009	4,9	95,1	26,9	94,3	10,1
<b>Pool</b>	2	542,42	0,17				20,3	74,5	5,74

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	542,42	0,17	0,009	10,9	89,1	18,2	86,1	6,63	4,6	9,5
<b>A.2</b>	5	544,63					20,7	63,5	4,89	3,3	7,3
<b>A.3</b>	2	542,42	0,17				20,3	74,5	5,74	3,8	8,6

Valutazione dell'analisi:

Questa analisi ha consentito di stimare la densità di *pellet* in ogni strato, ma non di migliorare la precisione della stima di densità globale: il cv è aumentato rispetto ad A.1.

Nel tentativo di migliorare la stima della densità globale del modello per strati (A.2), è stata effettuata una post-stratificazione per habitat (A.4) e pendenza (A.5): i due fattori che più hanno condizionato la *detectability* nel campionamento primaverile.

### A. 4. Stratdet\_poststrat\_habsint\_nocov\_trunc

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 180cm

*Global density* per somma

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>a</b>	1	66,72	0,99	0,001	21,1	78,9	34,3	9,4	0,72
<b>ar</b>	1	20,1	0,99	0,0004	27,3	72,7	49,7	5,5	0,42
<b>c.l.</b>	2	234,4	0,81	0,004	8	92	29	37,7	2,9
<b>C</b>	1	175,23	0,8	0,003	6,2	63,8	40,5	20,5	1,58
<b>L</b>	1	44,41	0,36	0,0009	15,1	84,9	45,4	10,3	0,79
<b>Pool</b>	6	540,87					18,1	83,5	6,43

### A. 5. Stratdet\_poststrat\_pend\_nocov\_trunc

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 180cm

*Global density* per somma

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>E</b>	1	207,21	0,72	0,004	6,7	93,3	33,4	34	2,62
<b>M</b>	2	311,31	0,35	0,005	11,8	88,2	24,8	43,5	3,35
<b>P</b>	1	23,99	0,99	0,0006	22,7	77,3	51,1	5,6	0,43
<b>Pool</b>	4	542,5					19,2	83,1	6,4

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	542,42	0,17	0,009	10,9	89,1	18,2	86,1	6,63	4,6	9,5
<b>A.2</b>	5	544,63					20,7	63,5	4,89	3,3	7,3
<b>A.3</b>	2	542,42	0,17				20,3	74,5	5,74	3,8	8,6
<b>A.4</b>	6	540,87					18,1	83,5	6,43	4,5	9,2
<b>A.5</b>	4	542,5					19,2	83,1	6,4	4,4	9,3

Valutazione delle analisi:

Anche per il campionamento autunnale, i fattori habitat e pendenza hanno inciso sulla *detectability* dei *pellet*: in entrambe le analisi l'AIC è sceso da 544,63 (A.2) a 542,5 (A.5) e 540,87 (A.4). L'habitat, quindi, incide più della pendenza sul modello che determina una *detection function* per ogni strato e lo migliora a tal punto che la stima di densità globale estrapolata da A.4 è da considerarsi più attendibile di quella di A.1: cv e AIC sono inferiori anche al modello globale ritenuto migliore sinora.

### A. 6. Globaldet\_nostrat\_covhabsint\_trunc2

Tipo di analisi: MCDS (*Multiple covariate distance sampling*, usando covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Global*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 180cm

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.6</b>	6	545,6	0,005	0,009	13,3	86,7	18,4	86,8	6,68	4,7	11,1

### A. 7. Globaldet\_nostrat\_covpend\_trunc

Tipo di analisi: MCDS (*Multiple covariate distance sampling*, usando covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Global*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 180cm

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	542,42	0,17	0,009	10,9	89,1	18,2	86,1	6,63	4,6	9,5
<b>A.2</b>	5	544,63					20,7	63,5	4,89	3,3	7,3
<b>A.3</b>	2	542,42	0,17				20,3	74,5	5,74	3,8	8,6
<b>A.4</b>	6	540,87					18,1	83,5	6,43	4,5	9,2
<b>A.5</b>	4	542,5					19,2	83,1	6,4	4,4	9,3
<b>A.6</b>	6	545,6	0,005	0,009	13,3	86,7	18,4	86,8	6,68	4,7	11,1
<b>A.7</b>	4	542,06	0,05	0,009	13	87	18,36	86,4	6,65	4,6	9,5

Valutazione delle analisi:

Constatato che habitat e pendenza migliorano il modello stratificato attraverso la post-stratificazione, è stato valutato l'effetto di habitat (A.6) e pendenza (A.7) quando vengono inclusi come covariate nel calcolo della *detection function* in un'analisi globale.

In questo caso è la pendenza a far diminuire leggermente l'AIC (dai 542,42 di A.1 ai 542,06 di A.7) del modello globale. Tuttavia, il minore AIC di A.4 fa preferire ancora il modello con post-stratificazione per habitat, anche nella stima della densità di *pellet* globale.

#### A. 8. Stratdet\_stratgrid\_covhabsint\_trunc2

Tipo di analisi: MCDS (*Multiple covariate distance sampling*, usando covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 180cm

*Global density* per media

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>Grid1</b>	3	6	0,49	0,003	73,8	26,2	94,9	60,4	3,83
<b>Grid2</b>	6	270,37	0,01	0,014	15,9	84,1	26,1	135,8	9,32
<b>Grid3</b>	4	204,54	0,13	0,009	17,6	82,4	28,9	104,3	11,1
<b>Pool</b>	13	480,91					36,9	91,8	7,07

#### A.9 Stratdet\_stratgrid\_covpend\_trunc2

Tipo di analisi: MCDS (*Multiple covariate distance sampling*, usando covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 180cm

*Global density* per media

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>Grid1</b>	3	6	0,87	0,003	75,6	24,4	98,3	26,3	1,68
<b>Grid2</b>	3	268,83	0,23	0,014	13,8	86,2	25,7	133	9,13
<b>Grid3</b>	4	213,63	0,15	0,009	14,3	85,7	28,3	101,1	10,8
<b>Pool</b>	10	488,46					26,4	71,9	5,54

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	542,42	0,17	0,009	10,9	89,1	18,2	86,1	6,63	4,6	9,5
<b>A.2</b>	5	544,63					20,7	63,5	4,89	3,3	7,3
<b>A.3</b>	2	542,42	0,17				20,3	74,5	5,74	3,8	8,6
<b>A.4</b>	6	540,87					18,1	83,5	6,43	4,5	9,2
<b>A.5</b>	4	542,5					19,2	83,1	6,4	4,4	9,3
<b>A.6</b>	6	545,6	0,005	0,009	13,3	86,7	18,4	86,8	6,68	4,7	11,1
<b>A.7</b>	4	542,06	0,05	0,009	13	87	18,36	86,4	6,65	4,6	9,5
<b>A.8</b>	13	480,91					36,9	91,8	7,07	3,4	14,6
<b>A.9</b>	10	488,46					26,4	71,9	5,54	3,3	9,3

#### Valutazione delle analisi:

In A.8 e A.9, habitat e pendenza sono state applicate come covariate al modello per strato. L'AIC diminuisce moltissimo in entrambi i modelli, ma l'alto numero di parametri utilizzati nell'elaborazione dei dati in A.8 ed il valore di cv nettamente superiore, fanno preferire A.9 ad A.8, nonostante quest'ultima abbia un AIC inferiore.

Si ritiene, pertanto, A.9 l'analisi migliore sia nel caso si richieda una stima di densità per strato (Grid 1: 1,68 caprioli/100ha; Grid 2: 9,13; Grid 3: 10,8), sia per estrapolare il dato di densità globale, qui quantificato in 5,54 caprioli/100ha. Anche in questo caso, un modello stratificato si è dimostrato più preciso di un'analisi globale e l'accorgimento di rilevare, nel corso dei campionamenti, fattori quali habitat, esposizione e pendenza è stato determinante nel ridurre la varianza dei dati: l'introduzione della pendenza come covariata nella determinazione della *detection function* ha permesso di ottenere il modello che fornisce il miglior compromesso tra bontà del *fit* e precisione.

### 5. 3.3 Analisi Monte Bondone

Campionamento primaverile di *pellet group* di capriolo, con stratificazione per riserve (Zona 1, Zona 2, Zona 3, Zona 4)

#### A. 1. Global\_nostrat\_trunc

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Global*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	1858,3	0,35	0,021	15	85	13,2	143,8	2,7	2,1	3,5

Valutazione dell'analisi:

Anche in questo caso, già dalla prima analisi, si è ritenuto opportuno troncare le osservazioni oltre i 200cm. La bontà di questo primo modello viene confermata mediante lo *shape criterion* e il test di significatività. Il valore di cv raggiunto è già abbastanza buono e non così lontano dal 10% atteso. Tuttavia, il motivo principale di questa stratificazione per riserve è proprio la necessità di ottenere il dato di densità per ognuna delle quattro zone, per cui è stata eseguita un'analisi per strati con determinazione di *detection function* e densità per ogni zona.

#### A. 2. Stratdet\_stratris\_trunc

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum1*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

*Global density* per media

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>D</b>	1	519,45	0,46	0,02	5,5	94,5	25,6	142,4	3,47
<b>LA</b>	1	265,66	0,82	0,025	5,5	94,5	38,4	149	2,86
<b>TO</b>	1	414,71	0,09	0,023	6,6	93,4	28,3	137,8	2,51
<b>VL</b>	4	659,64	0,25	0,02	66	34	29,2	175,9	2,75
<b>Pool</b>	7	1859,46					17,9	157,9	2,94

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	1858,3	0,35	0,021	15	85	13,2	143,8	2,7	2,1	3,5
<b>A.2</b>	7	1859,46					17,9	157,9	2,94	2,1	4,2

Valutazione dell'analisi:

Questa prima stratificazione deriva da un'elaborazione con 4 *key function* di partenza tra le quali *Distance 5.0* ha discriminato il modello migliore per ogni zona.

AIC e cv peggiorano rispetto all'analisi globale.

La zona con i dati meno attendibili è "Valle Laghi" (VL): le componenti della varianza sono molto spostate verso la *detection probability* (66%). Per migliorare questo dato, poiché per questa zona è stato scelto un modello che si basa su

una Hazard rate come key function, è stata "rilanciata" la stessa analisi con solo tre key function di partenza, escludendo l'Hazard rate.

### A. 3. Stratdet\_stratris\_trunc2

Tipo di analisi: CDS (Conventional distance sampling, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della detection function: Stratum1

Livello di stratificazione del calcolo della densità di pellet: Global + Stratum

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, truncation a 200cm

Global density per media

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>D</b>	1	519,45	0,46	0,020	5,5	94,5	25,6	142,4	3,47
<b>LA</b>	1	265,66	0,82	0,025	5,5	94,5	38,4	149	2,86
<b>TO</b>	1	414,71	0,09	0,023	6,6	93,4	28,3	137,8	2,51
<b>VL</b>	2	660,87	0,15	0,020	19,3	80,7	19	135,1	2,11
<b>Pool</b>	5	1860,69					13,6	138,8	2,59

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	1858,3	0,35	0,021	15	85	13,2	143,8	2,7	2,1	3,5
<b>A.2</b>	7	1859,46					17,9	157,9	2,94	2,1	4,2
<b>A.3</b>	5	1860,69					13,6	138,8	2,59	2	3,4

Valutazione dell'analisi:

L'AIC un po' più alto per "Valle Laghi" spiega perché prima questo modello (*Half normal*) era stato scartato in favore di quello *Hazard rate*. Eliminando l'*Hazard rate* è stato possibile ottenere delle componenti della varianza migliori per questa riserva e ciò si riflette sul valore di cv.

A.3, nonostante l'AIC superiore, è un modello migliore di A.2 per ricavare la stima di densità in ogni strato, considerato il minore numero di parametri utilizzati ed il cv migliore.

Per migliorare ancora l'attendibilità della stima di densità per ogni zona, i fattori pendenza (A.4) ed habitat (A.5) sono stati applicati come covariate al modello stratificato di A.3.

### A. 4. Startdet\_stratris\_covpend\_trunc

Tipo di analisi: MCDS (Multiple covariate distance sampling, usando covariate)

Livello di stratificazione della detection function: Stratum

Livello di stratificazione del calcolo della densità di pellet: Global + Stratum

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, truncation a 200cm

Global density per media

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>D</b>	3	522,93	0,2	0,020	6,8	93,2	25,8	142,8	3,48
<b>LA</b>	3	262,04	0,64	0,025	6,9	93,1	38,7	162,4	3,19
<b>TO</b>	3	416,15	0,02	0,023	7,1	92,9	28,3	139,5	2,55
<b>VL</b>	3	647,7	0,08	0,020	11,9	88,1	18,2	129,9	2,03
<b>Pool</b>	12	1848,8					13,6	139	2,59

### A. 5. Startdet\_stratris\_covhabsint\_trunc

Tipo di analisi: MCDS (*Multiple covariate distance sampling*, usando covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

*Global density* per media

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>D</b>	5	523,83	0,09	0,020	7,2	92,8	25,9	144,9	3,53
<b>LA</b>	5	10	0,24	0,025	10,8	89,2	39,5	159,7	3,07
<b>TO</b>	5	420,1	0,004	0,023	8,7	91,3	28,6	140,3	2,56
<b>VL</b>	4	659,99	0,03	0,020	12,2	88,8	18,1	125	1,96
<b>Pool</b>	19	1613,9					13,7	136,7	2,55

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	1858,3	0,35	0,021	15	85	13,2	143,8	2,7	2,1	3,5
<b>A.2</b>	7	1859,46					17,9	157,9	2,94	2,1	4,2
<b>A.3</b>	5	1860,69					13,6	138,8	2,59	2	3,4
<b>A.4</b>	12	1848,8					13,6	139	2,59	2	3,4
<b>A.5</b>	19	1613,9					13,7	136,7	2,55	1,9	3,3

Valutazione delle analisi:

L'applicazione delle covariate al modello stratificato ha portato ad una diminuzione dei valori di AIC. Diminuzione nettissima nel caso di A.5 (covariata habitat), tanto che questa è da considerarsi l'analisi migliore sinora, pur derivando da un'elaborazione che prende in considerazione un alto numero di parametri. La bontà di questo modello nella stima della densità, sia globale che per strato, viene confermata considerando il valore di densità di *pellet* estrapolato dai dati del campionamento primaverile con le analisi riferite alla stratificazione per "Grid".

In quel caso la densità globale stimata (135,2 *pellet/ha*) è quantificata in valori simili a quello estrapolato da questo modello (136,7). Lo stesso vale per le densità stimate a livello dello strato "Demanio" (144,4 e, qui, 144,9): l'unico strato che coincide nei due diversi tipi di stratificazione impiegati.

### A. 6. Globaldet\_stratris\_covhabsint\_trunc

Tipo di analisi: MCDS (*Multiple covariate distance sampling*, usando covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Global*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

*Global density* per media

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>D</b>				0,020	2	98	25,2	130	3,17
<b>LA</b>				0,025	0,9	99,1	37,5	157,9	3,03
<b>TO</b>				0,023	1,7	98,3	27,6	149,1	2,72
<b>VL</b>				0,020	4,2	95,8	17,4	126,7	1,98
<b>Pool</b>	5	1855,8	0,02				13,6	138,3	2,58

### A. 7. Globaldet\_stratris\_covpend\_trunc

Tipo di analisi: MCDS (*Multiple covariate distance sampling*, usando covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Global*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

*Global density* per media

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>D</b>				0,020	2	98	25,2	130,1	3,17
<b>LA</b>				0,025	0,9	99,1	37,5	158,1	3,04
<b>TO</b>				0,023	1,7	98,3	27,6	149,3	2,72
<b>VL</b>				0,020	4,2	95,8	17,4	126,9	1,99
<b>Pool</b>	3	1850,4	0,1				13,6	138,4	2,58

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	1858,3	0,35	0,021	15	85	13,2	143,8	2,7	2,1	3,5
<b>A.2</b>	7	1859,46					17,9	157,9	2,94	2,1	4,2
<b>A.3</b>	5	1860,69					13,6	138,8	2,59	2	3,4
<b>A.4</b>	12	1848,8					13,6	139	2,59	2	3,4
<b>A.5</b>	19	1613,9					13,7	136,7	2,55	1,9	3,3
<b>A.6</b>	5	1855,8	0,02				13,6	138,3	2,58	2	3,4
<b>A.7</b>	3	1850,4	0,1				13,6	138,4	2,58	2	3,4

Valutazione delle analisi:

Notata l'incidenza dell'habitat sul modello stratificato, si è provato ad applicare i fattori habitat e pendenza come covariate ad un'analisi che determinasse una *detection function* globale.

Nel caso di A.6, il valore di AIC aumentato e la scarsa significatività del test X<sup>2</sup>, fanno scartare questa analisi.

Includere, come covariata, la pendenza al modello con *detection function* globale, pare, invece, essere una buona scelta: l'AIC risulta minore di quello di A.1.

L'habitat non migliora, in questo caso, il modello globale, ma è il fattore che permette discriminazioni e analisi migliori qualora si volessero determinare una *detection function* ed una densità per ogni zona. Questo, probabilmente, perché nelle 4 zone, che dividono l'area di studio in spicchi che vanno dalle quote più basse a quelle più alte, è l'habitat a variare in maniera più incisiva tra un versante e l'altro. Una peculiarità dell'area di studio, quale la differenza di condizioni climatico-ambientali tra il versante della Val d'Adige e quello occidentale, quindi, trova riscontro anche a livello di analisi dei dati.

### A. 8. Stratdet\_stratris\_covhabpend\_trunc

Tipo di analisi: MCDS (*Multiple covariate distance sampling*, usando covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

*Global density* per media

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>D</b>	7	527,52	0,007	0,020	7,3	92,7	25,9	145,2	3,54
<b>LA</b>	7	14	0,13	0,025	12,5	87,5	39,9	168,1	3,23
<b>TO</b>	7	421,86	0,001	0,023	8,9	91,1	28,6	142	2,59
<b>VL</b>	6	644,06	0,009	0,020	13,5	86,5	18,3	135,6	2,12
<b>Pool</b>	27	1607,4					13,8	143,6	2,68

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	1858,3	0,35	0,021	15	85	13,2	143,8	2,7	2,1	3,5
<b>A.2</b>	7	1859,46					17,9	157,9	2,94	2,1	4,2
<b>A.3</b>	5	1860,69					13,6	138,8	2,59	2	3,4
<b>A.4</b>	12	1848,8					13,6	139	2,59	2	3,4
<b>A.5</b>	19	1613,9					13,7	136,7	2,55	1,9	3,3
<b>A.6</b>	5	1855,8	0,02				13,6	138,3	2,58	2	3,4
<b>A.7</b>	3	1850,4	0,1				13,6	138,4	2,58	2	3,4
<b>A.8</b>	27	1607,4					13,8	143,6	2,68	2	3,5

Valutazione delle analisi:

L'ultima analisi include sia l'habitat che la pendenza come covariate in un modello stratificato.

Nonostante l'AIC scenda ancora rispetto a quello di A.5 in cui l'unica covariata applicata è l'habitat, il numero di parametri sale di molto, tanto da non giustificare la scelta di questa analisi.

A.5, modello stratificato con covariata habitat, rimane l'analisi più attendibile per la stima della densità di capriolo sia a livello globale (2,55 caprioli/100ha), che nelle zone-riserve (Demanio: 3,53; Lato Adige: 3,07; Trento Ovest: 2,56; Valle Laghi: 1,96), per il campionamento primaverile.

### 5. 3.4 Analisi Monte Bondone

Campionamento autunnale di *pellet group* di capriolo, con stratificazione per riserve (Zona 1, Zona 2, Zona 3, Zona 4)

#### A. 1. Global\_nostrat\_trunc

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Global*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	542,39	0,2	0,009	9	91	18	83,8	6,45	4,5	9,2

Valutazione dell'analisi:

La *truncation*, in questo caso, è stata applicata oltre i 200cm. L'analisi presenta un cv paragonabile alla medesima analisi effettuata per il periodo autunnale nella serie di analisi che considerano la stratificazione in tre fasce altitudinali.

#### A. 2. Stratdet\_stratris\_trunc

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *StratumI*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

*Global density* per media

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>D</b>	2	211,31	0,55	0,009	8,5	91,5	27,4	97,5	10,4
<b>LA</b>	1	11,68	0,86	0,013	6,4	93,6	48,9	108,2	8,09
<b>TO</b>	2	110,43	0,47	0,009	10,1	89,9	38,5	68,1	4,8
<b>VL</b>	2	108,11	0,16	0,006	47,3	52,7	44,5	63,5	3,81
<b>Pool</b>	7	541,53					23,4	75,2	5,79

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	542,39	0,2	0,009	9	91	18	83,8	6,45	4,5	9,2
<b>A.2</b>	7	541,53					23,4	75,2	5,79	3,7	9,2

Valutazione dell'analisi:

Anche per il campionamento autunnale si è ritenuto opportuno poter disporre del dato di densità per zona. È stata, perciò, effettuata un'analisi stratificata che ha apportato lievi miglioramenti, sviluppando un modello con un AIC minore; cosa che non era successa per i dati del campionamento primaverile!

Poiché  $\Sigma AIC_{stratum} < AIC_{global}$ , questa analisi va preferita al precedente modello globale, nonostante il valore di cv si elevi di molto.

### A. 3. Startdet\_stratris\_covpend\_trunc

Tipo di analisi: MCDS (*Multiple covariate distance sampling*, usando covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

*Global density* per media

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>D</b>	4	213,91	0,15	0,009	14,7	85,3	28,4	98,4	10,5
<b>LA</b>	2	4	0,67	0,013	61,6	38,4	76,4	109,6	8,2
<b>TO</b>	3	6	0,06	0,009	100	0	/	116,2	8,18
<b>VL</b>	4	110,92	0,1	0,006	20,4	79,6	36,2	59,6	3,58
<b>Pool</b>	13	334,83					/	86,9	6,7

### A. 4. Stratdet\_stratris\_covhabsint\_trunc

Tipo di analisi: MCDS (*Multiple covariate distance sampling*, usando covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

*Global density* per media

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>D</b>	4	204,57	0,13	0,009	18	82	28,9	104,4	11,1
<b>LA</b>	5	10	0,89	0,013	64,5	35,5	79,5	107,2	8,02
<b>TO</b>	3	115,99	0,1	0,009	14,7	85,3	39,5	27,6	1,94
<b>VL</b>	3	6	0,005	0,006	21,9	78,1	36,6	36,1	2,17
<b>Pool</b>	15	336,57					27	65,4	5,04

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	542,39	0,2	0,009	9	91	18	83,8	6,45	4,5	9,2
<b>A.2</b>	7	541,53					23,4	75,2	5,79	3,7	9,2
<b>A.3</b>	13	334,83					/	86,9	6,7	/	/
<b>A.4</b>	15	336,57					27	65,4	5,04	3	8,5

Valutazione delle analisi:

Appurato che A.2 è più attendibile di A.1, per diminuire la variabilità dei dati e migliorare la precisione del modello nella stima della densità, sono state applicate pendenza ed habitat al modello stratificato, come covariate.

Sia A.3 che A.4 presentano un AIC molto ridotto, ma per A.3 non è possibile una valutazione del cv. Per quanto riguarda A.4, il cv lievitato ed il maggior numero di parametri utilizzati nell'elaborazione, fanno sì che il modello sviluppato in A.2 venga ancora preferito, nonostante presenti un AIC più alto!

### A. 5. Globaldet\_stratris\_trunc

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: Global

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: Global + Stratum

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

Global density per media

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
D				0,009	4,1	95,9	26,8	91,8	9,8
LA				0,013	1,3	98,7	47,6	127	9,5
TO				0,009	2,1	97,9	36,9	83,2	5,86
VL				0,006	2,7	97,3	32,8	53,7	3,22
Pool	2	542,39	0,2				20,7	77,3	5,95

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
A.1	2	542,39	0,2	0,009	9	91	18	83,8	6,45	4,5	9,2
A.2	7	541,53					23,4	75,2	5,79	3,7	9,2
A.3	13	334,83					/	86,9	6,7	/	/
A.4	15	336,57					27	65,4	5,04	3	8,5
A.5	2	542,39	0,2				20,7	77,3	5,95	4	9

Valutazione delle analisi:

Anche se il confronto tra A.1 ed A.2 ha dimostrato che il modello stratificato è migliore di quello globale per un AIC leggermente inferiore, è stata fatta un'analisi con determinazione di una *detection function* globale, estrapolando anche la stima della densità per ogni zona. Ovviamente l'AIC è uguale ad A.1 ed il cv si colloca tra quello di A.1 e A.2. Queste tre analisi sono molto simili tra loro ed è basandosi sulla regola " $\sum AIC_{stratum} < AIC_{global}$ " che si ritiene A.2 ancora l'analisi migliore.

### A. 6. Globaldet\_stratris\_covhabsint\_trunc

Tipo di analisi: MCDS (*Multiple covariate distance sampling*, usando covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: Global

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: Global + Stratum

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

Global density per media

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
D				0,009	6,3	93,7	27,1	93,1	9,94
LA				0,013	2	98	47,8	128,7	9,63
TO				0,009	3,4	96,6	37,1	84,4	5,94
VL				0,006	4,3	95,7	33	54,5	3,3
Pool	6	545,64	0,007				21,1	78,4	6,04

### A. 7. Globaldet\_stratris\_covpend\_trunc

Tipo di analisi: MCDS (*Multiple covariate distance sampling*, usando covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: Global

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: Global + Stratum

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

Global density per media

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>D</b>				0,009	6,2	93,8	27,1	92,6	9,88
<b>LA</b>				0,013	2	98	47,8	128	9,57
<b>TO</b>				0,009	3,3	96,7	37,1	83,9	5,91
<b>VL</b>				0,006	4,1	95,9	33	54,2	3,25
<b>Pool</b>	4	542,2	0,07				21	77,9	5,6

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	542,39	0,2	0,009	9	91	18	83,8	6,45	4,5	9,2
<b>A.2</b>	7	541,53					23,4	75,2	5,79	3,7	9,2
<b>A.3</b>	13	334,83					/	86,9	6,7	/	/
<b>A.4</b>	15	336,57					27	65,4	5,04	3	8,5
<b>A.5</b>	2	542,39	0,2				20,7	77,3	5,95	4	9
<b>A.6</b>	6	545,64	0,007				21,1	78,4	6,04	4	9,2
<b>A.7</b>	4	542,2	0,07				21	77,9	5,6	4	9,1

Valutazione delle analisi:

Le ultime due analisi hanno incluso nel modello globale pendenza ed habitat come covariate. Come è già accaduto quando sono state usate queste due covariate nel calcolare una *detection function* globale, anche questa volta è stata la pendenza (A.7) a portare dei miglioramenti. Tuttavia, sia i livelli di significatività del test X<sup>2</sup>, insufficienti in A.6 e A.7, che l'AIC di A.7, comunque superiore a quello di A.2, non consentono di variare la scelta del modello più attendibile.

Perciò, è ancora una volta un modello stratificato a fornire la stima più affidabile; stima che viene quantificata in 5,8 caprioli/100ha a livello globale e in 10,4 (Demanio); 8,09 (Lato Adige); 4,8 (Trento Ovest); 3,81 caprioli/100ha (Valle Laghi) per le quattro zone-riserve in cui l'area di studio è stata suddivisa.

### 5. 3.5 Analisi Candaten

#### Campionamento primaverile di *pellet group* di cervo

##### A. 1. Globale\_nostrat\_nocov\_notrunc

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Global*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, tra 0 e 300cm

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	510,90	0,54	0,020	27,9	72,1	23,9	148,25	4,74	3	7,6

Valutazione dell'analisi:

Il risultato del test X<sup>2</sup> conferma la significatività del modello; il numero contenuto di parametri (2), ne assicura la robustezza.

Un'osservazione la merita la componente della varianza riferita alla *detection probability* (27,9%), che spinge il cv al 23,9%, quindi a valori spesso raggiunti con i tradizionali metodi di censimento, ma lontani dal 15% pianificato all'atto del *survey design*. Nel tentativo di ridurre la variabilità dei dati è stata effettuata una *truncation* a 240cm.

##### A. 2. Globale\_nostrat\_nocov\_trunc240

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Global*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 240cm

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	510,90	0,54	0,020	27,9	72,1	23,9	148,25	4,74	3	7,6
<b>A.2</b>	2	485,33	0,44	0,020	30,3	69,7	24,2	152,28	4,86	3	7,8

Valutazione dell'analisi:

La *truncation* non consente di confrontare direttamente gli AIC delle due analisi. Il valore di cv leggermente peggiorato in A.2, specie nella componente per la *detection probability*, e la forma della funzione, suggeriscono, anzitutto, un'ulteriore troncatura.

##### A. 3. Globale\_nostrat\_nocov\_trunc200

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Global*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	510,90	0,54	0,020	27,9	72,1	23,9	148,25	4,74	3	7,6
<b>A.2</b>	2	485,33	0,44	0,020	30,3	69,7	24,2	152,28	4,86	3	7,8
<b>A.3</b>	3	451,66	0,43	0,020	21,8	78,2	22,4	162,29	5,18	3,3	8

Valutazione dell'analisi:

Anche in questo caso non è possibile confrontare i valori di AIC, ma considerando che il cv è, seppur di poco, migliorato, si valuta quest'ultima analisi la migliore per poter procedere a lavorare.

Queste prime analisi, quindi, rappresentano un buon punto di partenza, ma occorre sicuramente migliorare la precisione della stima della densità tentando di ridurre la varianza con l'introduzione, nelle prossime analisi, di quei parametri che presumibilmente hanno inciso sulla variabilità dei dati.

Una prima operazione effettuata è stata la post-stratificazione, visto che nell'area di Candaten non è stata pianificata una stratificazione durante il *survey design* e che, pertanto, non è stato possibile stratificare.

#### A. 4. Globale\_poststrathab\_nocov\_trunc200

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

*Global density* per somma

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
a.l.	1	29,963	0,44	0,0016	7,4	92,6	84,0	17,32	0,55
m	3	301,96	0,13	0,0128	16,8	83,2	30,1	108,66	3,47
m.l.	1	89,310	0,05	0,0039	8,0	92,0	52,7	26,29	0,84
pa	/	/	/	0,0002	/	100	100	0,41	0,01
pr	2	19,388	0,99	0,0011	10,9	89,1	68,6	10,54	0,34
Pool	8	440,13					23,9	163,22	5,21

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
A.1	2	510,90	0,54	0,020	27,9	72,1	23,9	148,25	4,74	3	7,6
A.2	2	485,33	0,44	0,020	30,3	69,7	24,2	152,28	4,86	3	7,8
A.3	3	451,66	0,43	0,020	21,8	78,2	22,4	162,29	5,18	3,3	8
A.4	8	440,13					23,9	163,22	5,21	3,3	8,3

Valutazione dell'analisi:

In A.4 è stata effettuata una post-stratificazione riferita ai diversi habitat incontrati durante i campionamenti (altre latifoglie "a.l.", macereti "m", misto con latifoglie "m.l.", pascolo "pa", prateria "pr"). Per l'habitat pascolo è stata effettuata una sola osservazione e ciò non ha consentito di fare un'adeguata analisi dei dati. Così anche la significatività del modello riferito all'habitat "misto con latifoglie" è minima.

Il confronto tra valori di AIC di A.3 e A.4 è ora possibile. Questi confermano una maggiore attendibilità di A.4, anche se le *detection function* non si possono considerare buone applicando lo *shape criterion* ed il cv è leggermente peggiorato. Per ridurre ulteriormente la dispersione dei dati, è stata effettuata un'ulteriore post-stratificazione, riferita, però, al parametro "habsint" che riunisce i diversi habitat in tre habitat di sintesi: aperto ("a": pascolo + prateria + macereti), con latifoglie ("c.l.": misto con latifoglie), latifoglie ("L": altre latifoglie).

### A. 5. Globale\_poststrathabsint\_nocov\_trunc200

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

*Global density* per somma

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>A</b>	3	327,62	0,11	0,014	17,2	82,8	27,36	124,34	3,97
<b>c.l.</b>	1	89,310	0,05	0,004	8,0	92,0	52,66	26,29	0,84
<b>L</b>	1	29,463	0,44	0,002	7,4	92,6	84,06	17,32	0,55
<b>Pool</b>	5	446,40					23,5	167,95	5,36

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	510,90	0,54	0,020	27,9	72,1	23,9	148,25	4,74	3	7,6
<b>A.2</b>	2	485,33	0,44	0,020	30,3	69,7	24,2	152,28	4,86	3	7,8
<b>A.3</b>	3	451,66	0,43	0,020	21,8	78,2	22,4	162,29	5,18	3,3	8
<b>A.4</b>	8	440,13					23,9	163,22	5,21	3,3	8,3
<b>A.5</b>	5	446,40					23,5	167,95	5,36	3,4	8,5

Valutazione dell'analisi:

Quest'ulteriore post-stratificazione porta ad un AIC superiore a quello di A.4 e non riduce di molto la variabilità dei dati. Tuttavia, sulla base del minore cv e del minor numero di parametri utilizzati nell'elaborazione di A.5, si è preferito utilizzare, come covariata, i tre habitat principali nella prossima analisi, in cui la *detection function* è stata determinata a livello globale, senza post-stratificare.

### A. 6. Globale\_nostrat\_covhabsint\_trunc200

Tipo di analisi: MCDS (*Multiple covariate distance sampling*, usando covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Global*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	510,90	0,54	0,020	27,9	72,1	23,9	148,25	4,74	3	7,6
<b>A.2</b>	2	485,33	0,44	0,020	30,3	69,7	24,2	152,28	4,86	3	7,8
<b>A.3</b>	3	451,66	0,43	0,020	21,8	78,2	22,4	162,29	5,18	3,3	8
<b>A.4</b>	8	440,13					23,9	163,22	5,21	3,3	8,3
<b>A.5</b>	5	446,40					23,5	167,95	5,36	3,4	8,5
<b>A.6</b>	4	452,13	0,16	0,020	13,2	86,8	21,3	147,23	4,7	3,1	7,5

Valutazione dell'analisi:

L'utilizzo di "habsint" come covariata consente di limitare la variabilità dei dati, come dimostra il cv, sceso al 21,3%. Il valore di AIC, però, è salito considerevolmente. A.5 rimane un'analisi più attendibile di quest'ultima.

## A. 7. Globale\_poststratril\_nocov\_trunc200

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 200cm

*Global density* per somma

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>MV</b>	3	192,48	0,88	0,008	69,4	30,6	62,37	86,92	2,77
<b>ATE</b>	2	261,36	0,32	0,011	13,9	86,1	30,16	87,99	2,81
<b>Pool</b>	5	453,66					34,5	174,91	5,58

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	510,90	0,54	0,020	27,9	72,1	23,9	148,25	4,74	3	7,6
<b>A.2</b>	2	485,33	0,44	0,020	30,3	69,7	24,2	152,28	4,86	3	7,8
<b>A.3</b>	3	451,66	0,43	0,020	21,8	78,2	22,4	162,29	5,18	3,3	8
<b>A.4</b>	8	440,13					23,9	163,22	5,21	3,3	8,3
<b>A.5</b>	5	446,40					23,5	167,95	5,36	3,4	8,5
<b>A.6</b>	4	452,13	0,16	0,020	13,2	86,8	21,3	147,23	4,7	3,1	7,5
<b>A.7</b>	5	453,66					34,5	174,91	5,58	2,9	10,1

Valutazione dell'analisi:

Un'ultima analisi ha post-stratificato sull'unico fattore che avrebbe potuto incidere sull'osservabilità dei *pellet* e che prima non era stato considerato: il rilevatore. Nell'area di studio di Candaten, infatti, pendenza ed esposizione sono sempre rimaste costanti a causa della conformazione e dell'orientamento della Valle del Cordevole.

In A.7 il valore dell'AIC non subisce grosse variazioni ed aumenta leggermente rispetto a quello delle quattro precedenti analisi con cui è direttamente confrontabile. Ciò conferma che il metodo di rilievo dati è stato acquisito ed applicato correttamente, rispettando gli assunti del *distance sampling* e che il lavoro degli osservatori non ha influenzato, né compromesso la precisione della stima di densità.

Valutazione finale delle analisi:

A.3, A.4, A.5 sono le analisi apparentemente più attendibili. Tra queste A.5 presenta un buon valore di AIC (molto migliore di A.3) ed un cv contenuto, oltre ad avere dei grafici in cui la forma della *detection function* è decisamente migliore di quella dei grafici della A.4, penalizzata anche dall'alto numero di parametri considerati nell'elaborazione dei dati. Queste ultime caratteristiche fanno preferire la A.5 alla A.4, nonostante questa abbia un AIC nettamente minore.

Dai dati del campionamento primaverile nell'area di Candaten, quindi, a partire da un modello globale con post-stratificazione sull'habitat, emerge una stima di densità di popolazione di cervo valutata in 5,4 capi/100ha.

### 5. 3.6 Analisi Candaten

#### Campionamento autunnale di *pellet group* di cervo

##### A. 1. Globale\_nostrat\_nocov\_notrunc

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Global*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, tra 0 e 360cm

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	318,84	0,69	0,012	22,9	77,1	33,6	59,07	1,89	1	3,6

Valutazione dell'analisi:

Appurata la significatività e l'accuratezza del modello dal test X<sup>2</sup>, si è considerato il valore di cv, molto più alto di quello riscontrato nella prima analisi dei dati primaverili (33,6 vs 23,9); perciò si è deciso di troncare drasticamente i dati.

##### A. 2. Globale\_nostrat\_nocov\_trunc220

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Global*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 220cm

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	318,84	0,69	0,012	22,9	77,1	33,6	59,07	1,89	1	3,6
<b>A.2</b>	1	269,23	0,72	0,012	10,3	89,7	30,4	55,84	1,78	1	3,2

Valutazione dell'analisi:

La *truncation* a 220cm non consente di confrontare i valori di AIC, ma ha permesso di ridurre la variabilità dei dati: il cv è diminuito.

##### A. 3. Globale\_nostrat\_nocov\_trunc180

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Global*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 180cm

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	318,84	0,69	0,012	22,9	77,1	33,6	59,07	1,89	1	3,6
<b>A.2</b>	1	269,23	0,72	0,012	10,3	89,7	30,4	55,84	1,78	1	3,2
<b>A.3</b>	1	256,71	0,56	0,011	12,1	87,9	31	55,09	1,76	1	3,2

Valutazione dell'analisi:

L'efficacia di un'ulteriore troncatura è stata smentita sia osservando l'andamento del grafico della *detection function*, sia valutando il cv. Come per le analisi primaverili, perciò, si è tentato di ridurre la varianza post-stratificando direttamente e solo su "habsint" (il fattore che prima ha dimostrato di incidere maggiormente sulla probabilità di osservazione), applicando la post-stratificazione al modello di A.2 con troncatura a 220cm.

#### A. 4. Globale\_poststrathabsint\_nocov\_trunc220

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 220cm

*Global density* per somma

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>a</b>	1	216,27	0,84	0,009	9	91	38,3	39,76	1,27
<b>c.l.</b>	2	50.858	0,6	0,002	17,1	82,9	46,4	18,76	0,6
<b>C</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>L</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>Pool</b>	4	267,05					30	58,51	1,87

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	318,84	0,69	0,012	22,9	77,1	33,6	59,07	1,89	1	3,6
<b>A.2</b>	1	269,23	0,72	0,012	10,3	89,7	30,4	55,84	1,78	1	3,2
<b>A.3</b>	1	256,71	0,56	0,011	12,1	87,9	31	55,09	1,76	1	3,2
<b>A.4</b>	4	267,05					30	58,51	1,87	1	3,3

Valutazione dell'analisi:

Confrontando l'AIC ed il cv di A.2 con quelli di A.4, si nota che la post-stratificazione ha portato ad un'analisi migliore. I parametri finali di A.4 tuttavia, non hanno considerato due habitat (Conifere e Latifoglie), per i quali non ci sono state osservazioni di *pellet group*, e ciò mina l'attendibilità della stima di densità derivata da questa analisi. Perciò, come è stato fatto nelle analisi primaverili, si è proceduto nell'applicare al modello globale di A.2 "habsint" come covariata.

#### A. 5. Globale\_nostrat\_covhabsint\_trunc220

Tipo di analisi: MCDS (*Multiple covariate distance sampling*, usando covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Global*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 220cm

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	318,84	0,69	0,012	22,9	77,1	33,6	59,07	1,89	1	3,6
<b>A.2</b>	1	269,23	0,72	0,012	10,3	89,7	30,4	55,84	1,78	1	3,2
<b>A.3</b>	1	256,71	0,56	0,011	12,1	87,9	31	55,09	1,76	1	3,2

<b>A.4</b>	4	267,05					30	58,51	1,87	1	3,3
<b>A.5</b>	2	267,05	0,65	0,012	10,8	89,2	30,5	58,51	1,87	1	3,4

Valutazione dell'analisi:

Contrariamente a quanto accaduto nelle analisi primaverili, l'utilizzo di "habsint" come covariata non ha fatto lievitare il valore di AIC, rimasto costante, né ha compromesso la precisione dell'analisi, la quale presenta un cv di poco superiore al 30%. Poiché quest'ultima analisi non manifesta i punti deboli della precedente ed ha utilizzato un numero di parametri minore per elaborare i dati (maggiore robustezza), è da ritenersi la preferibile tra tutte le analisi effettuate fino ad ora.

#### A. 6. Globale\_poststratril\_nocov\_trunc220

Tipo di analisi: CDS (*Conventional distance sampling*, senza ricorrere a covariate)

Livello di stratificazione della *detection function*: *Stratum*

Livello di stratificazione del calcolo della densità di *pellet*: *Global + Stratum*

Dati raggruppati in intervalli di 20cm, *truncation* a 220cm

*Global density* per somma

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha
<b>MV</b>	2	126,09	0,23	0,005	2,6	87,4	51,77	33,29	1,06
<b>ATE</b>	1	143,88	0,32	0,006	10,5	89,5	40,5	31,47	1
<b>Pool</b>	3	269,97					33,1	64,76	2,07

	N° param.	AIC	P(X <sup>2</sup> )	n/L	%CV(dp)	%CV(er)	%CV	N°p/ha	N°c/100ha	D-	D+
<b>A.1</b>	2	318,84	0,69	0,012	22,9	77,1	33,6	59,07	1,89	1	3,6
<b>A.2</b>	1	269,23	0,72	0,012	10,3	89,7	30,4	55,84	1,78	1	3,2
<b>A.3</b>	1	256,71	0,56	0,011	12,1	87,9	31	55,09	1,76	1	3,2
<b>A.4</b>	4	267,05					30	58,51	1,87	1	3,3
<b>A.5</b>	2	267,05	0,65	0,012	10,8	89,2	30,5	58,51	1,87	1	3,4
<b>A.6</b>	3	269,97					33,1	64,76	2,07	1,1	3,9

Valutazione dell'analisi:

Come per le analisi primaverili è stata effettuata una post-stratificazione sui rilevatori che ha portato ad un valore di AIC superiore a quello di A.5, confermando la scarsa incisività del lavoro degli operatori nel condizionare il risultato delle analisi.

Valutazione finale delle analisi:

Assunto A.5, analisi globale che considera l'habitat come covariata, modello migliore, la stima di densità di cervo estrapolata dai dati autunnali viene quantificata in 1,87 capi/100ha.

#### 5. 4 Comparazione riassuntiva dei risultati

Metodo	Animale	Camp.	A. studio	Strati	N°p/ha	N°c/100ha	%CV
<i>Dist.</i>	Capriolo	Primavera	Bondone	Grid	135,2	2,52	13,2
<i>Dist.</i>	Capriolo	Primavera	Bondone	Zone	136,7	2,55	13,7
<i>Dist.</i>	Capriolo	Autunno	Bondone	Grid	71,9	5,54	26,4
<i>Dist.</i>	Capriolo	Autunno	Bondone	Zone	75,2	5,79	23,4
<i>Dist.</i>	Cervo	Primavera	Candaten	/	167,95	5,4	23,5
<i>Dist.</i>	Cervo	Autunno	Candaten	/	58,51	1,87	30,5
<i>Plot</i>	Capriolo	/	Lamar	/	12,8	1,65	38,7
<i>Plot</i>	Cervo	/	Lamar	/	12,8	1	46,1
<i>Plot</i>	Capriolo	/	Candaten	/	3,2	0,3	70,4
<i>Plot</i>	Cervo	/	Candaten	/	55,8	4,3	27,4

Tab 5.10 Comparazione dei risultati ottenuti dall'analisi dei dati dei vari campionamenti, riferiti alle diverse aree di studio, ai due metodi ed alle due, eventuali, stratificazioni.

La tabella 5.10 riassume i risultati delle varie analisi riferite ai dati raccolti con i metodi del *plot* e del *distance sampling*, mostrando i valori di densità estrapolati ed il coefficiente di variazione calcolato per ciascuno di essi.

La lettura della tabella consente di verificare come, per il *distance sampling*, le stime di densità varino molto tra le stagioni. Ciò è dovuto alla notevole differenza riscontrata nel *decay rate* per i mesi primaverili e per quelli estivi/autunnali. Il valore di *decay rate* primaverile calcolato per l'area trentina è molto alto (240 gg, rispetto ai 58 gg per l'autunno) ed è fortemente condizionato dai fattori climatici: nell'area del Monte Bondone l'inverno 2005/2006 è stato assai lungo ed il manto nevoso è rimasto a coprire il terreno fino alla fine di maggio ed oltre, alle quote più alte. Ciò ha contribuito a mantenere a lungo le fatte deposte sul terreno, ma in questo lungo periodo di tempo molte variabili (crescita della vegetazione, separazione/allontanamento dei *faecal pellet* della fatta...) sono intervenute a condizionare la *detectability* dei *pellet group*.

Quando il periodo di decomposizione è così lungo, il *decay rate* effettivo, rilevato nei siti di monitoraggio dove le fatte, anche quelle costituite dagli ultimi *pellet*, vengono individuate grazie a delle bandierine segnalatrici, non corrisponde al *decay rate* riscontrato sul campo in fase di rilevamento: il fatto che i *pellet group* rimangano più a lungo sul terreno non fa sì che la probabilità di individuare tutti

quelli che ci sono lungo il transetto aumenti in modo esattamente proporzionale al tempo di *decay*.

Queste osservazioni sembrano essere suffragate dai dati dell'*encounter rate* rilevato per le due stagioni di campionamento. Se per il campionamento primaverile nell'area del Monte Bondone è stato riscontrato un *encounter rate* di  $\sim 0,02$  *pellet group/m*, per quello autunnale è risultato  $\sim 0,008$  *pellet group/m*, quasi tre volte inferiore, quindi. Il *decay rate* calcolato per il campionamento primaverile (240 gg), invece, è quattro volte superiore a quello autunnale (58 gg). Non c'è stata, perciò, una proporzionalità diretta tra *decay rate* e *detectability* dei *pellet group*. Tutto ciò porta a ritenere che la stima di densità emersa dai dati del campionamento primaverile, sia nettamente inferiore alle consistenze reali di capriolo.

encounter

Probabilmente, quando si conducono ricerche di stima di densità di popolazione con il *distance sampling* è opportuno evitare di campionare in periodi in cui si è riscontrato un *decay rate* molto dilatato (durante il quale molti fattori possono intervenire a condizionare la *detectability* dei *pellet group*), per favorire, invece, campagne di campionamento brevi, in periodi in cui il *decay rate* è ridotto.

Volendo ripianificare i campionamenti effettuati nel corso del 2006 nell'area del Monte Bondone, questi risultati indicano l'opportunità di concentrare i rilievi nei mesi compresi tra luglio ed ottobre, caratterizzati da un *decay rate* costante ( $\sim 60$  giorni), che consente una omogeneità tra i tempo di accumulo delle fatte e di osservazione.

Il *decay rate* dei mesi autunnali, invece, porta a stime di densità più verosimili, quantificabili in 5,5 – 6 caprioli/100ha (cv  $\sim 26\%$ ), da cui si deduce la presenza di  $\sim 550$  caprioli nell'area monitorata di 9500ha di estensione: dati comparabili con quelli forniti dalla Provincia di Trento e basati sui dati di abbattimento e ritrovamento di animali morti.

Per quanto riguarda l'area di Candaten, l'analisi globale, priva di stratificazione, riferita ai dati raccolti nel giugno 2006, ha stabilito in 5,4 cervi/100ha (cv = 26,4%) la stima di densità più attendibile. Il campionamento di ottobre ha stimato, mediante un modello globale con utilizzo dell'habitat come covariata, una consistenza di soli 1,87 cervi/100ha (cv = 30,5%).

Questa notevole differenza riscontrata tra il campionamento primaverile e quello autunnale, separati solo di pochi mesi, è da ricondurre, principalmente, al fatto di

aver usato un unico *decay rate*: sul Monte Bondone si è visto quanto la decomposizione si faccia più rapida nei caldi mesi estivi. Questo fattore condiziona sicuramente la reperibilità di fatte nei mesi estivi ed autunnali, causando una sottostima della popolazione di cervi se si assume come *decay rate* lo stesso dato assunto per il campionamento primaverile.

In questo caso è il campionamento primaverile ad aver prodotto le stime più attendibili, comparabili anche con quelle ottenute nella medesima zona con il *plot sampling*: metodo che non viene influenzato nel calcolo della stima della densità dal valore di *decay rate*.

Il *plot sampling* si è dimostrato non preciso ed affidabile quanto il *distance sampling* per le nostre esigenze di campionamento. Per l'area di Lamar, infatti, i coefficienti di variazione salgono di molto (tab 5.10), anche se non vanno oltre i valori solitamente ottenibili con i metodi di censimento più tradizionali.

Una maggiore precisione, comparabile con quella ottenuta con il *distance sampling*, è stata raggiunta, come appena sottolineato, per la stima della densità di cervo a Candaten.

Questa eccezione è senz'altro dovuta, in primis, alle effettive densità di ungulati presenti nelle due aree. La presenza di capriolo e cervo a Lamar è troppo scarsa per poter ottenere stime attendibili con il *plot sampling*, mentre la maggiore densità di cervo e, probabilmente, anche gli aspetti geomorfologici della Valle del Cordevole nell'area di Candaten (che costringono gli animali entro "confini naturali"), consentono, qui, di raggiungere un risultato soddisfacente con il *plot sampling*, ma limitatamente ai dati relativi al cervo.

Il coefficiente di variazione della stima ottenuta, infatti, si attesta su un buon livello (27,4%), soprattutto se si considera lo sforzo di campionamento e le risorse impiegate nel realizzarlo: inferiori a quanto fatto per il *distance* nella stessa zona. Il *plot sampling* si conferma, pertanto, metodo affidabile per conteggi in zone a medio-alta densità, caratterizzate da una non eccessiva estensione e da utilizzare quando è necessario ridurre al massimo il rapporto costi/attendibilità dei risultati nella stima di densità di popolazioni.

Considerata, inoltre, l'indipendenza del *plot sampling* dal *decay rate* nel calcolare la densità di animali a partire dalla densità di *pellet group* rinvenuti, si ritiene opportuno privilegiare questo metodo qualora le ricerche si svolgano in aree poco estese, a medio-alta densità di animali e caratterizzate da un'ampio spettro di variazione del *decay rate*: in casi simili sarà opportuno variare l'intervallo di

tempo da lasciar trascorrere tra le visite in base al *decay rate* riscontrato per i diversi periodi dell'anno.

## 6. Discussione

Questo studio si è proposto di verificare l'efficacia di *plot* e *distance sampling*, applicati al *pellet group count*, come metodi di stima di densità di popolazioni di capriolo e cervo in un ambiente dalla limitata percorribilità e praticabilità: quello alpino.

Le caratteristiche intrinseche di quest'ambiente (ampia percentuale di territorio boscato, asprezza del terreno...) e delle specie che sono state studiate (altamente elusive), precludono l'impiego di metodi di censimento tradizionali, peraltro meno precisi e dagli assunti teorici e metodologici meno robusti rispetto ai metodi adottati in questo studio (Mayle et al., 1999; Marques et al., 2001).

*Plot* e *distance sampling* sono metodi di conteggio robusti alle variazioni ambientali (Buckland et al., 2001) e che consentono di ottenere risultati dall'ottimo rapporto "sforzo di campionamento/precisione" (Schwarz & Seber, 1999; Campbell et al., 2004). I rilievi, infatti, sono stati eseguiti da due soli operatori che hanno monitorato una superficie globale di quasi 10000ha, per due volte, percorrendo 55000m di transetti lineari in quattro mesi effettivi di lavoro.

Le risorse impiegate e il tempo necessario alla raccolta dati, quindi, sono stati contenuti rispetto ad analoghi campionamenti (Campbell et al., 2004). Il livello di precisione richiesto è stato deciso già in fase di *survey design* ( $cv = 10\%$ ) e sulla base di esso è stato calibrato lo sforzo di campionamento. È stato, perciò, possibile ottenere stime di densità caratterizzate da coefficienti di variazione che si collocano tra il 13 ed il 38%: valori migliori o paragonabili a quelli normalmente ottenuti utilizzando metodi tradizionali ( $cv \sim 30/40\%$ ; Mayle et al., 1999).

Tra i due metodi utilizzati, per l'area del Monte Bondone in particolare, i risultati migliori si sono ottenuti con il *distance sampling*. Ciò sicuramente grazie ad un impegno maggiore profuso in fase di raccolta dati (da intendersi in termini di giornate/uomo), ma soprattutto ad una migliore adattabilità di questo metodo a studi in aree estese in cui vengano conteggiati animali presenti in basse densità (Mayle et al., 2001).

Utilizzare segni di presenza indiretta (*cue*) quali i *pellet group*, ha permesso di aggirare i problemi legati alla difficile contattabilità che caratterizza capriolo e cervo nei loro habitat alpini (Schwarz & Seber, 1999; Marques et al., 2001; Campbell et al., 2004).

La determinazione di un parametro fondamentale nel condizionare la possibilità di individuare i *pellet group*, qual è il *decay rate*, in un valore prettamente riferito

alla principale specie studiata ed alla più importante delle due aree di studio (il capriolo sul Monte Bondone), ha permesso di raggiungere un livello di precisione più che soddisfacente nell'estrapolazione della densità di popolazione di capriolo, se comparato con i risultati già ottenuti con conteggi diretti (Andersen, 1953).

Attraverso i dati del campionamento primaverile, ottenuti da analisi stratificate sia per fasce altitudinali che per riserve di caccia, è emersa una densità globale pari a 2,5 caprioli/100ha, caratterizzata da un cv del 13%.

Queste consistenze sono da ritenersi una sottostima delle effettive presenze di capriolo nell'area del Monte Bondone, a causa del ruolo giocato dal *decay rate* (molto elevato nei mesi primaverili: 240 gg) nel condizionare la *detection probability*.

Per questo motivo sembra opportuno suggerire di evitare di stimare densità di popolazione utilizzando segni di presenza indiretta, quali i *pellet group*, in periodi dell'anno in cui il tasso di decomposizione delle fatte si attesta su valori molto elevati.

Le consistenze emerse dai dati rilevati durante il campionamento autunnale (5,5; 5,8 caprioli/100ha), analizzati con modelli stratificati, appaiono molto più verosimili (in quanto consistenti con i dati di abbattimento e rinvenimento forniti dalla Provincia Autonoma di Trento), anche se meno precise di quelle primaverili (cv = 23%; cv = 26%) a causa di un minor numero di osservazioni effettuate (i.e. di un encounter rate inferiore).

Nei mesi in cui è stato effettuato il campionamento autunnale (settembre ed ottobre), il *decay rate* si attesta su 58 gg: un valore che non condiziona la reperibilità dei *pellet* come accade in primavera. Nei due mesi di permanenza di una fatta al suolo, infatti, i fattori ambientali implicati nella *detection probability* non possono variare tanto quanto accade in primavera.

I campionamenti condotti sulla popolazione di cervo nella seconda area di studio, hanno dato la possibilità di comparare i due metodi in una situazione di alta densità di capi ed in una zona dalle dimensioni contenute. Sono state ottenute stime di densità comparabili (5,4 cervi/100ha con il *distance sampling* "primaverile" e 4,3 cervi/100ha con il *plot sampling*) ed attendibili (26,4% e 27,4% rispettivamente; Langbein, 1996).

In questo caso sono state le analisi riferite al campionamento primaverile effettuato con il metodo del *distance sampling* a fornire le stime di densità in cui

porre più fiducia e confrontabili con dati già esistenti forniti dal Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi.

Per il cervo, infatti, è stato utilizzato un valore di *decay rate* ricavato dalla letteratura (125,3 gg; Mayle et al. 1999) che si avvicina maggiormente al presunto *decay* dei mesi poveri nell'area di Candaten rispetto a quello ipotizzabile per i mesi estivi/autunnali, considerando i fattori che hanno condizionato il *decay rate* stagionale/globale del capriolo nell'area del Monte Bondone.

Ulteriore proposito di questo studio è stato valutare l'effetto delle variabili ambientali sulla stima del *decay rate* dei *pellet group* e sull'estrapolazione della densità di popolazione, per quanto riguarda il capriolo, nell'area del Monte Bondone.

Tra le variabili considerate sul campo in fase di raccolta dati, habitat e pendenza si sono dimostrati i principali fattori a condizionare sia il tasso di decomposizione, che la *detectability* dei *pellet group*: i modelli selezionati come migliori utilizzano spessissimo habitat e pendenza come covariate o come variabili in base alle quali post-stratificare.

Se tutto ciò è già stato provato per quanto riguarda l'habitat (Marques et al., 2001; Laing et al., 2003; Webbon et al., 2004), l'aver individuato nella pendenza una variabile ambientale incisiva nella stima di densità di popolazioni in ambiente alpino sulla base dell'individuazione di *pellet group* (*dung surveys*) è, certamente, un risultato rilevante e da considerare per future ricerche di questo tipo in ambienti montani.

In conclusione, si può affermare che utilizzare questi metodi di conteggio applicati al *pellet group count*, consente di superare i problemi legati all'estensione delle aree studiate e, in particolare, alla difficile contattabilità che caratterizza gli animali in zone montane. Il fatto di poter calibrare, già in fase di *survey design*, lo sforzo di campionamento in base alle variabili ambientali che incidono sul reperimento delle fatte ed alla precisione che si richiede, oltre a poter valutare l'attendibilità delle stime estrapolate considerandone il coefficiente di variazione, rende *plot* e *distance sampling* due metodi effettivamente in grado di rispondere alle esigenze di uno studio preciso su specie elusive, in ambienti ostici.

## 7. Bibliografia

ACCESS, 2000 ©; Microsoft Corporation

ANDERSEN J., 1953 – Analysis of a Danish roe deer population – Danish Review of Game Biology, 2: 127-155

BARNES R.F.W., BARNES K.L., 1992 – *Estimating decay rates of elephant dung-piles in forest* – African Journal of Ecology, 30: 316-321

BARNES R.F.W., JENSEN K.L., 1987 – *How to count elephants in forests* – IUCN African Elephant and Rhino Specialist Group

BARRY S.C., WELSH A.H., 2001 – *Distance sampling methodology* – Journal of Royal Statistical Society, 63, Part 1: 31-53

BASSETTI D., CACIAGLI P., 2000 – *Epidemiologia e prevenzione di TBE e borreliosi di Lyme in Trentino* - Report Centro di Ecologia Alpina, 21: 82-87

BRAMLEY P. S., 1970 - *Territoriality and reproductive behaviour of roe deer* - F.Reprod.Fert., Suppl., 11 : 43-70.

BRANZ F., 2000 – *Le infezioni trasmesse da zecche: la realtà epidemiologica trentina* – Report Centro di Ecologia Alpina, 21: 78-81

BUCKLAND S.T., ANDERSON D. R., BURNHAM K.P., LAAKE J.L., BORCHERS D.L., THOMAS L., 2001– *Introduction to distance sampling. Estimating abundance of biological populations* – Oxford University Press

BUCKLAND S.T., ANDERSON D. R., BURNHAM K.P., LAAKE J.L., BORCHERS D.L., THOMAS L., 2001 – *Estimating abundance: a good introduction to distance sampling* – Journal of biogeography, 30: 629–631

BUCKLAND S.T., HEDLEY S.L., 2004 – *Spatial models for line transect sampling* – Journal of agricultural, biological and environmental statistics, 9: 181–199

BUCKLAND S.T., ANDERSON D. R., BURNHAM K.P., LAAKE J.L., BORCHERS D.L., THOMAS L., 2004– *Advanced distance sampling* – Oxford University Press

CAMPBELL D., SWANSON G.M., SALES J., 2004 – *Comparing the precision and cost-effectiveness of fecal pellet group count methods* – Journal of applied ecology, 41: 1185–1196

COLLINS W.B., 1981 – *Habitat preferences of mule deer as rated by pellet-group distributions* – Journal of Wildlife Management, 45 (4)

DE FELICI S., LUISE R., 2000 – *Le raccolte di Ixodes ricinus in Trentino: aspetti metodologici* - Report Centro di Ecologia Alpina, 21: 11-17

DEMOZZI M., 2005 - *Assetti geologici e geomorfologici* – in: *Un Parco per il Monte Bondone? Definizione dei criteri per la valutazione di fattibilità di un Piano ambientale per il Parco del Bondone*  
Provincia Autonoma di Trento, Centro di Ecologia Alpina, Università degli Studi di Padova, [www.pattomontebondone.it](http://www.pattomontebondone.it)

DTP SCIENCE TEAM, 2004 – *Line distance sampling g(0): improving density estimates* – University of Redlands Desert Tortoise Project, California, U.S.A.

DTP SCIENCE TEAM, 2004 – *Line distance sampling: two years of support* – University of Redlands Desert Tortoise Project, California, U.S.A.

DUNCAN P., TIXIER H., HOFFMAN R. R., LECHNER-DOLL M., 1998 - *Feeding strategies and the physiology of digestion in roe deer* - In: *The European Roe Deer: The Biology of Success*, 91-116. Scandinavian University Press, Oslo.

EBERHARDT L.L., 1990 – *Using radio telemetry for mark-recapture studies with edge effects* – Journal of applied ecology, 27: 259-271

EDGE W.D., MARCUM C.L., 1989 – *Determining elk distribution with pellet-group and telemetry techniques* – Journal of Wildlife Management, 53 (3)

GALLANDAT J.D., GOBAT J.M., ROULIER C., 1993 – *Cartografia delle zone alluvionali di importanza nazionale* – UFAFP, Berna in *I tipi forestali del Trentino*, 2002, Centro di Ecologia Alpina (Tn)

GERARD P.D., SCHUCANY W.R., 2002 – *Combining population density estimates in line transect sampling. Using the kernel method* – Journal of agricultural, biological and environmental statistics, Vol. 7, N. 2: 233-242

GERTH H.J., GRIMSHANDL D., STAGE B., DOLLER G., KUNZ C., 1995 – *Roe deer as sentinel for endemicity of tick borne encephalitis virus* – Epidemiological infections, 115: 355-365

GILL R.M.A., THOMAS M.L., FRANCIS A., HISCOCKS K., PEACE A.J., 1996 – *Changes in roe deer (*Capreolus capreolus* L.) population density in response to forest habitat succession* – Forest Ecology and Management, 88: 31-41

GORFER A., 1975 – *Le valli de Trentino. Guida geografico - storico - artistica - ambientale. Trentino occidentale* - Manfrini Edizioni, Calliano (Tn).

HEWISON A. J. M., VINCENT J. P., REBY D., 1998 - *Social organisation of European roe deer* - In: *The European Roe Deer: The Biology of Success*, 189-220. Scandinavian University Press, Oslo.

HUDSON P.J., RIZZOLI A., ROSÀ R., CHEMINI C., JONES L.D., GOULD E.A., 2001 - *Tick-borne encephalitis virus in northern Italy: molecular analysis, relationships with density and seasonal dynamics of *Ixodes ricinus** - Medical and Veterinary Entomology, 15: 304-313

JOHANSSON A., LIBERG O., WAHALSTRÖM L. K., 1995 - *Temporal and physical characteristics of scraping and rubbing in roe deer (*Capreolus capreolus*)* - Journal of Mammalogy, 76: 123-129.

KÖNIG E., BAUMANN B., 1990 - *The influence of the roe deer browsing on the natural regeneration in mixed-conifer stands* - Transcription of the 19<sup>th</sup> IUGB Congress, Trondheim, Norway

- KOSSAK S., 1983 - *Trophic relations of roe deer in a fresh deciduous forest* - *Acta Theriologica*, 28: 83-127
- KREBS C.J., 1998 - *Ecological Methodology* - Longman, second edition, part one
- LADINI F., 1989 - *Il capriolo* - Ghedina e Tassotti, Bassano del Grappa (Vi)
- LAING S.E., BUCKLAND S.T., BURN R.W., LAMBIE D., AMPHLETT A., 2003 - *Dung and nest surveys: estimating decay rates* - *Journal of applied ecology*, 40: 1102-1111
- LANGBEIN J., 1996 - *The red deer of Exmoor and the Quantocks* - *Deer*, 9: 492-498
- MARQUES F.F.C., BUCKLAND S.T., GOFFIN D., DIXON C.E., BROCHERS D.L., MAYLE B.A., PEACE A.J., 2001 - *Estimating deer abundance from line transect surveys of dung: sika deer in Southern Scotland* - *Journal of applied ecology*, 38: 349-363
- MAYLE B.A., PEACE A.J., GILL R.M.A., 1999 - *How many deer? A field guide to estimating deer population size* - Forestry commission, Edinburgh
- MATUSCHKA F.R., HEILER M., EIFFERT H., FISHER P., LOTTER H., SPIELMAN A., 1993 - *Diversionsary role of hoofed game in the transmission of Lyme disease spirochetes* - *American journal of tropical medicine and hygiene*, 48: 693-699
- MERIGGI A., 1989 - *Analisi critica di alcuni metodi di censimento della fauna selvatica (Aves, Mammalia). Aspetti teorici ed applicativi* - *Ricerche di biologia della selvaggina*, 83: 1-59
- MITCHELL B., MCCOWAN D., 1983 - *The faecal accumulation method for estimating and comparing (i) population densities of frequencies of, and (ii) site occupation by, red deer (Cervus elaphus)*. - Chief Scientist Team Report, 489. Nature Conservancy Council, Banbury
- MITCHELL B., MCCOWAN D., 1984 - *The defaecation frequencies of red deer in different habitats* - *Annual Report of the Institute of terrestrial Ecology*, 1983: 15-17
- MITCHELL B., ROWE J.J., RATCLIFFE P., HINGE M., 1985 - *Defecation frequency in Roe Deer (Capreolus capreolus) in relation to the accumulation rates of faecal deposits* - *The Zoological Society of London*, 207: 1-7
- MOOTY J.J., KARNS P.D., 1984 - *The relationship between white-tailed deer track counts and pellet-group surveys* - *Journal of Wildlife Management*, 48 (1)
- MUSTONI A., PEDROTTI L., ZANON E., TOSI G., 2002 - *Ungulati delle Alpi. Biologia, riconoscimento, gestione* - Nitida immagine editrice, Cles (Tn)
- MYSTERUD A., LANGVATN R., YOCCOZ N.G., STENSETH N.C., 2002 - *Large-scale habitat variability, delayed density effects and red deer populations in Norway* - *Journal of Animal Ecology*, 71: 569-580
- PALKA D.L., HAMMOND P.S., 2001 - *Accounting for responsive movement in line transect estimates for abundance* - NRC Web site, Canada

P.A.T. "PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO", 2004 – *Analisi delle consistenze e dei prelievi di ungulati, tetraonidi e pernici. Stagione venatoria 2004*

PEDROTTI L., DUPRÉ E., PREATONI D., TOSO S., 2001 – *Banca dati degli ungulati. Status, distribuzione, consistenza e gestione delle popolazioni di ungulati in Italia* - Biologia e conservazione della fauna

PERCO F., 1979 – *Il capriolo* – Carso Edizioni, Trieste

PERCO F., 1986 – *Il cervo* – Lorenzini Edizioni, Udine

PERKINS S.E., CATTADORI I.M., TAGLIAPIETRA V., RIZZOLI A., HUDSON P.J., 2003 – *Epidemiological evidence for key hosts in persistence of a tick-borne disease* – International journal for parasitology, 33: 909-917

R 2.4.1, 2006 © A language and environment; The R development core team

RAMSEY F.L., HARRISON K., 2004 – *A closer look to detectability* – Environmental and Ecological Statistics, 11 :73-84

RANDOLPH S.E., GERN L., NUTTALL P.A., 1996 – *Epidemiological significance for tick-borne pathogen transmission* – Parasitology today, 12: 472-479

REINMOSEER F., GOSSOW H., 1996 – *Impact of ungulates on forest vegetation and its dependence on the silvicultural system* - Forestry, ecology and management, 88: 107 – 119

RIZZOLI A., HUDSON P.J., ROSÀ R., CHEMINI C., AGOSTINI L., LUISE R., DE FELICI S., GOULD E., JONES L., MERLER S., CARUSO G., GENCHI C., 2000 – *Indagine sulla diffusione del virus TBE in alcune aree della provincia di Trento* - Report Centro di Ecologia Alpina, 21: 62-70

RIZZOLI A., MERLER S., FURLANELLO C., CHEMINI C., GENCHI C., 2000– *Diffusione di Borrelia burgdorferi s.l. sul territorio della provincia di Trento e determinazione del rischio di esposizione a zecche infette* - Report Centro di Ecologia Alpina, 21: 71-77

RIZZOLI A., MERLER S., FURLANELLO C., GENCHI C., 2002 – *Geographical information systems and bootstrap aggregation (bagging) of tree-based classifiers for Lyme disease risk prediction in Trentino, Italian Alps* – Journal of medical entomology, 39: 485-492

ROSÀ R., PUGLIESE A., NORMAN R., HUDSON P.J., 2003 - *Thresholds for disease persistence in models for tick-borne infections including non-viraemic transmission, extended feeding and tick aggregation* - Journal of Theoretical Biology, 224: 359–376

SMART J.C.R., WARD A.I., WHITE P.C.L., 2004 – *Monitoring woodland deer populations in the UK: an imprecise science* – Mammal Review, 34: 99-114

SCHWARZ C.J., SEBER G.A., 1999 - *Estimating animal abundance: review III* – Statistical science, 14: 427–456

SEBER G.A.F., 1986 – *A review of estimating animal abundance* – Biometrics, 42: 267-292

THOMAS L., LAAKE J.L., STRINDBERG S., MARQUES F.F.C., BUCKLAND S.T., BORCHERS D.L., ANDERSON D.R., BURNHAM K.P., HEDLEY S.L., POLLARD J.H., BISHOP J.R.B., MARQUES T.A., 2005 – *Distance 5.0 Research unit for wildlife population assessment* – University of St. Andrews, Scotland

WARD I.A., WHITE P.C.L., CRITCHLEY C.H., 2004 – *Roe deer behaviour affects density estimates from distance sampling surveys* – Mammal review. 34 (4): 315-319

WEBBON C. C., BAKER P. J., HARRIS S., 2004 – *Fecal density counts for monitoring changes numbers in rural Britain* – Journal of applied ecology, 41: 768-779

WOTSCHIKOWSKY U., HEIDEGGER A., 1999 – *Fauna e caccia sulla Alpi* – Edizioni Athesia, Bolzano

[Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page. The text is too light to transcribe accurately.]

## Ringraziamenti

A Francesca, guida scientifica insostituibile in questi mesi, ideale interlocutrice nei discorsi su montagna, viaggi, vita...

A Maria, amica sul campo...

Al professor Andrea Pilastro, dimostratosi persona squisita ogniqualvolta abbia avuto bisogno di un aiuto, un consiglio, un parere...una firma!

A tutti i miei compagni di corso, in primis Silvia, Enrica, Carle, Karol, Michele...amici su cui poter contare sempre!

A Mirko ed a Filippo, che hanno contribuito a rendere poco stressante il periodo di stesura della tesi, da buon compagno di cordata l'uno, di stanza l'altro...

Alla Montagna, casa e mondo inesplorato ancora da scoprire, nello stesso tempo...