

LIFE GESTIRE 2020

Nature Integrated Management to 2020

Azione A16 – Strategia regionale sui grandi carnivori

DISTRIBUZIONE, DIETA E IMPATTO DEL LUPO SULLA ZOOTECNICA E PREVISIONE DEL RISCHIO DI PREDAZIONE NELL'APPENNINO PAVESE

A cura di:

Elisa Torretta, Chiara Binetti e Alberto Meriggi



Foto di S. Giachello

Novembre 2018



Università degli Studi di Pavia

Dipartimento di Scienza della Terra e dell'Ambiente

DISTRIBUZIONE, DIETA E IMPATTO DEL LUPO SULLA ZOOTECNICA E PREVISIONE DEL RISCHIO DI PREDAZIONE NELL'APPENNINO PAVESE

A cura di:

Elisa Torretta, Chiara Binetti e Alberto Meriggi



Foto di S. Giachello

Novembre 2018

INDICE

1	PREMESSA	Pag. 3
2	AREA DI STUDIO	Pag. 4
3	DISTRIBUZIONE E IDONEITÀ AMBIENTALE	Pag. 11
3.1	Materiali e Metodi	Pag. 11
3.2	Risultati	Pag. 17
4	ABBONDANZA DEL LUPO E DEGLI UNGULATI SELVATICI	Pag. 23
4.1	Materiali e Metodi	Pag. 23
4.2	Risultati	Pag. 24
5	DIETA	Pag. 26
5.1	Materiali e Metodi	Pag. 26
5.2	Risultati	Pag. 30
6	PREDAZIONI	Pag. 36
6.1	Materiali e Metodi	Pag. 36
7.2	Risultati	Pag. 37
7	MODELLO DEL RISCHIO DI PREDAZIONE	Pag. 40
7.1	Materiali e Metodi	Pag. 40
7.2	Risultati	Pag. 42
8	MONITORAGGIO GENETICO NON-INVASIVO: LUPI CAMPIONATI NEL 2017	Pag. 50
8.1	Materiali e Metodi	Pag. 50
8.2	Risultati	Pag. 51
9	DISCUSSIONE E INDICAZIONI GESTIONALI	Pag. 53
10	OPERE CITATE	Pag. 63
	ALLEGATO 1	Pag. 66

1 PREMESSA

La presente relazione riporta i risultati del monitoraggio del lupo in Appennino Pavese ottenuti tra la primavera e l'autunno 2018, grazie a un finanziamento ricevuto dal Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente dell'Università degli Studi di Pavia da parte di ERSAF nell'ambito dell'Azione A16 "Strategia regionale sui grandi carnivori" del Progetto LIFE GESTIRE 2020.

In particolare, la presente relazione tecnica riporta i risultati dell'ottava sessione di campionamento, che ha previsto, coerentemente alle sessioni precedentemente svolte, la raccolta di dati sul campo utili per stimare la distribuzione attuale del lupo, prevederne le prossime fasi di espansione e studiarne la dieta. Al fine di ottenere informazioni sulla distribuzione della specie, confrontabili con quelle pregresse e, al fine di individuare eventuali zone di recente o recentissima espansione dell'areale, lo schema di campionamento non è stato modificato ed è stato implementato in modo da coprire anche le zone di bassa collina a ridosso della pianura. Particolare attenzione è stata data anche al reperimento di campioni biologici freschi, utili per le analisi genetiche (a cura del Laboratorio di Genetica di I.S.P.R.A.); i risultati di tali analisi saranno poi finalizzati alla stima della consistenza della specie (numero e dimensione dei branchi) e alla definizione degli spostamenti degli individui.

Inoltre, grazie anche ai dati forniti dalle Amministrazioni locali competenti in materia, ovvero l'Ufficio Territoriale Regionale (UTR) di Pavia e il servizio veterinario dell'Agenzia di Tutela della Salute (ATS) di Pavia, sono stati raccolti tutti i dati di predazione da lupo a carico di capi di bestiame di aziende zootecniche presenti in Appennino Pavese in modo da poter definire il grado di vulnerabilità associato a ogni area di pascolo utilizzata dalle aziende.

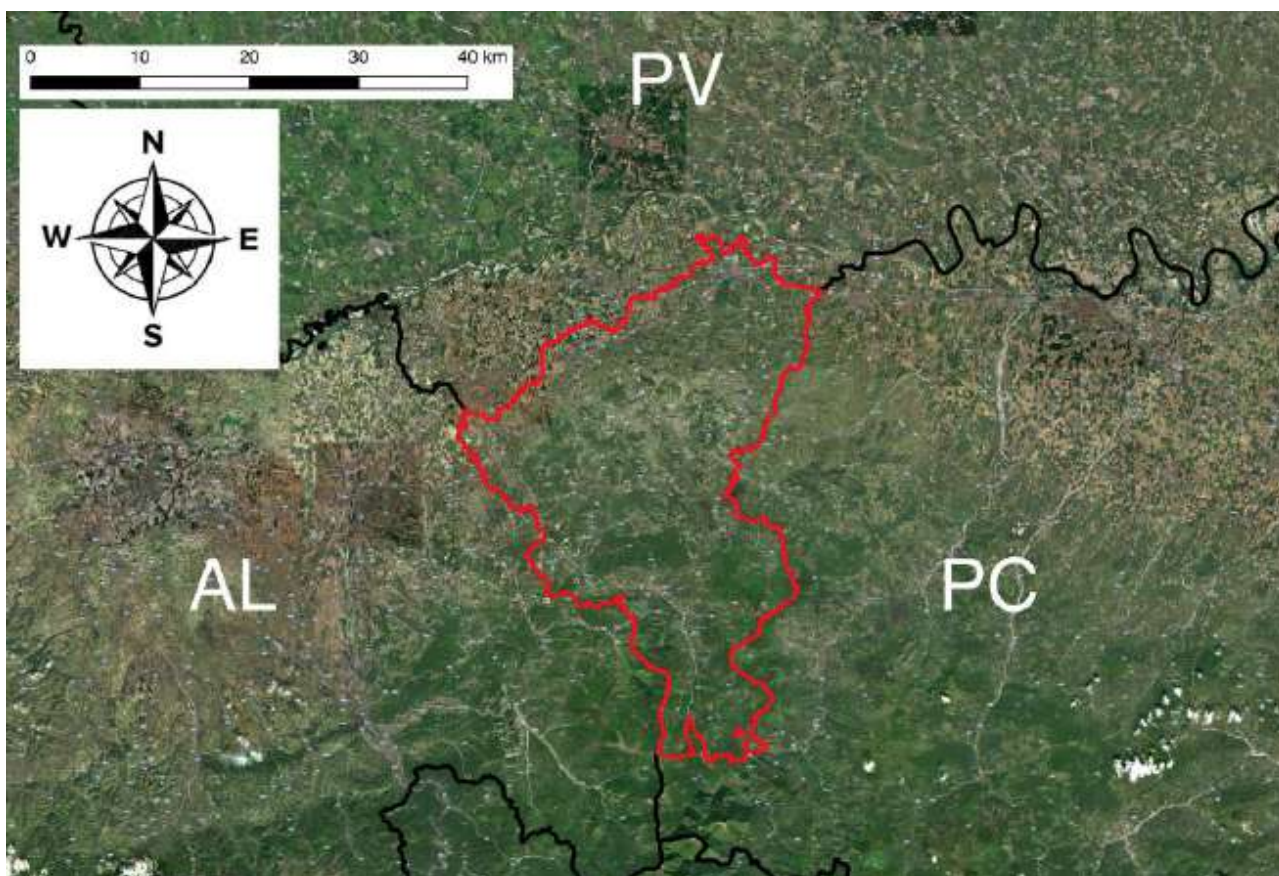
In sintesi, questa relazione riporta i risultati aggiornati al mese di novembre 2018 del monitoraggio del lupo in Appennino Pavese, che riguardano in particolare:

- la distribuzione del lupo e il modello predittivo di idoneità ambientale, utile per prevedere le aree di futura espansione;
- l'abbondanza relativa delle diverse specie di ungulati selvatici e le relazioni tra l'abbondanza del predatore e delle potenziali prede;
- la dieta del lupo e la selezione delle specie preda;
- l'analisi delle predazioni subite dalle aziende zootecniche tra il 2006 e il 2018;
- il modello predittivo del rischio di predazione per le aree di pascolo utilizzate dalle aziende zootecniche.

2 AREA DI STUDIO

L'area in cui è stata svolta questa ricerca corrisponde alla zona appenninica della provincia di Pavia che occupa la porzione sudoccidentale della Lombardia, dove la regione confina con il Piemonte e l'Emilia Romagna, con una superficie di 788,4 km² (Fig. 2.1).

Figura 2.1 – Area di studio: Appennino Pavese



Considerando l'orografia del territorio dell'Appennino Pavese, si possono distinguere tre fasce altimetriche: la bassa e media collina, l'alta collina e la montagna.

Bassa e media collina: area posta tra il limite meridionale della Pianura Oltrepadana e la Valle del Torrente Ardivestra; essa presenta rilievi collinari fino a 500 m s.l.m., occasionalmente 600 m s.l.m., con prevalenza di coltivazioni a vigneto (Fig. 2.2). Nel suo complesso l'area presenta caratteri morfologici dolci, soprattutto in corrispondenza dei primi rilievi collinari che si affacciano sulla pianura. Comprende i comuni di Bosnasco, Broni, Canneto Pavese, Castana, Casteggio, Santa Maria della Versa, Stradella, Torrazza Coste, Torricella Verzate, Volpara, Zenevredo, Cigognola, Codevilla, Corvino San Quirico, Golferenzo, Lirio, Montebello della Battaglia, Montecalvo Versiggia, Montescano, Montù Beccaria, Mornico Losana, Oliva Gessi, Pietra de Giorgi, Redavalle, Retorbido, Rivanazzano, Rovescala, San Damiano al Colle e Santa Giulietta.

Alta collina: area compresa tra la Valle del Torrente Ardivestra e la direttrice che congiunge Varzi con Pietragavina e Zavattarello; le quote variano tra i 500 e gli 800 m s.l.m. La morfologia ha forme più marcate e articolate rispetto alla bassa e media collina. Sono frequenti estensioni boschive alternate ad ampie estensioni produttive, dove dominano i seminativi di cereali autunno-vernini in rotazione con foraggiere da vicenda (erba medica) (Fig. 2.3). Comprende i comuni di Bagnaria, Borgo Priolo, Borgoratto Mormorolo, Calvignano, Canevino, Val di Nizza, Valverde, Cecima, Fortunago, Godiasco, Montalto Pavese, Monteseale, Ponte Nizza, Rocca de Giorgi, Rocca Susella, Ruino.

Montagna: area estesa a sud-ovest della linea Varzi-Zavattarello, comprendente l'alta Valle Staffora e l'alta Val Tidone. Tipica zona di montagna, con estese formazioni forestali associate a limitate zone agricole, i cui rilievi si elevano dai 900 m s.l.m. sino a quote comprese tra i 1500 m s.l.m. (Monte Penice, Monte Boglelio) e i 1700 m s.l.m. (Monte Chiappo, Monte Lesima) (Fig. 2.4). La vetta più elevata è rappresentata dal Monte Lesima (1724 m s.l.m.), al confine tra le province di Piacenza e Pavia. Comprende i comuni di Brallo di Pregola, Santa Margherita Staffora, Varzi, Zavattarello, Menconico, Romagnese.

Il clima è di tipo continentale: nel mese più freddo (gennaio) la temperatura media è circa 1 °C, mentre nel mese più caldo (luglio) la temperatura media è di circa 20 °C, con un'escursione annua di circa 20 °C che decresce con l'altitudine. Le precipitazioni sono concentrate nelle stagioni primaverile (aprile-maggio) e autunnale (novembre) e raggiungono i 950 mm nella porzione collinare e 1400 mm nella porzione montana. L'abbondanza delle precipitazioni aumenta di pari passo con l'altitudine. La stagione estiva rappresenta una vera e propria stagione secca. Le precipitazioni nevose interessano soprattutto le cime più elevate e sono concentrate nella stagione invernale; esse comunque sono molto attenuate dalla vicinanza del Mar Ligure. Anche la permanenza della neve al suolo è per lo più modesta, superando raramente i 30 giorni.

La geomorfologia di questa porzione appenninica è complessa e comprende diversi domini geologici caratterizzati da litologie diverse. L'area di bassa e media collina comprende terreni conglomeratici, arenarie e complessi eterogenei a matrice prevalente argilloso-marnoso. I terreni caratterizzati da questo tipo di litologia sono erodibili e contraddistinti da forme arrotondate con buona propensione alla formazione di frane, che originano colate fangose e altre forme di erosione, come i calanchi (Fig. 2.5). L'alta collina e la montagna presentano via via litologie meno erodibili, dagli affioramenti di placche arenacee alle formazioni calcaree, che corrispondono ai rilievi più elevati, agli affioramenti ofiolitici.

Anche la pedologia è molto complessa e a livello del tutto generale si può affermare che in collina dominano i suoli bruni da moderatamente lisciviati a molto lisciviati, mentre in montagna dominano i suoli acidi, in ragione dell'elevato dilavamento.

Figura 2.2 – Bassa e media collina dell'Appennino Pavese (Canneto Pavese)



Figura 2.3 – Alta collina dell'Appennino Pavese (Montalto Pavese)



Figura 2.4 – Montagna dell'Appennino Pavese (Valle Staffora)



Figura 2.5 – I calanchi di Bagnaria



L'idrografia dell'Appennino Pavese appartiene interamente al bacino del fiume Po; infatti, tutti i corsi d'acqua che originano in quest'area ne sono tributari. Il regime di questi corsi d'acqua è di tipo sublitoraneo-appenninico, con massimi di portata in primavera e in autunno e minimi estivi e invernali; le magre estive sono imputabili sia alle scarse precipitazioni sia al prelievo idrico operato a scopo irriguo, rilevante particolarmente sulle loro porzioni vallive. I principali torrenti che solcano l'Appennino Pavese sono lo Staffora, con una lunghezza di 58 km e un bacino imbrifero di circa 300 km², e il Tidone, di competenza pavese per circa 17 km dalle origini al Lago di Trebecco.

Il paesaggio vegetazionale varia in base all'altitudine, alle caratteristiche climatiche e a quelle pedologiche. Nell'area di bassa e media collina prevalgono le coltivazioni, rappresentate principalmente dalla vite; sono secondarie le colture erbacee, come cereali (frumento e orzo), foraggi, ortaggi, e i frutteti. La copertura boschiva naturale è invece quasi inesistente, con l'eccezione di piccoli lembi ai margini dei campi coltivati o sui suoli alluvionali lungo i corsi d'acqua, tradizionalmente poco favorevoli all'agricoltura. Queste fasce di vegetazione riparia sono caratterizzate dalla presenza di ontano nero (*Alnus nigra*) e pioppi (*Populus sp.*).

Nell'area di alta collina sono ancora presenti, sui versanti meglio esposti e più dolci, le coltivazioni, ma la vegetazione naturale è decisamente più abbondante. Lungo i pendii caldi e asciutti sono presenti querceti misti, in cui domina la roverella (*Quercus pubescens*) associata alla rovere (*Quercus petraea*) e al cerro (*Quercus cerris*), nelle stazioni più umide e fresche. In questa associazione entrano di norma anche il carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), l'acero campestre (*Acer campestre*), l'orniello (*Fraxinus ornus*) e il nocciolo (*Corylus avellana*). In genere queste formazioni sono state ridotte a boscaglia e cespuglieti molto fitti dai tagli troppo frequenti e disordinati. In epoca romana è stato poi introdotto il castagno (*Castanea sativa*), che nelle zone più umide e poco argillose ha ampiamente sostituito l'originario bosco di querce caducifoglie.

Nell'area montana le associazioni collinari lasciano posto a estese faggete (*Fagus sylvatica*), governate a ceduo o più raramente a fustaia, con presenza di sorbo (*Sorbus aucuparia*) e acero montano (*Acer pseudoplatanus*). Una porzione di questo territorio è occupata da rimboschimenti di conifere, quali pino nero (*Pinus nigra*) e pino silvestre (*Pinus sylvestris*), abete rosso (*Picea excelsa*), abete bianco (*Abies alba*) e larice (*Larix decidua*). Nelle radure o ai margini delle faggete e dei rimboschimenti di conifere è possibile osservare zone arbustive ben sviluppate, dove compaiono il biancospino (*Crataegus monogyna*), la rosa canina (*Rosa canina*), il prugnolo (*Prunus spinosa*) e il ginepro (*Juniperus communis*). Sopra i 1400 m, nel piano culminale, sono presenti praterie più o meno estese, di cui quelle a quote inferiori sono di origine antropica, essendo state ricavate in tempi anche lontani con i disboscamenti, mentre le altre sono derivate da formazioni erbacee preesistenti, che hanno subito trasformazioni per i cambiamenti climatici e lo sfruttamento zootecnico (Cima di Colletta, Piani di Lesima, Pian dell'Arma) (Fig. 2.6).

Figura 2.6 – Crinale del Monte Chiappa (1699 m s.l.m.) al confine tra Lombardia, Piemonte ed Emilia Romagna



Per quanto riguarda la teriofauna, l'area di studio ospita le comunità tipiche dell'Appennino settentrionale.

Il lupo (*Canis lupus*) è l'unico grande carnivoro selvatico presente; ha ricolonizzato quest'area appenninica dagli anni '80 e oggi sono presenti diversi branchi sia nella porzione montana sia in quella collinare (Meriggi 1995, Torretta e Meriggi 2018).

La comunità degli ungulati selvatici è molto ricca e include quattro specie: il cinghiale (*Sus scrofa*), oggi abbondante e ampiamente diffuso, è stato introdotto negli ultimi 35 anni a scopi venatori; il capriolo (*Capreolus capreolus*), che ha ampliato notevolmente il suo areale grazie al progressivo aumento di boschi cedui alternati a radure e pascoli; il daino (*Dama dama*), la cui popolazione si è originata dalla fuga da un recinto nei pressi di Arpesina verso la fine degli anni '70, oggi è presente soprattutto nella zona compresa tra la Val di Nizza e la Valle Ardivestra, ma sta colonizzando tutta la porzione appenninica; il cervo (*Cervus elaphus*), presente in conseguenza all'espansione delle popolazioni dell'Appennino tosco-emiliano e alla fuoriuscita di animali tenuti in cattività dal recinto del Giardino Alpino di Pietra Corva (Romagnese), occupa la porzione orientale del territorio.

Tra gli erbivori di media mole il più importante è la lepre (*Lepus europaeus*), diffusa in tutta l'area di studio; inoltre è presente anche il silvilago (*Sylvilagus floridanus*), più raro e localizzato.

I carnivori di media e piccola taglia includono la volpe (*Vulpes vulpes*), il tasso (*Meles meles*), la faina (*Martes foina*) e la donnola (*Mustela nivalis*).

Per quanto riguarda i micromammiferi, tra gli Insettivori sono presenti il riccio europeo (*Erinaceus europaeus*), la talpa europea (*Talpa europaea*) e le crocidure (*Crocidura leucodon* e *C. suaveolens*); tra i Roditori sono presenti lo scoiattolo comune (*Sciurus vulgaris*), il ghiro (*Glis glis*), il quercino (*Eliomys quercinus*), il moscardino (*Muscardinus avellanarius*), l'arvicola campestre (*Microtus arvalis*), l'arvicola rossastra (*Clethrionomys*

glareolus), i ratti (*Rattus norvegicus* e *R. rattus*), i topi selvatici (*Apodemus sylvaticus* e *A. flavicollis*) e il topo domestico (*Mus musculus*) (Prigioni et al. 2001).

Da evidenziare anche la presenza recente dell'istrice (*Hystrix cristata*), la cui popolazione è in fase di espansione verso la pianura.

I principali centri urbani presenti nell'area di bassa e media collina sono: Broni (quasi 10.000 abitanti), Casteggio (6.000 abitanti), Stradella (11.000 abitanti) e Rivanazzano Terme (5.000 abitanti). Mentre nell'area di alta collina spiccano Godiasco (3.000 abitanti) e Borgo Priolo (1.500 abitanti). Nell'area montana Varzi è il centro urbano più grande, con più di 3.000 abitanti. Nei comuni dell'alta collina e di montagna, i centri urbani sono intervallati da zone pressoché inabitate a causa dello spopolamento; infatti, i numerosi piccoli centri abitati sparsi nel territorio sono quasi completamente disabitati (Fig. 2.7). I dati demografici relativi a queste aree indicano una densità media di popolazione pari a 30,7 ab./km². Dal 1951 al 2011 la popolazione residente è passata da 32.368 abitanti a 16.966, con un decremento medio annuo pari al 12,15% (Banche dati Istat).

Tra le maggiori attività economiche primeggiano l'agricoltura, soprattutto nella zona collinare per la produzione di vino, e l'allevamento. Negli ultimi decenni questo settore ha conosciuto un drastico cambiamento da una zootecnia di tipo estensivo e rurale, in cui tanti capi erano allevati al pascolo, a una di tipo intensivo in cui gli stessi capi sono stabulati permanentemente. Accanto a questa, permane una zootecnia di tipo domestico, in cui le aziende, per lo più familiari, allevano nelle loro proprietà un basso numero di capi.

Nel 2017 le aziende zootecniche attive in Appennino Pavese sono risultate 377, delle quali 155 allevavano bovini, 84 allevavano caprini e 38 allevavano ovini. Il numero complessivo di bovini allevati ha superato le 2.700 unità, mentre il numero complessivo di ovi-caprini ha superato le 1.000 unità (Torretta et al. 2018).

Figura 2.7 – Frazione di Nivione nel comune di Varzi



3 DISTRIBUZIONE E IDONEITÀ AMBIENTALE

3.1 Materiali e metodi

Raccolta dei dati

Coerentemente alle altre sessioni di raccolta dati (Torretta e Meriggi 2018), il campionamento è stato condotto mediante il rilevamento dei segni di presenza di lupo (escrementi, impronte, predazioni su animali selvatici e sul bestiame) e delle diverse specie di ungulati selvatici (escrementi, impronte, marcature, vocalizzazioni, scortecciamenti e altre tracce di alimentazione), che corrispondono alle principali potenziali specie preda per il lupo (Fig. 3.1).

Figura 3.1 - Segni di presenza di lupo: escremento, capriolo predato, impronte

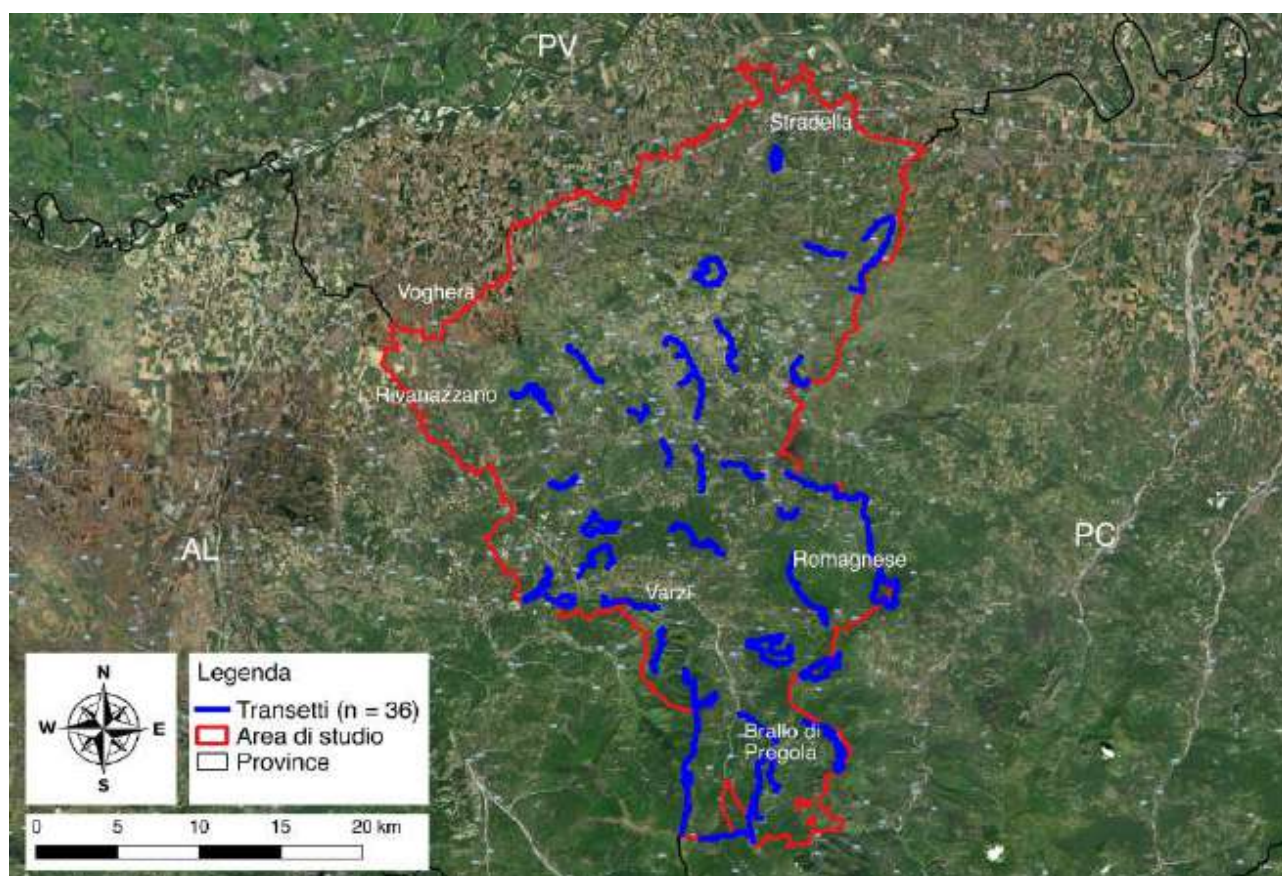


Il rilevamento dei segni di presenza è stato eseguito perlustrando a piedi 36 itinerari prestabiliti, corrispondenti a sentieri o strade secondarie sterrate, denominati *transetti* (Tab. 3.1). La dislocazione dei transetti nell'area di studio è stata scelta adottando uno schema di campionamento misto stratificato e casuale (*Tessellation Stratified Sampling*; Barabesi e Franceschini 2011): è stata sovrapposta una griglia con celle di 5 km di lato all'area di studio e all'interno delle unità campione (celle di 25 km²) è stato individuato casualmente almeno un transetto per il rilevamento dei segni di presenza (Fig. 3.2). Questo metodo di campionamento permette la migliore distribuzione dei percorsi campionari, che risultano distribuiti in modo omogeneo nell'area di studio, e, di conseguenza, una maggiore rappresentatività dei dati raccolti anche con numerosità ridotte (Buckland et al. 2004, Barabesi e Fattorini 2013).

Tabella 3.1 – Dettagli del campionamento eseguito nel 2018

N° transetti	Lunghezza (media $\pm$ D.S.)	Lunghezza max e min.	Lunghezza complessiva	N° celle campionate
36	5,3 $\pm$ 2,7 km	1,7 – 12,1 km	191,2 km	30

Figura 3.2 – Disegno di campionamento per la raccolta dei segni di presenza del lupo in Appennino Pavese



Il campionamento è stato condotto su base stagionale (estate: da giugno ad agosto; autunno: da settembre a novembre; inverno: da dicembre a febbraio; primavera: da marzo a maggio).

Durante la perlustrazione di ciascun transetto, tutti i segni di presenza rilevati sono stati registrati su un dispositivo GPS e su apposite schede di campo, annotando anche altre informazioni utili alla successiva archiviazione ed elaborazione dei dati (Fig. 3.4); in particolare, per ogni segno di presenza rilevato sono state annotate le seguenti informazioni:

- data;
- transetto e punto sul transetto;
- specie rilevata (lupo, capriolo, cinghiale, cervo, daino);
- tipo di segno (escremento, impronta o pista, vocalizzazione, urina, raspata, predazione, scortecciamento, brucatura, marcatura territoriale, avvistamento diretto, etc.);
- coordinate X e Y (WGS 84 UTM zone 32N);
- ambiente puntuale;
- eventuali note importanti.

Oltre ai dati raccolti durante il campionamento, sono state raccolte e registrate tutte le segnalazioni di lupo pervenute da terzi, documentate o ritenute attendibili, riguardanti

avvistamenti (diretti o tramite foto-trappola), ululati, predazioni di ungulati selvatici e di bestiame ed escrementi.

Figura 3.4 – Scheda di campo e mappa utilizzate per annotare i segni di presenza rilevati lungo i transesti

Scheda per il rilevamento dei segni di presenza

RILEVATORE:

Data: _____

Comune - Località: _____

Condizioni Suolo: _____

Provincia: _____

Transetto: _____

Condizioni Meteo: _____

Punto	Specie	Traccia	Amb.	Coordinata X	Coordinata Y	Note

Stima della distribuzione

La distribuzione del lupo nell'area di studio è stata stimata utilizzando un modello probabilistico attraverso la *Kernel Analysis* (KA); questa analisi delinea, con un certo livello di predittibilità, dove possono essere localizzati gli individui della specie target, cioè quantifica la probabilità di presenza nei diversi siti dell'area di studio. La *Kernel Analysis* è un'analisi non parametrica che consente la conversione di una distribuzione discontinua di punti (segni di presenza della specie) in una distribuzione continua (detta distribuzione d'utilizzo), individuando dei contorni (isoplete) che definiscono aree a valori di densità differenti. Dove la concentrazione di punti è maggiore viene stimata una probabilità più elevata di trovare l'animale in ogni punto rispetto a dove la concentrazione è minore. La *Kernel Analysis* definisce, quindi, delle fasce concentriche con stime di densità decrescenti dal centro verso l'esterno (Seaman e Powell 1996).

La funzione per dati bivariati è matematicamente definita da:

$$f(x) = \left[\frac{1}{nh^2} \right] \sum_{i=1}^n K \left\{ \frac{(x-X_i)}{h} \right\}$$

dove: n è il numero dei punti di presenza; h è il parametro di smussamento; K è lo stimatore kernel; x è il vettore delle coordinate X e Y dei punti in cui la funzione deve essere calcolata; X_i è il vettore delle coordinate X e Y dei punti di presenza.

La distribuzione d'utilizzo è stata stimata utilizzando uno stimatore kernel fisso (Seaman e Powell 1996) e applicando una riduzione del 20% al parametro di smussamento di riferimento (h_{ref}), in modo da tenere conto della distribuzione raggruppata dei dati raccolti (Gervasi et al. 2013). Per ogni dimensione i analizzata, il parametro di smussamento h_{ref} è definito da:

$$h_i = A\sigma_i n^{-1/(4+d)}$$

dove A è la costante *ad hoc* calcolata e usata dalla funzione; d è il numero di dimensioni dei dati analizzati; σ_i è la deviazione standard dei dati nella dimensione i (Silverman 1986). L'analisi è stata condotta utilizzando il software statistico R e il pacchetto "adehabitatHR" (Calenge 2015).

L'areale occupato dalla specie è stato individuato considerando le isoplete al 95% (Laver e Kelly 2008), mentre le aree a maggior frequentazione sono state individuate dalle isoplete al 50% e al 25%.

Modello d'idoneità ambientale

I segni di presenza del lupo sono stati utilizzati per formulare un modello predittivo della presenza del lupo, utilizzando l'Algoritmo della Massima Entropia (MaxEnt, *Maximum Entropy Algorithm*; Jaynes 1957). Tale formulazione prevede un approccio del tipo uso verso disponibilità, evitando il problema delle false assenze, vale a dire considerare la specie assente da porzioni di territorio dove in realtà è presente, ma non è stata rilevata per i limiti dello sforzo di campionamento o per problemi di contattabilità. MaxEnt stima una probabilità di presenza per ogni unità campione della griglia, in questo caso composta da celle di 2,5x2,5 km, utilizzando i soli dati di presenza e considerando n variabili ambientali. Le variabili considerate in questo caso corrispondono alle classi di uso del suolo, derivate dalla Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali di Regione Lombardia (DUSAF), di altitudine, di esposizione e di pendenza, derivate dal Modello Digitale di Elevazione (DEM) (Tab. 3.2).

L'effetto delle variabili sulla previsione del modello è stimato tramite curve di risposta marginale, che rappresentano l'effetto di una variabile mantenendo i valori delle altre pari alla media dei siti di presenza; queste curve di risposta possono risultare difficili da interpretare quando la variabile considerata è correlata ad altre e quindi il modello formulato potrebbe essere influenzato da un sottocampione di variabili che variano dipendentemente l'una rispetto alle altre. Per questo motivo, per determinare l'influenza di una variabile sul modello formulato, si utilizzano le curve di risposta singola, che rappresentano l'effetto della variabile in un modello creato utilizzando solo quella variabile.

MaxEnt costruisce il modello partendo da una distribuzione di probabilità uniforme sulla griglia e successivamente ottimizza il processo in modo iterativo misurando ad ogni passaggio il *gain* del modello. Il *gain* corrisponde alla bontà di adattamento del modello e massimizza la probabilità di presenza in relazione alle variabili considerate.

MaxEnt fornisce due misure principali per determinare il contributo di ogni variabile al modello finale:

- importanza di permutazione: i valori di una variabile sono scambiati casualmente tra i siti di presenza e il resto dell'area di studio. Viene ricalcolata l'AUC (vedi sotto). La differenza in percentuale tra AUC con e senza permutazione viene usata per ordinare le variabili per importanza;

- Jackknife test: il modello completo è confrontato con un modello creato solo con una variabile e con uno che utilizza tutte le altre variabili esclusa quella in questione. Il calo di *gain* del modello senza la variabile fornisce una misura della quantità d'informazione presente nella variabile considerata.

MaxEnt assegna un valore d'idoneità a ogni cella dell'area di studio compreso tra 0 e 1 e ciò fornisce un gradiente d'idoneità per la distribuzione potenziale della specie. Valori pari a 1 indicano un'idoneità massima per la specie, mentre valori prossimi allo 0 indicano un'idoneità scarsa. Valori pari a 0,5 indicano la presenza di condizioni ambientali pari a quelle in cui è stata rilevata la presenza della specie. Per migliorare la predizione, l'analisi è stata replicata utilizzando il metodo bootstrap (100 repliche).

La capacità predittiva del modello è stata valutata tramite un'analisi di curva ROC, che quantifica lo scostamento del modello ottenuto da uno che classifica i casi casualmente, quantificando l'area sottesa dalla curva (AUC, Area Under Curve). Normalmente la curva ROC mette in relazione la sensibilità del modello (proporzione di casi positivi classificati correttamente) con il complementare della sua specificità (proporzione di casi negativi classificati correttamente), tuttavia MaxEnt dispone solo dei casi di presenza e, di conseguenza, mette in relazione la proporzione di casi positivi classificati correttamente con la proporzione di area classificata idonea dal modello (Phillips et al. 2006, Phillips 2017). L'analisi è stata condotta utilizzando il software statistico MaxEnt (Phillips 2017).

Tabella 3.2 - Variabili ambientali considerate per formulare il modello d'idoneità ambientale

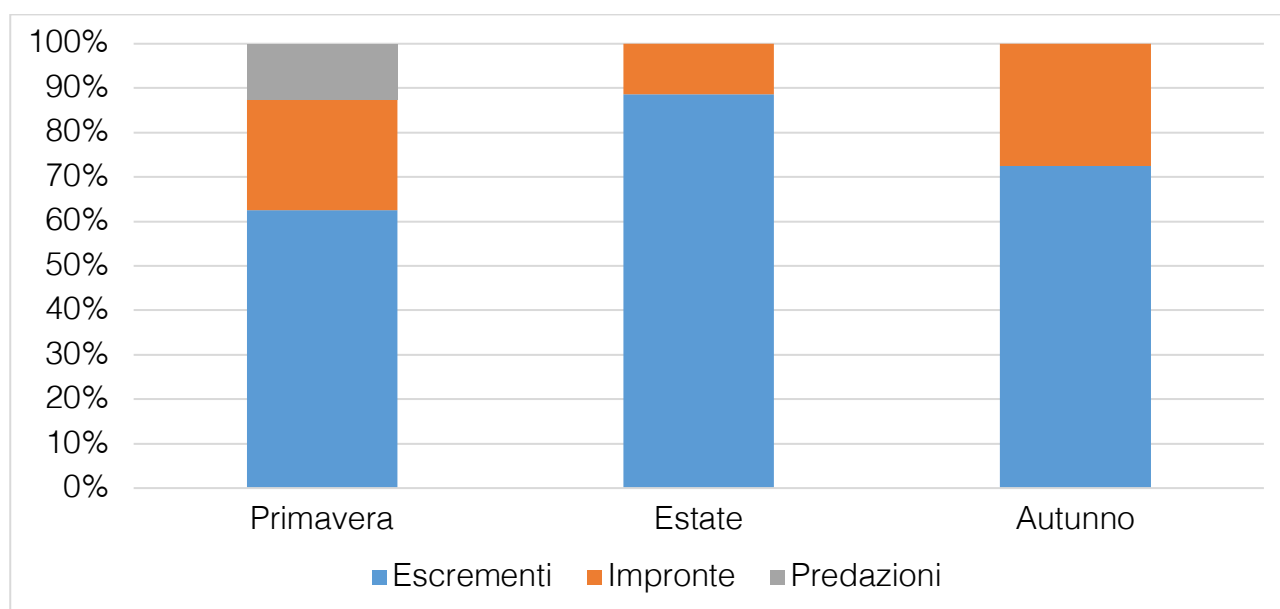
Variabili ambientali	Descrizione
Uso Del Suolo	
1 - Boschi di conifere	Boschi a prevalenza di conifere
2 - Boschi di latifoglie	Boschi a prevalenza di latifoglie
3 - Cespugliati	Formazioni basse e chiuse (cespugli, arbusti e piante erbacee)
4 - Rimboschimenti	Impianti di specie forestali a rapido accrescimento
5 - Prato-pascoli	Prati permanenti e pascoli
6 - Coltivi	Seminativi a rotazione
8 - Vigneti e frutteti	Superfici utilizzate per la produzione d'uva e frutta
7 - Aree urbanizzate	Centri abitati e commerciali e strade
Altitudine	
200	altitudine media 200 m s.l.m.
400	altitudine media 400 m s.l.m.
600	altitudine media 600 m s.l.m.
800	altitudine media 800 m s.l.m.
1000	altitudine media 1000 m s.l.m.
1200	altitudine media 1200 m s.l.m.
1400	altitudine media 1400 m s.l.m.
Esposizione	
0	esposizione nulla
1	nord + nord-est
2	est + sud-est
3	sud + sud-ovest
4	ovest + nord-ovest
Pendenza	
10	pendenza media 10°
20	pendenza media 20°
30	pendenza media 30°

3.2 Risultati

Dati raccolti

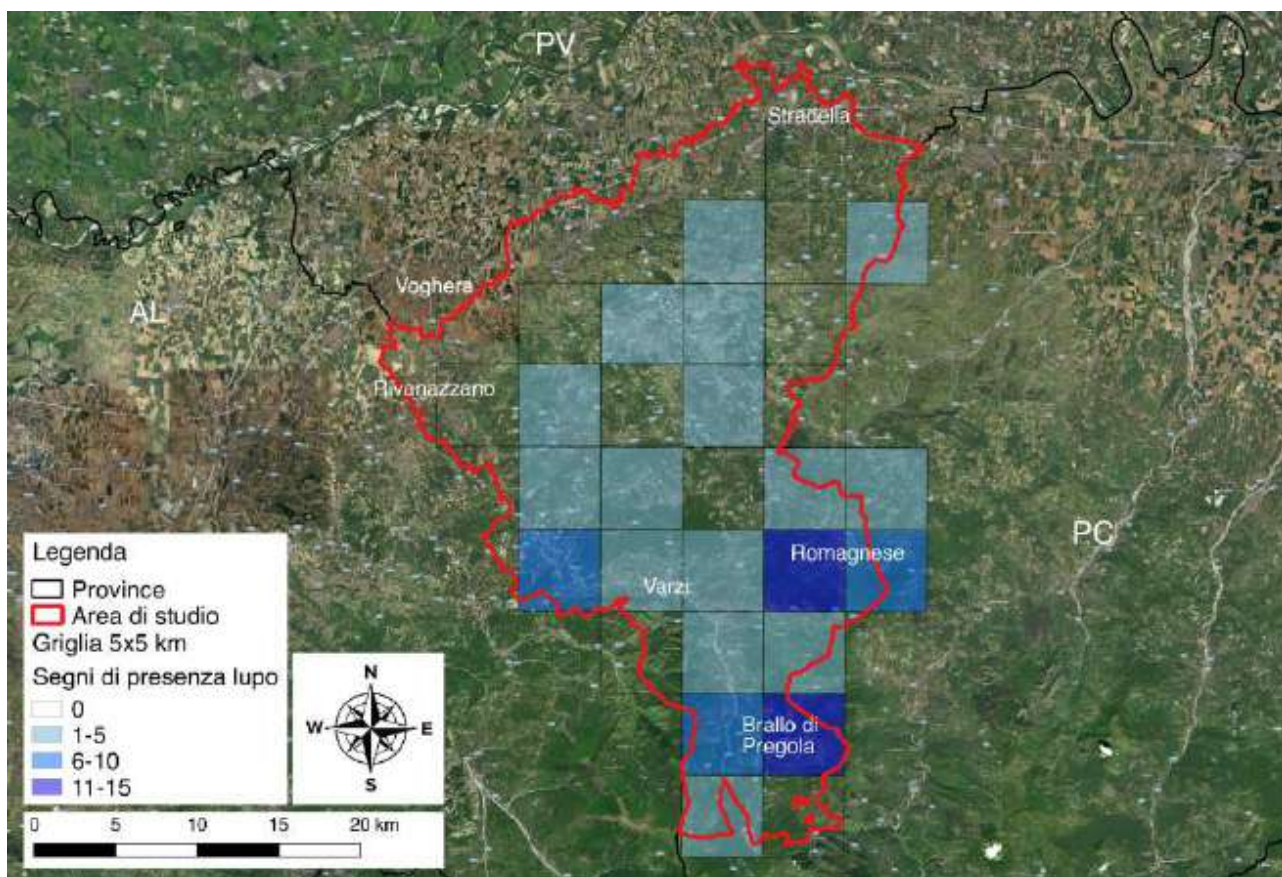
Sono state coperte tre stagioni di campionamento nel 2018: in primavera (marzo-maggio) l'area di studio è stata campionata solo parzialmente (4 transetti su 36), mentre in estate (giugno-agosto) e in autunno (settembre-novembre) il campionamento è stato completo. Sono state identificate e registrate 82 osservazioni relative alla presenza del lupo nell'area di studio, di cui 7 in primavera, 39 in estate e 36 in autunno, corrispondenti a 92 segni di presenza diversi. Il tipo di segno di presenza maggiormente rilevato è stato l'escremento ($n = 73$), seguito da impronte e piste ($n = 18$) e da carcasse di ungulati selvatici predate ($n = 1$) (Fig. 3.5).

Figura 3.5 - Percentuali dei segni di presenza rilevati nel 2018 in Appennino Pavese suddivisi per tipo e stagione



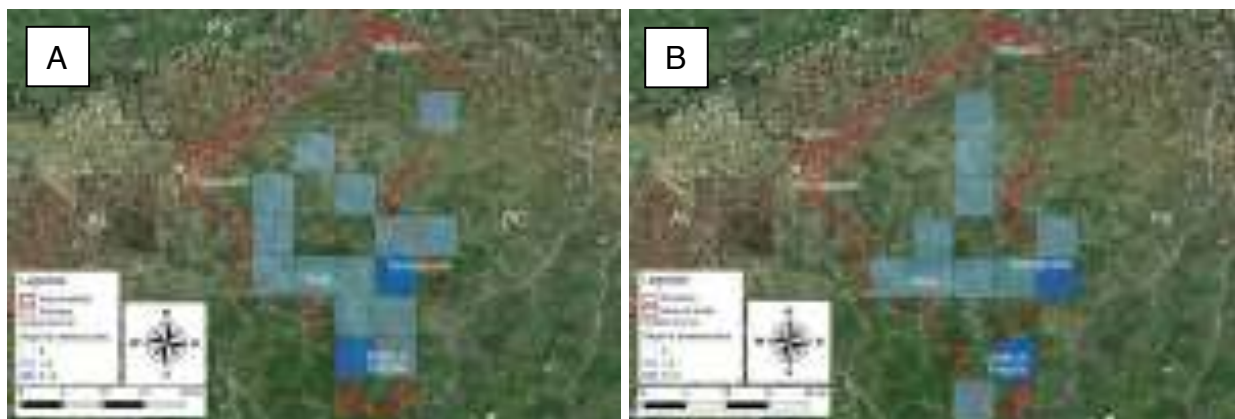
Considerando cumulativamente tutte le stagioni di campionamento, la presenza del lupo è stata registrata in 20 su 30 celle campionate, con abbondanze molto diverse tra le celle di presenza (Fig. 3.6). Le abbondanze maggiori sono state rilevate nella fascia altimetrica montana (59 contatti), in particolare nelle zone di Romagnese e Brallo di Pregola, dove è stato registrato il maggior numero di contatti relativi alla presenza del lupo (35,6% in entrambe le zone); anche nella zona a ovest di Varzi è stato registrato un buon numero di contatti (16,9%). Nella fascia dell'alta collina sono stati registrati 21 contatti e in quella di bassa e media collina solo 2.

Figura 3.6 - Numero di segni di presenza di lupo rilevati nelle celle campionate dell'Appennino Pavese nel 2018



Considerando separatamente solo le stagioni in cui il campionamento è stato completo, cioè quella estiva e quella autunnale, si osservano delle differenze sia nella localizzazione delle celle di presenza, sia nell'abbondanza di contatti rilevati nelle stesse (Fig. 3.7). Il numero di celle di presenza nella stagione estiva (15/30) è stato maggiore rispetto a quello nella stagione autunnale (12/30) e in sole 7 celle la presenza del lupo è stata rilevata in entrambe le stagioni.

Figura 3.7 - Numero di segni di presenza di lupo rilevati nelle celle campionate dell'Appennino Pavese nella stagione estiva (A) e in quella autunnale (B)



Oltre ai dati raccolti mediante il campionamento dei segni di presenza lungo i transesti, sono stati registrati 27 contatti occasionali, dei quali 13 in primavera, 8 in estate e 6 in autunno. I tipi di segni di presenza maggiormente rilevati sono stati gli escrementi ($n = 12$), seguiti dagli avvistamenti diretti ($n = 8$), dalle predazioni di capi di bestiame ($n = 3$) e, infine, dalle impronte ($n=2$) e dagli eventi di foto-trappolaggio ($n = 2$) (Fig. 3.8; 3.9).

Figura 3.8 - Percentuali dei segni di presenza occasionali rilevati nel 2018 suddivisi per tipo e stagione

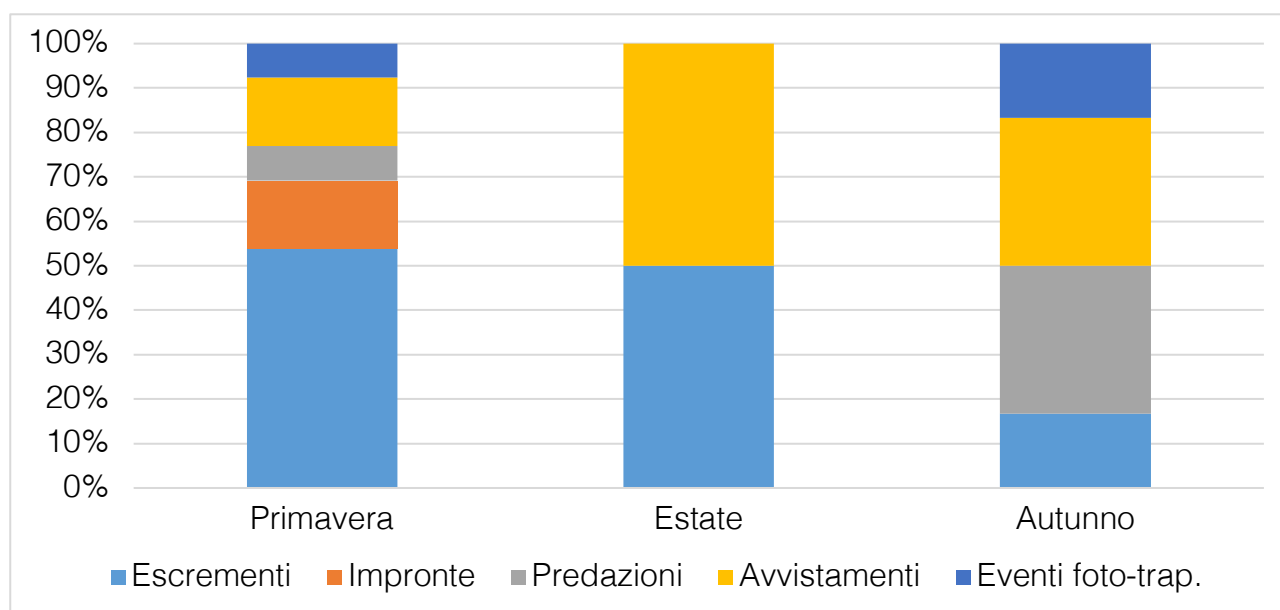


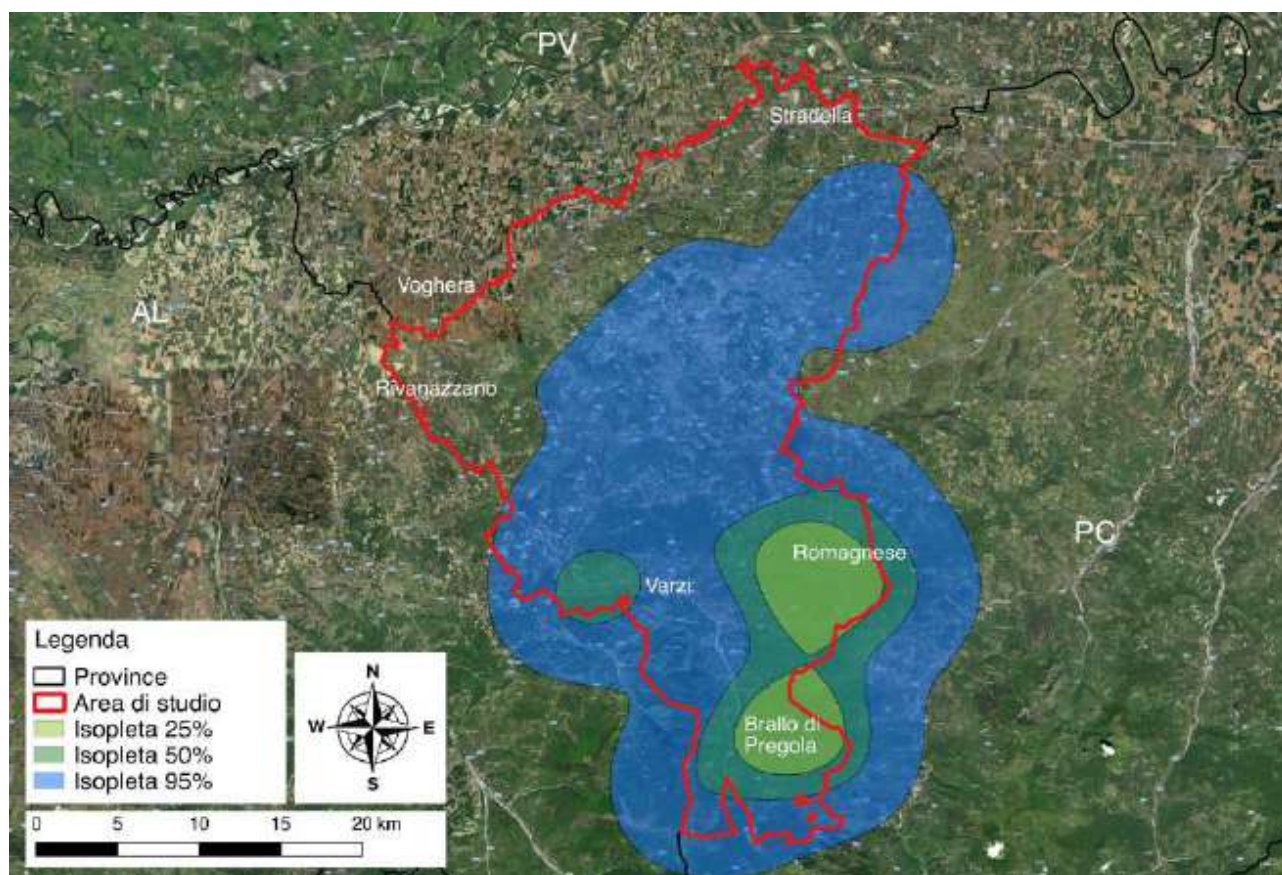
Figura 3.9 – Foto-trappolaggio di un cucciolo dell'anno



Stima della distribuzione

Tutte le osservazioni registrate tra marzo e novembre 2018 ($n = 109$) sono state utilizzate per stimare la distribuzione della specie. L'areale del lupo nell'Appennino Pavese, nelle tre stagioni considerate, è risultato pari a 861,3 km² (isopleta 95%), mentre le aree a maggior frequentazione hanno interessato una superficie pari a 232,2 km² (isopleta 50%) e 90,7 km² (isopleta 25%). Le aree a maggior frequentazione sono risultate localizzate in modo preponderante nella fascia altimetrica montana, in particolare nel triangolo tra Romagnese, Brallo di Pregola e Varzi (Fig. 3.10).

Figura 3.10 - Estensione dell'areale (isoplete al 95%) e delle aree a maggior frequentazione (isoplete al 50% e al 25%) del lupo nell'Appennino Pavese

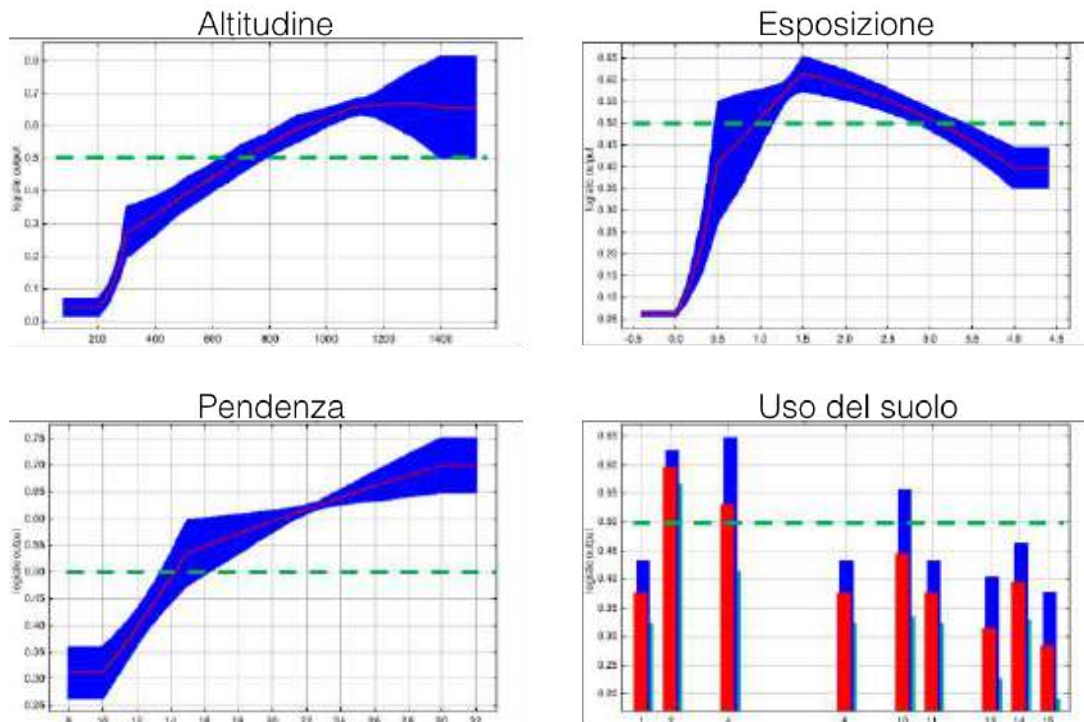


Modello d'idoneità ambientale

Tutte le variabili ambientali considerate hanno influenzato significativamente la probabilità di presenza del lupo (importanza di permutazione > 5). L'altitudine è stata la variabile più significativa, con importanza di permutazione pari a 76,1; in particolare le altitudini medie superiori ai 700 m s.l.m. hanno avuto un effetto positivo sulla probabilità di presenza del lupo. Segue l'esposizione, con importanza di permutazione pari a 8,3; in particolare le esposizioni nord-est, est e sud-est hanno avuto un effetto positivo sulla probabilità di presenza del lupo. L'uso del suolo ha avuto importanza di permutazione pari a 9,0 e le classi con effetto positivo sulla probabilità di presenza sono state i boschi di latifoglie e i rimboschimenti. Infine la pendenza, con importanza di permutazione pari a 6,5, ha avuto

un effetto positivo sulla probabilità di presenza del lupo solo con valori medi superiori a 20° (Fig. 3.11).

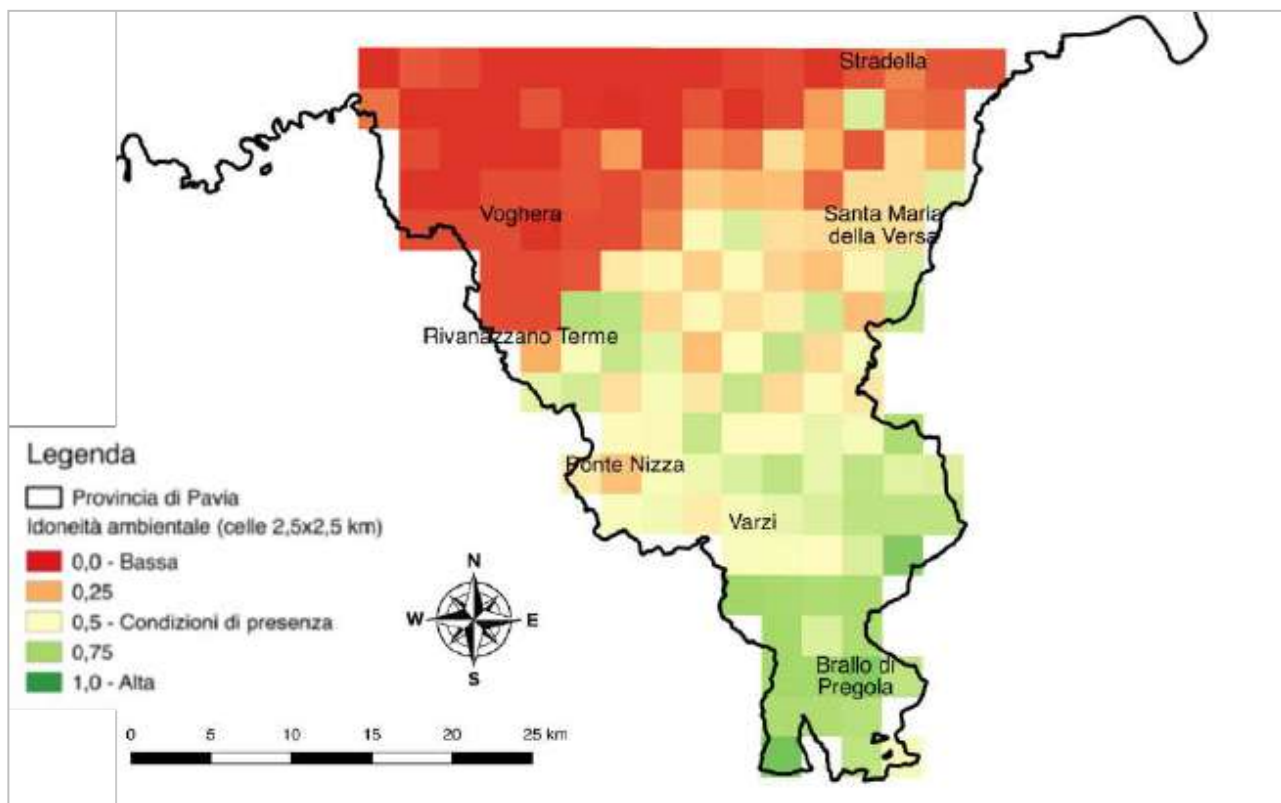
Figura 3.11 - Curve di risposta delle variabili ambientali usate per formulare il modello MaxEnt sulla probabilità di presenza del lupo in Appennino Pavese; la linea tratteggiata verde indica una probabilità di presenza pari 0,5



Considerando i risultati del test *Jackknife*, la variabile che maggiormente ha influito sul *gain* del modello è stata l'altitudine (0,55); tutte le altre hanno avuto un'influenza secondaria (< 0,25).

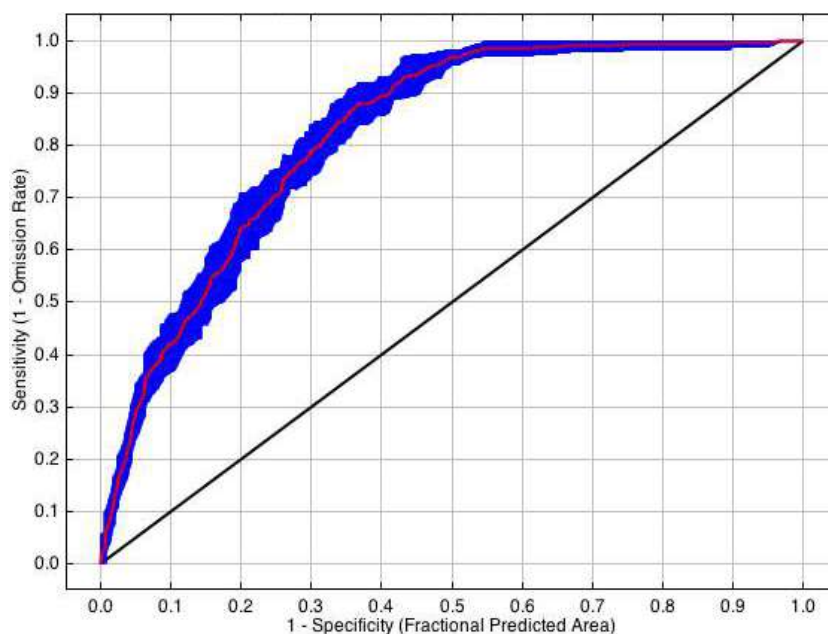
Considerando le celle con valori di probabilità di presenza > 0,5 come idonee alla presenza del lupo, la percentuale di territorio idoneo dell'Appennino Pavese è risultata pari al 35,4% (57/161), corrispondente a 356,25 km² (Fig. 3.12).

Figura 3.12 – Idoneità ambientale per il lupo del territorio dell'Appennino Pavese stimata tramite MaxEnt (dati di presenza relativi al 2018)



L'analisi di curva ROC ha evidenziato un'elevata capacità predittiva del modello formulato, con valore di $AUC \pm DS$ pari a $0,82 \pm 0,01$ (Fig. 3.13).

Figura 3.13 - Curva ROC del modello formulato per la probabilità di presenza del lupo in Appennino Pavese (in rosso) vs. curva ROC di un modello che classifica i dati casualmente (in nero)



4 ABBONDANZA DEL LUPO E DEGLI UNGULATI SELVATICI

4.1 Materiali e metodi

I segni di presenza di lupo e di ungulati selvatici rilevati lungo i transetti sono stati utilizzati per stimare l'abbondanza relativa di ciascuna specie in ciascun transetto, utilizzando l'indice chilometrico di abbondanza (IKA):

$$IKA = \frac{n^{\circ} \text{ segni di presenza}}{\text{lunghezza del transetto (km)}}$$

Per evidenziare l'esistenza di correlazioni tra l'abbondanza relativa del lupo e l'abbondanza relativa degli ungulati selvatici, è stata eseguita un'analisi di correlazione non parametrica (coefficiente di correlazione di Spearman).

Al fine di stimare il tipo di relazione (lineare, quadratica, logaritmica o esponenziale) esistente tra l'abbondanza del lupo e l'abbondanza relativa degli ungulati selvatici, sono state effettuate analisi di regressione con stima di curve. L'adattamento del modello individuato ai dati osservati è stato misurato dal valore di R^2 (varianza spiegata) e di F (significatività della regressione).

4.2 Risultati

La specie più abbondante (media $\pm$ DS) tra gli ungulati selvatici è stata il capriolo (IKA = $2,5 \pm 1,81$), seguita dal cinghiale (IKA = $2,2 \pm 1,60$). Il daino (IKA = $0,2 \pm 0,35$) e il cervo (IKA = $0,1 \pm 0,26$) sono risultati meno abbondanti e più localizzati.

Considerando le stagioni, il capriolo è stata la specie più abbondante in primavera ed estate, mentre il cinghiale è stata la specie più abbondante in autunno (Fig. 4.1). Considerando le fasce altimetriche, il cinghiale è risultata la specie più abbondante nella bassa e media collina, mentre il capriolo nell'alta collina (Fig. 4.2).

Figura 4.1 - Variazioni stagionali nei valori di abbondanza relativa (IKA) degli ungulati selvatici nell'Appennino Pavese nel 2018

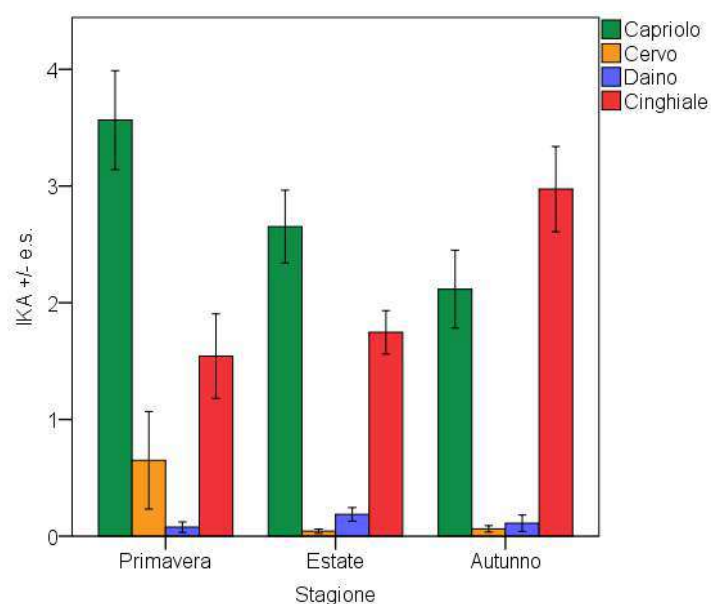
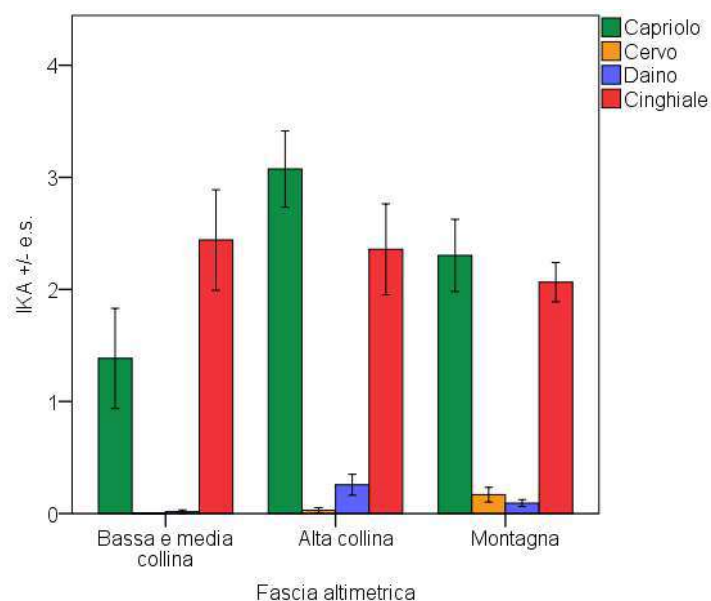


Figura 4.2 - Variazioni altimetriche nei valori di abbondanza relativa (IKA) degli ungulati selvatici nell'Appennino Pavese nel 2018



L'abbondanza relativa media ($IKA \pm DS$) stimata per il lupo è stata pari a $0,2 \pm 0,33$. Non sono state riscontrate differenze nell'abbondanza relativa del lupo tra le diverse stagioni; al contrario, l'abbondanza relativa del lupo è aumentata all'aumentare della fascia altimetrica (Tab. 4.1).

Tabella 4.1 - Variazioni stagionali e altimetriche nei valori di abbondanza relativa (IKA) del lupo nell'Appennino Pavese nel 2018

Stagione	$IKA \pm DS$	Fascia	$IKA \pm DS$
Primavera	$0,3 \pm 0,28$	Bassa collina	$0,1 \pm 0,08$
Estate	$0,2 \pm 0,39$	Alta collina	$0,2 \pm 0,22$
Autunno	$0,2 \pm 0,25$	Montagna	$0,3 \pm 0,43$

E' emersa una sola correlazione positiva statisticamente significativa tra l'abbondanza relativa del lupo e quella del capriolo durante la stagione primaverile ($r_s = 0,341$; $p = 0,002$). Non sono invece emerse relazioni significative di alcun tipo tra l'abbondanza relativa del lupo e quella delle diverse specie di ungulati selvatici.

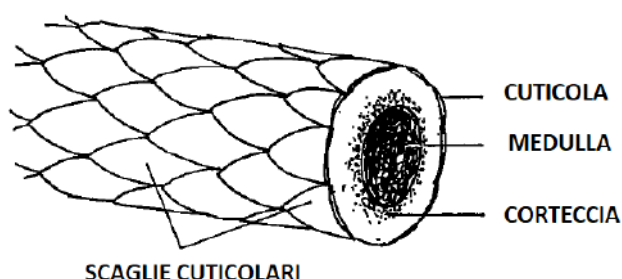
5.1 Materiali e metodi

Analisi dei campioni

La dieta del lupo è stata studiata attraverso l'analisi dei resti non digeriti delle prede presenti negli escrementi. Questi sono stati conservati in sacchetti in PVC in congelatore a una temperatura di -20°C per un minimo di 30 giorni prima di essere analizzati, al fine di eliminare eventuali patogeni presenti e ridurre al minimo il rischio biologico. Una volta trascorso il tempo prestabilito, i campioni sono stati lavati sotto acqua corrente e, tramite l'utilizzo di setacci con maglie progressivamente decrescenti (da 1,5 mm a 0,1 mm), sono stati separati i resti non digeriti dal materiale amorfo. I resti non digeriti includono le componenti macroscopiche utili all'identificazione delle specie consumate, ovvero peli, frammenti ossei e cartilaginei, semi e vegetali; tra questi, sono stati presi in considerazione in modo particolare i peli per identificare le specie preda consumate.

I peli sono stati sgrassati in alcool etilico e, dopo una prima analisi macroscopica per valutarne la lunghezza, lo spessore, il colore, la bandeggiatura e l'ondulazione, sono stati sottoposti a un'analisi al microscopio ottico, utilizzando diversi ingrandimenti (4X, 10X, 20X, 40X) e sfruttando la possibilità di un confronto con una collezione di campioni di provenienza certa e manuali di riferimento (Brunner e Coman 1974, Debrot et al. 1982, Teerink 1991, De Marinis e Asprea 2006). L'osservazione delle diverse parti che compongono il pelo (cuticola, corteccia e medulla) nelle diverse zone (bulbo, stelo, scudo) ne consente l'identificazione specifica (Fig. 5.1).

Figura 5.1 – Caratteristiche del pelo (tratto da Teerink 1991)



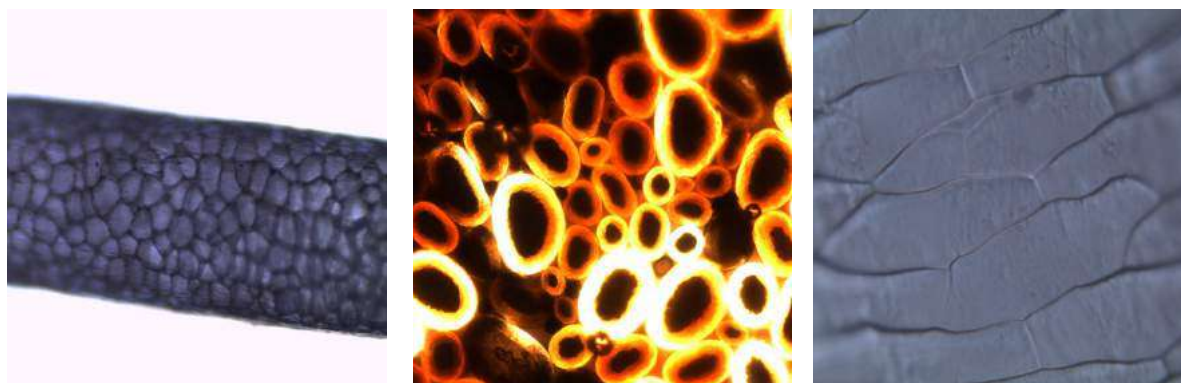
La sezione longitudinale dei peli è stata valutata a maggior ingrandimento (10X e 20X) per osservare principalmente la forma, la grandezza e la disposizione delle cellule che compongono la medulla, ma anche il profilo della cuticola e lo spessore della corteccia. La medulla è formata da cellule morte e strettamente adiacenti, ma con caratteristiche (ampiezza e pattern cellulare) peculiari e utili per la determinazione specifica (Brunner e Coman 1974) (Fig. 5.2).

La sezione trasversale dei peli è stata valutata in quei casi in cui non è stato possibile discriminare la specie attraverso la sezione longitudinale, ad esempio per specie

appartenenti allo stesso genere o famiglia. L'osservazione al microscopio della sezione permette di valutarne la forma e la dimensione, la presenza e lo spessore dello spazio cuticolare, tutti caratteri utili per identificare la specie (Fig. 5.2).

Similmente, l'impronta cuticolare è stata valutata in caso in cui le sezioni precedenti non fossero conclusive, poiché la forma e distribuzione delle scaglie cuticolari sono, in alcuni casi, dei caratteri che permettono l'identificazione della specie (Fig. 5.2).

Figura 5.2 – Sezione longitudinale (20X), trasversale (20X) e impronta cuticolare (40X) di pelo di capriolo



Per gli ungulati selvatici, oltre alla specie, sono state identificate le classi d'età. I peli dei giovani cervidi sono distinguibili da quelli dagli adulti solo fino a circa 5 mesi d'età, vale a dire fino alla prima muta. La medulla negli adulti riempie l'intera ampiezza del pelo rendendo la corteccia non visibile al microscopio, mentre nei giovani ha margine dentellato; inoltre la sua struttura del bulbo del pelo, alla base frammentata nei giovani, s'interrompe improvvisamente negli adulti. La cuticola è formata da scaglie con una forma a onda irregolare nei giovani e regolare negli adulti. Infine, si tiene in considerazione anche la stagione, in quanto i giovani cervidi nascono in primavera e sono distinguibili solo fino ai primi mesi autunnali. I peli dei giovani cinghiali sono invece distinguibili da quelli degli adulti (> 12 mesi) in base a caratteristiche macroscopiche, quali spessore, colore e forma delle setole; si distinguono due classi di giovani cinghiali: gli striati (≤ 5 mesi) e i rossi (6-12 mesi).

I dati relativi a ogni campione sono stati registrati su apposite schede, riportandone la categoria alimentare e la specie corrispondente, indicando la classe d'età (nel caso di ungulati selvatici), il volume percentuale a vista, il volume percentuale della biomassa ingerita, la media percentuale ed eventuali osservazioni.

Dimensione del campione

L'adeguatezza dello sforzo di campionamento relativo al numero di campioni analizzati per studiare la dieta del lupo è stata determinata con il calcolo dell'indice di diversità di Brillouin (Brillouin 1956, Glen e Dickman 2006):

$$H_b = \frac{\ln N! - \sum \ln n_i}{N}$$

dove H_b è la diversità di prede nel campione, N è il numero totale dei taxa delle singole prede in tutti i campioni e n_i è il numero dei taxa delle singole prede nell' i -esima categoria. L'intervallo dell'indice varia da 0 a 4,5. È stata ottenuta una curva di diversità ricampionando i campioni in un intervallo da 4 a 100 campioni con un incremento di due. Per ogni campione è stato determinato un valore di H_b , poi ricampionato 1000 volte col metodo bootstrap per ottenere una media e i relativi intervalli fiduciali al 95%. L'adeguatezza dello sforzo di campionamento si determina con il raggiungimento di un asintoto da parte della curva di diversità e da parte di un'altra curva calcolata dall'incremento del valore di H_b con l'aggiunta di due campioni.

Caratteristiche generali della dieta e variazioni temporali e spaziali

Per l'analisi quantitativa del contenuto degli escrementi è stato considerato il volume medio percentuale come stima della biomassa ingerita, secondo il metodo proposto da Kruuk e Parish (1981). Sulla base delle dimensioni medie relative delle diverse specie consumate, a ognuna è stata assegnata una delle seguenti classi volumetriche: < 1%, 1-5%, 6-25%, 26-50%, 51-75%, 76-95%, >96%; queste sono poi state convertite in valori medi: 0,5%, 2,5%, 15,5%, 38%, 63%, 85,6%, 98% rispettivamente.

Per il calcolo del volume medio percentuale è stata adottata la seguente formula:

$$V_m \% = \frac{\sum \text{volume\% della categoria } i\text{-esima in ogni escremento}}{N^\circ \text{ totale di escrementi}}$$

Le differenze temporali (stagionali) e spaziali (tra fasce altimetriche) dei volumi medi percentuali delle categorie alimentari sono state analizzate con l'Analisi della Varianza Multivariata non parametrica (NPMANOVA; Anderson 2001, Hammer 2010), con permutazione (10000 repliche) e confronti a coppie, utilizzando la correzione di Bonferroni. Inoltre, le differenze delle specie di ungulati selvatici consumate sono state verificate mediante Analisi della Varianza non parametrica (Test di Kruskal-Wallis) con permutazione (10000 repliche) e confronti a coppie con il valore di probabilità corretto secondo il metodo di Dunn (1964).

Ampiezza della dieta

L'ampiezza della dieta è stata calcolata con l'indice B di Levins standardizzato (Feinsinger e Spears 1981):

$$B = \frac{1}{R} \sum p_i^2$$

dove p_i è la proporzione di utilizzo di ogni categoria alimentare calcolata dai volumi medi percentuali e R è il numero di categorie alimentari utilizzate. Il valore dell'indice varia da $1/R$, quando la specie utilizza una sola categoria alimentare (minima ampiezza della

dieta), a 1, quando tutte le categorie alimentari vengono utilizzate in proporzione uguale (massima ampiezza della dieta). Per ottenere una stima della variabilità dei valori dell'indice, i campioni sono stati ricampionati 1000 volte con il metodo bootstrap e l'indice di ampiezza della dieta è stato calcolato per ogni campione. È stato così possibile determinare gli intervalli fiduciali al 95% dell'indice (Dixon 1993, Hesterberg et al. 2005).

Selezione delle specie di ungulati selvatici

Per stabilire la selezione (positiva o negativa) per le specie di ungulati selvatici rispetto alla loro disponibilità, la proporzione di ciascuna specie osservata nella dieta è stata confrontata con quella stimata tramite l'abbondanza relativa registrata durante il campionamento (IKA). A tal fine è stato calcolato l'indice α di Manly (Manly 2003):

$$\alpha_i = \frac{PU_i}{PD_i} * \frac{1}{\sum \frac{PU_i}{PD_i}}$$

dove PU_i è la proporzione d'uso della categoria i -esima calcolata dalla biomassa stimata e PD_i è la proporzione di disponibilità della categoria i -esima, ovvero la proporzione di segni di presenza rilevati sui transetti per ogni specie. Quando non c'è preferenza $\alpha = 1/n$, per ciascun $i = 1, \dots, n$. Se α è maggiore di $1/n$ allora la specie i è selezionata; al contrario, se è minore di $1/n$, la specie è usata in misura inferiore alla disponibilità. Per verificare l'affidabilità dell'indice, i campioni sono stati ricampionati 1000 volte con il metodo bootstrap. Quindi sono stati calcolati gli intervalli fiduciali al 95% per verificare l'esistenza di differenze significative.

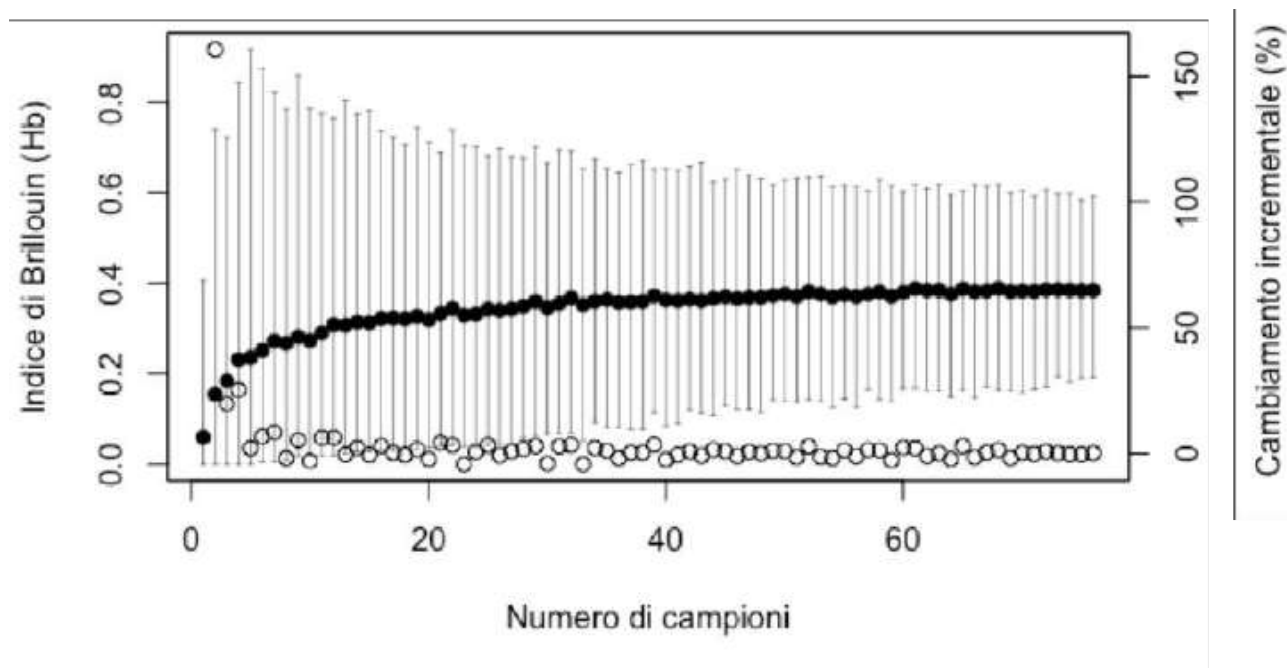
5.2 Risultati

Dimensione del campione

Sono stati analizzati 76 escrementi per studiare la dieta del lupo in Appennino Pavese, raccolti tra marzo e novembre 2018; in particolare, 6 escrementi sono stati raccolti durante la primavera, 40 durante l'estate e 30 durante l'autunno. Considerando le fasce altimetriche, 5 escrementi sono stati raccolti nella bassa e media collina, 19 nell'alta collina e 52 nella zona montana.

L'analisi effettuata mettendo in relazione l'indice di diversità di Brillouin con la dimensione del campione analizzato ha evidenziato che lo sforzo di campionamento è stato adeguato e che la dimensione complessiva del campione ($n = 76$) può essere considerata rappresentativa della dieta del lupo. Infatti, la curva di diversità raggiunge un asintoto e il cambiamento incrementale scende sotto l'1% con un campione di 8 escrementi (Fig. 5.3).

Figura 5.3 - Relazione tra l'indice di diversità di Brillouin (Hb) e la dimensione del campione raccolto e analizzato nel 2018



Caratteristiche generali della dieta e variazioni temporali e spaziali

L'analisi degli escrementi ha permesso di individuare 9 specie di mammiferi raggruppate in 4 categorie alimentari, oltre a 2 categorie vegetali:

- ungulati domestici o bestiame (*Bos taurus*);
- ungulati selvatici (*Sus scrofa*, *Capreolus capreolus*, *Dama dama*, *Cervus elaphus*);
- micromammiferi (*Talpa europaea*, *Glis glis*, *Muscardinus avellanarius*);
- mesomammiferi (*Lepus europaeus*);
- frutta (*Vitis sp.*, *Prunus avium*);

- vegetali (Graminacee).

La dieta è risultata principalmente composta da ungulati selvatici (Volume Medio Percentuale $\pm$ ES = $90,1 \pm 2,80$) rappresentati principalmente da capriolo (VM% $\pm$ ES = $70,2 \pm 4,90$); la seconda specie più consumata è stata il cinghiale (VM% $\pm$ ES = $12,1 \pm 3,60$), mentre il cervo (VM% $\pm$ ES = $2,6 \pm 1,80$) e il daino (VM% $\pm$ ES = $5,2 \pm 2,50$) sono stati consumati occasionalmente. Tutte le altre categorie alimentari sono state consumate occasionalmente (VM% complessivo = 10,5) (Fig. 5.4 e Tab. 5.1).

Figura 5.4 - Volume medio percentuale ($\pm$ ES) delle categorie alimentari consumate dal lupo nell'Appennino Pavese nel 2018

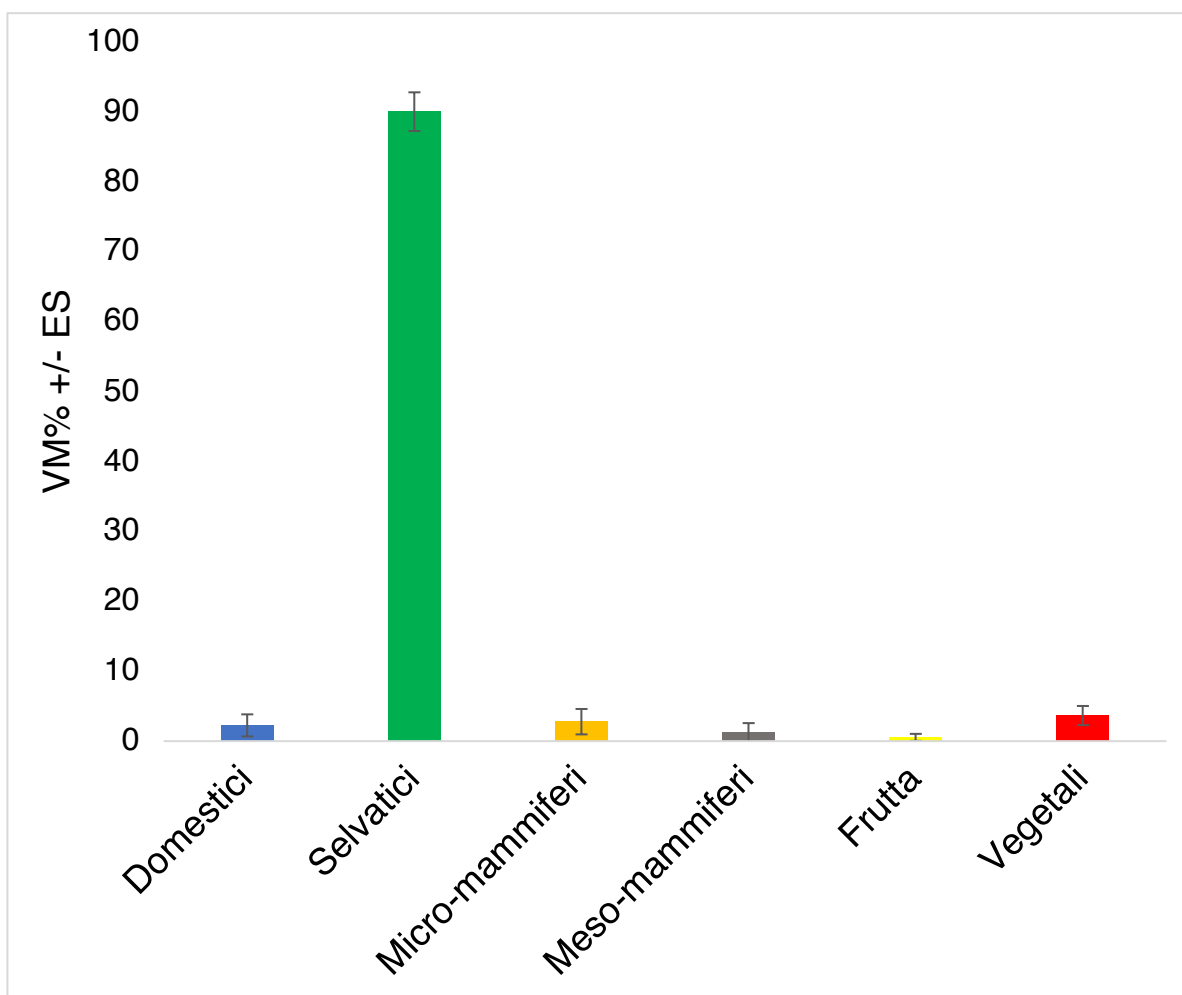


Tabella 5.1 - Volume medio percentuale ($\pm$ ES) delle categorie alimentari e delle specie consumate dal lupo nell'Appennino Pavese nel 2018

Categorie e specie	VM%	ES
Ungulati domestici	2,3	1,6
<i>Bos taurus</i>	85,6	0,0
Ungulati Selvatici	90,1	2,8
<i>Capreolus capreolus</i>	70,2	4,9
<i>Sus scrofa</i>	12,1	3,6
<i>Cervus elaphus</i>	2,6	1,8
<i>Dama dama</i>	5,2	2,5
Meso-mammiferi	1,3	1,3
<i>Lepus europaeus</i>	98,0	0,0
Micro-mammiferi	2,8	1,8
<i>Talpa europaea</i>	15,5	0,0
<i>Glis glis</i>	98,0	0,0
<i>Muscardinus avellanarius</i>	98,0	0,0
Frutta	0,5	0,5
<i>Prunus avium</i>	1,5	1,0
<i>Vitis sp.</i>	38,0	0,0
Vegetali	3,7	1,4

Non sono emerse differenze significative tra i volumi medi percentuali delle categorie alimentari consumate nelle diverse stagioni ($F = 1,63$; $p = 0,115$) o nelle diverse fasce altitudinali ($F = 4,72$; $p = 0,778$) (Fig. 5.5 e 5.6).

Considerando le singole specie di ungulati selvatici, è emersa una differenza significativa nel consumo del cinghiale sia considerando le stagioni ($H = 6,51$; g.l. = 2; $p = 0,039$), sia considerando le fasce altimetriche ($H = 6,44$; g.l. = 2; $p = 0,040$). In particolare, il consumo di cinghiale è stato maggiore in primavera rispetto all'estate ($H = 14,79$; $p = 0,012$) ed è stato minore in montagna rispetto all'alta collina ($H = 7,23$; $p = 0,045$). Non sono emerse invece differenze significative tra i volumi medi percentuali delle specie di cervidi consumate nelle diverse stagioni o nelle diverse fasce altitudinali (Fig. 5.7 e 5.8).

Figura 5.5 - Volume medio percentuale ($\pm$ E.S.) delle categorie alimentari consumate dal lupo nell'Appennino Pavese nelle diverse stagioni

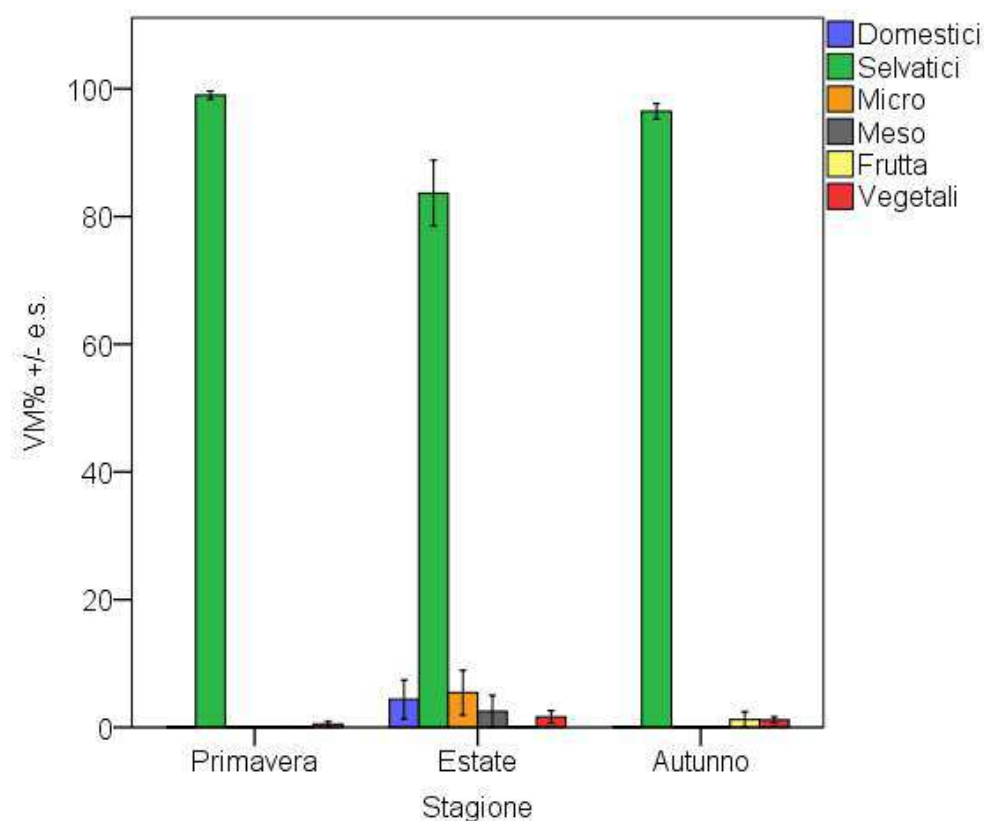


Figura 5.6 - Volume medio percentuale ($\pm$ ES) delle categorie alimentari consumate dal lupo nell'Appennino Pavese nelle diverse fasce altimetriche

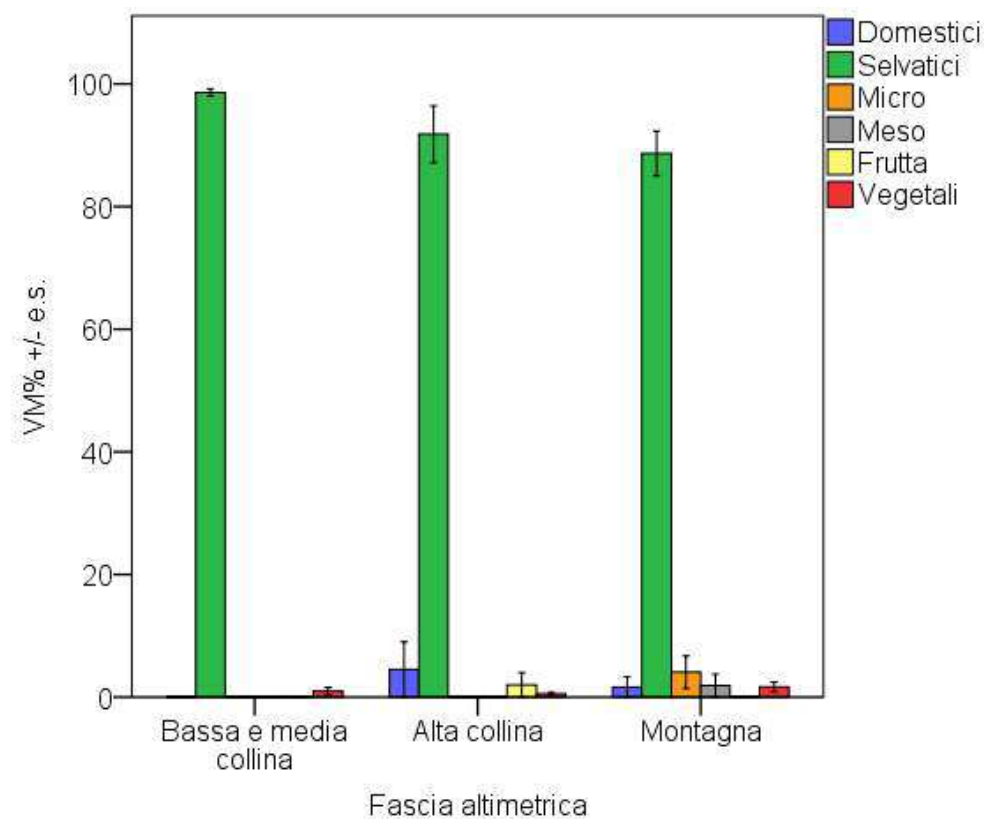


Figura 5.7 - Volume medio percentuale ($\pm$ ES) delle specie di ungulati selvatici consumate dal lupo nell'Appennino Pavese nelle diverse stagioni

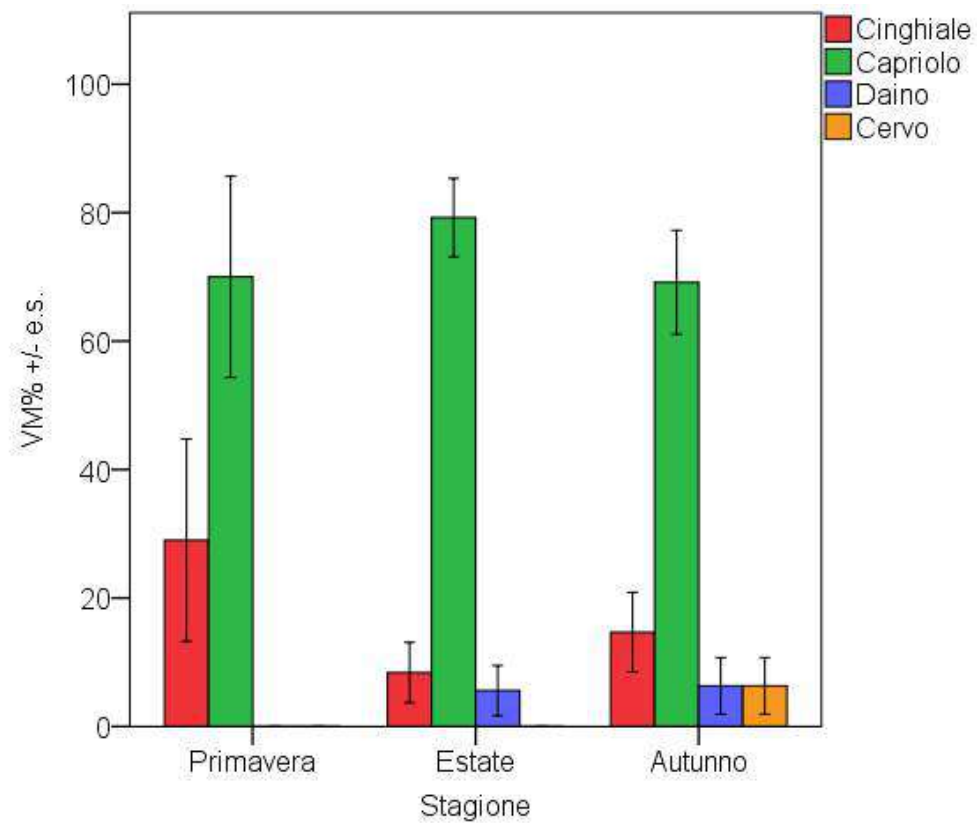
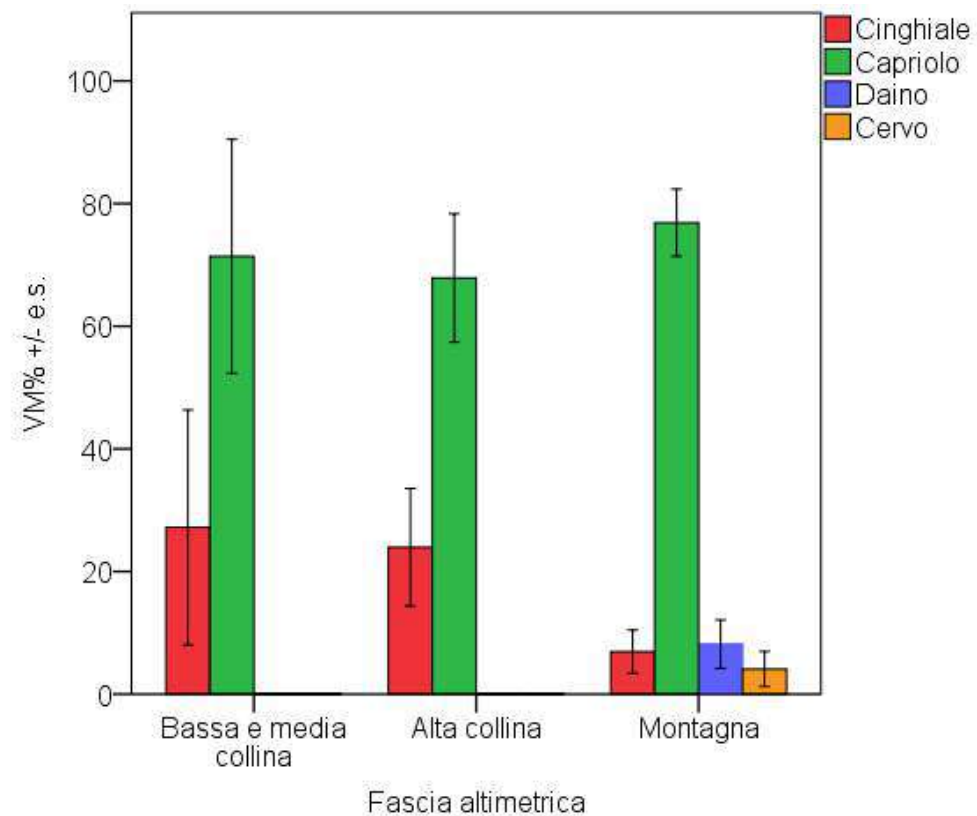


Figura 5.8 - Volume medio percentuale ($\pm$ ES) delle specie di ungulati selvatici consumate dal lupo in Appennino Pavese nelle diverse fasce altimetriche



Considerando le diverse classi d'età degli ungulati selvatici, è emersa una generale preferenza per gli individui adulti o, comunque sopra i 5 mesi d'età. Nel 54,5% dei casi sono stati consumati cinghiali sopra i 12 mesi d'età, nel 36,4% dei casi sono invece stati consumati cinghiali giovani fino a 5 mesi, infine nel 9,1% dei casi sono stati consumati cinghiali giovani tra 6 e 12 mesi. Considerando il capriolo, nell'84,2% dei casi sono stati consumati individui sopra i 5 mesi, mentre nel 15,8% dei casi sono stati consumati individui sotto i 5 mesi d'età. Per quanto riguarda il daino, in soli due casi su quattro è stato possibile identificare la classe d'età dell'individuo consumato (sopra 5 mesi in entrambi i casi); invece considerando i due casi di consumo di cervo, uno è stato identificato come adulto e l'altro come giovane.

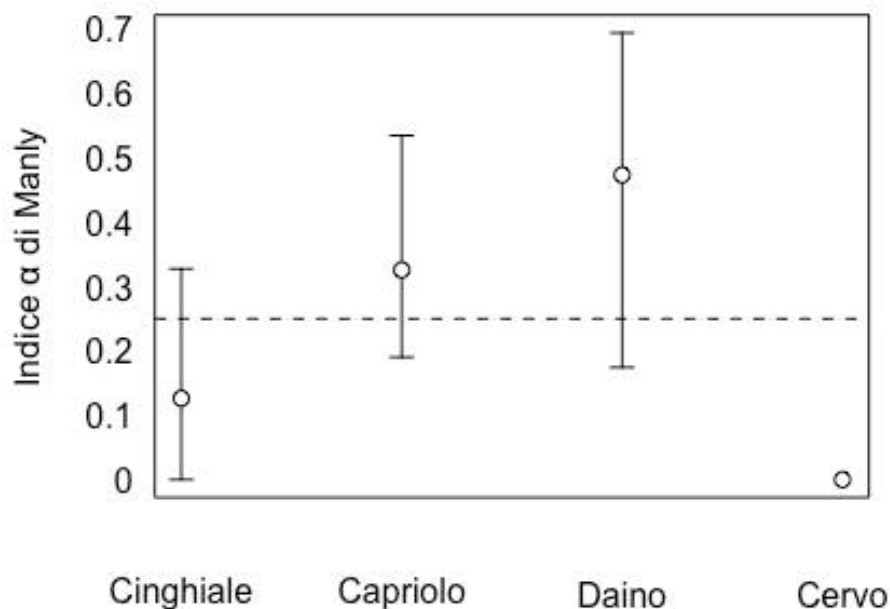
Ampiezza della dieta

L'ampiezza della dieta del lupo è risultata complessivamente ridotta ($\alpha = 0,198$; Intervallo Fiduciale = $0,178 - 0,224$).

Selezione delle specie di ungulati selvatici

Tutte le specie di ungulati selvatici sono state consumate al pari della disponibilità, ad eccezione del cervo che è stato consumato in misura inferiore alla disponibilità (Fig. 5.9).

Figura 5.9 – Uso delle diverse specie di ungulati selvatici nella dieta del lupo in Appennino Pavese nel 2018 in relazione alla loro disponibilità (la linea tratteggiata, $\alpha = 0,25$, indica un consumo pari alla disponibilità)



6 PREDAZIONI

6.1 Materiali e metodi

L'impatto del lupo sulla zootecnia è stato valutato analizzando i dati relativi alle predazioni denunciate ufficialmente presso l'Ufficio Territoriale Regionale (UTR) di Pavia dal 2006 al 2018; inoltre sono state raccolte informazioni presso le aziende zootecniche su casi di predazione non ufficialmente denunciati, ma ritenuti attendibili (p. es. supportati da documentazione fotografica).

Come casi di predazione sono stati considerati quelli in cui l'animale allevato è stato solo ferito, quelli in cui l'animale è stato ucciso ma non consumato e quelli in cui l'animale è stato ucciso e consumato.

Sono quindi stati registrati per ogni anno:

- il numero di allevamenti che hanno subito predazioni;
- il numero di eventi di predazione;
- il numero di capi predati, in totale, e per ogni evento di predazione;
- le specie predate in ogni evento.

Gli allevamenti che hanno subito predazioni sono stati classificati per:

- dimensione: numero di capi allevati;
- specie allevata: bovini, ovini e caprini;
- modalità: brado tutto l'anno, brado nel periodo estivo, stabulato;
- orientamento produttivo: carne, lana, latte, misto, autoconsumo, riproduzione, linea vacca-vitello (solo per i bovini), compagnia;
- grado di sorveglianza: costante, saltuaria (controllo ogni 2-3 giorni), assente;
- misure di prevenzione: nessuna, cani da guardia, ricovero notturno, recinzioni antilupo, stabulazione delle fattrici.

È stata valutata la significatività delle variazioni annuali del numero di aziende che hanno subito predazioni, della frequenza degli eventi di predazione e del numero di capi predati mediante test del Chi-quadrato per l'adattamento di una distribuzione osservata a una attesa. Le frequenze attese sono state calcolate secondo un'ipotesi d'equipartizione, vale a dire assumendo che le variabili sopra citate avessero valori costanti negli anni.

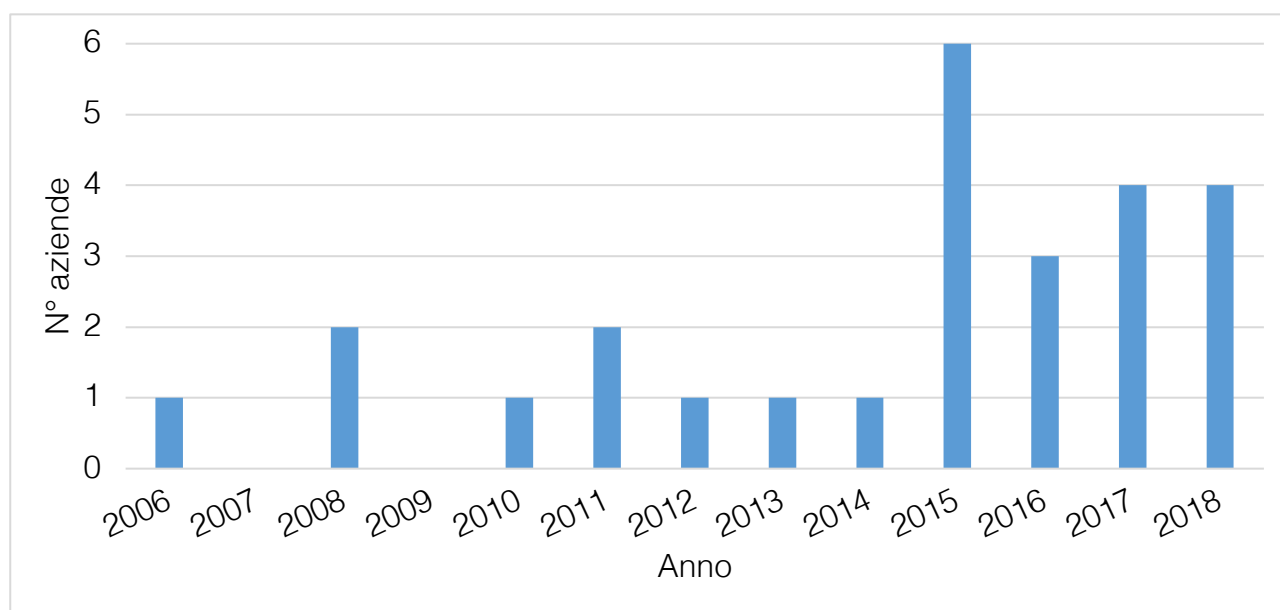
Inoltre è stata verificata la tendenza (positiva o negativa), nel periodo considerato, del numero di aziende zootecniche che hanno subito predazioni, degli eventi e dei capi predati con analisi di regressione con stima di curve utilizzando come variabile indipendente il tempo in anni.

Ogni evento di predazione registrato è stato georeferenziato utilizzando il software QGIS.

6.2 Risultati

Dal 2006 al 2018, 23 aziende zootecniche presenti in Appennino Pavese hanno subito eventi di predazione riconducibili al lupo; di queste 13 hanno denunciato i danni e 10 no. Su 23 aziende, 3 hanno subito più predazioni nel corso degli anni. Il numero di allevamenti predati è aumentato dal 2006 al 2018, con un picco nel 2015 ($n = 6$), ma le variazioni annuali non sono risultate significative ($X^2 = 19,0$; g.l. = 12; $p = 0,089$) (Fig. 6.1).

Figura 6.1 – Aziende zootecniche che hanno subito predazioni da parte del lupo tra il 2006 e il 2018

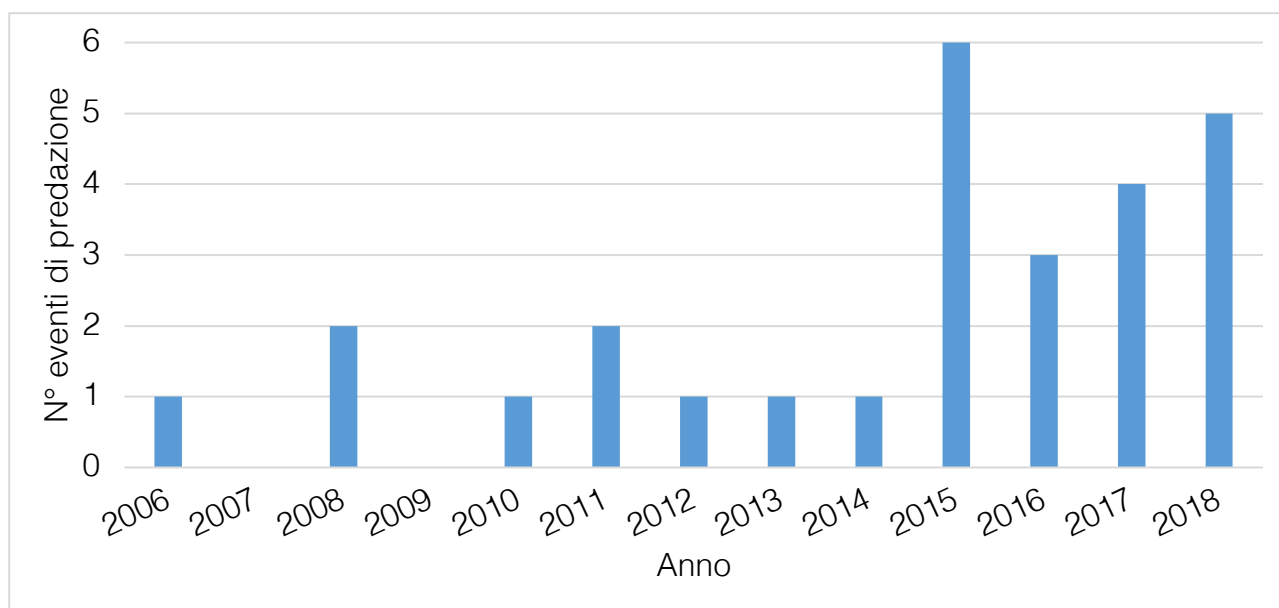


Gli eventi di predazione ufficialmente denunciati sono stati 16 e a questi ne sono stati aggiunti 11 non ufficiali, ma registrati durante l'indagine perché ritenuti attendibili, per un totale di 27 eventi di predazione. Il numero di eventi di predazione è complessivamente aumentato dal 2006 al 2018, con un picco nel 2015 ($n = 6$) e le variazioni annuali sono risultate al limite della significatività ($X^2 = 20,7$; g.l. = 12; $p = 0,055$) (Fig. 6.2).

Gli eventi a carico di aziende di bovini sono stati 10, di cui 7 a carico di aziende il cui orientamento produttivo era la linea vacca-vitello e 2 a carico di aziende da carne; 1 evento è avvenuto in un'azienda il cui orientamento produttivo non era conosciuto. Gli eventi a carico di aziende di caprini sono stati 10, di cui 2 eventi a carico di aziende con orientamento produttivo da latte, 4 a carico di aziende da carne, 1 evento a carico di un'azienda con orientamento produttivo misto (latte e carne) e 2 a carico di caprini da compagnia; 1 evento è avvenuto in un'azienda il cui orientamento produttivo non era conosciuto. Infine, gli eventi a carico di aziende di ovini sono stati 10, di cui 9 eventi a carico di aziende con orientamento produttivo da carne e 1 evento a carico di un'azienda con orientamento produttivo misto (latte e carne).

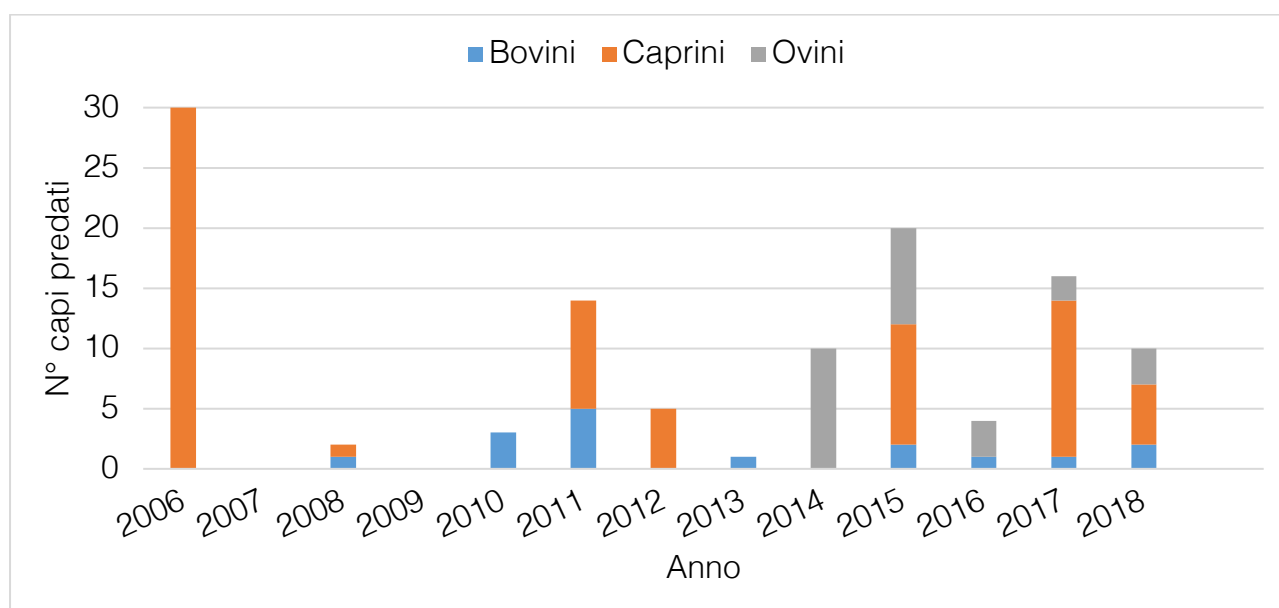
In 2 eventi di predazione sono stati predati capi appartenenti a specie allevate diverse (bovini, caprini e ovini simultaneamente).

Figura 6.2 – Eventi di predazione riconducibili al lupo avvenuti tra il 2006 e il 2018



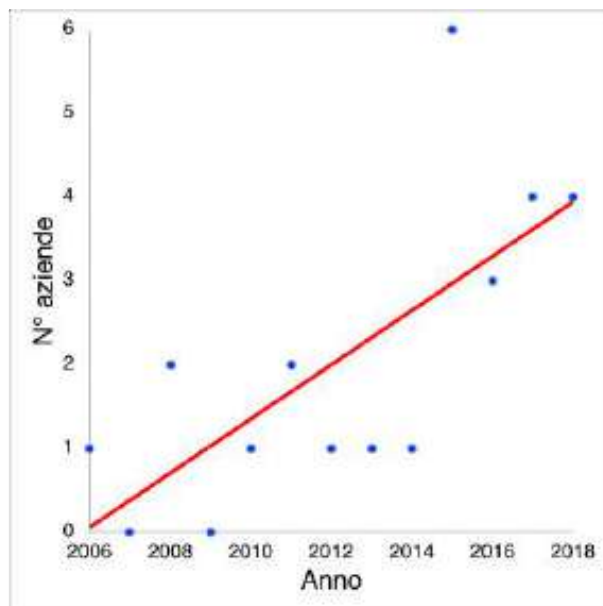
In totale sono stati predati 116 capi di bestiame, di cui 16 bovini, 73 caprini, 26 ovini, 1 equino. Il numero medio ($\pm$ DS) di capi predati per singolo evento è stato $4,3 \pm 5,8$ (min. = 1; max. = 30). Il numero di capi predati non è aumentato dal 2006 al 2018, poiché il picco è stato nell'anno 2006 ($n = 30$); le variazioni annuali sono risultate statisticamente significative ($X^2 = 106,3$; g.l. = 12; $p < 0,001$) (Fig. 6.3).

Figura 6.3 – Capi di bestiame predati dal lupo tra il 2006 e il 2018



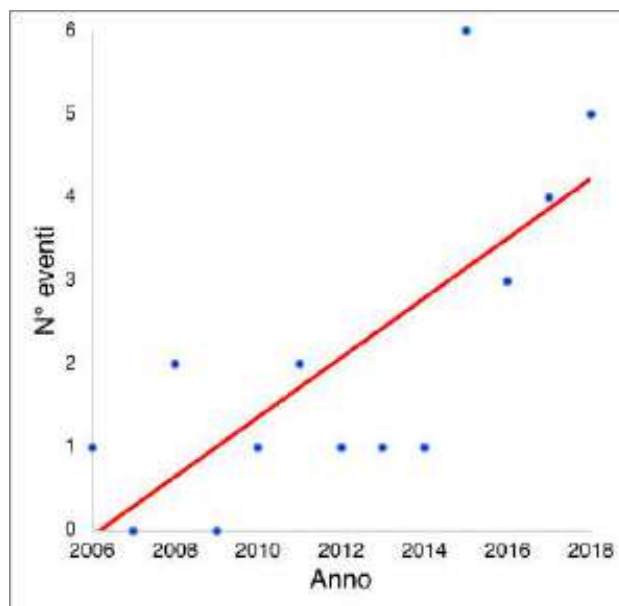
Il numero di aziende che hanno subito predazioni ha avuto una tendenza positiva negli anni spiegata da un modello lineare ($F = 11,15$; g.l. = 11; $p = 0,007$; $R^2 = 0,503$; $y = 0,32x - 0,27$) (Fig. 6.4).

Figura 6.4 - Tendenza del numero di aziende che hanno subito predazioni dal 2006 al 2018



Similmente, il numero di eventi di predazione ha avuto una tendenza positiva negli anni spiegata da un modello lineare ($F = 12,96$; g.l. = 11; $p = 0,004$; $R^2 = 0,541$; $y = 0,36x - 0,42$) (Fig. 6.5).

Figura 6.5 - Tendenza del numero di eventi di predazione dal 2006 al 2018



Diversamente dai casi precedenti, non è emersa alcuna tendenza significativa del numero di capi predati negli anni.

7 MODELLO DEL RISCHIO DI PREDAZIONE

7.1 Materiali e metodi

Dai dati ufficiali forniti dall'ATS di Pavia relativi alle aziende zootecniche presenti nell'Appennino pavese, sono state individuate quelle aziende con numerosità media annua di capi allevati e/o numero di capi allevati al momento del sopralluogo da parte dei tecnici dell'ATS ≥ 5 ; questa prima scrematura è stata fatta per eliminare quelle piccole aziende che, verosimilmente, possiedono pochi capi stabulati finalizzati all'autoconsumo. Per le aziende rimanenti è stata fatta una ricerca in rete al fine di trovarne l'indirizzo e/o il numero di telefono. Mediante intervista telefonica e sopralluogo presso l'azienda, sono state individuate quelle aziende che effettuano stagioni di alpeggio o utilizzano il pascolo regolarmente, escludendo quindi le aziende zootecniche a stabulazione fissa.

Le aree di pascolo sono state classificate secondo alcuni importanti fattori, quali:

- specie presente (bovini, caprini, ovini);
- consistenza (numero di capi attuale);
- periodo di pascolo (annuale o stagionale);
- ricovero notturno (presente o assente);
- grado di sorveglianza da parte dell'allevatore (costante, saltuaria, assente);
- utilizzo di recinzioni contenitive per il bestiame (presente o assente);
- utilizzo di recinzioni preventive anti-predatorie (presente o assente);
- utilizzo di cani da guardia del bestiame (sì o no) e numero di cani;
- parti sul pascolo (sì o no);
- tipologia dell'area di pascolo (adiacente all'azienda, dislocata rispetto all'azienda, alpeggio);
- predazioni subite (verificate o supposte) tra il 2006 e il 2018 (sì o no).

Inoltre, sono state considerate alcuni variabili di forma:

- perimetro;
- area;
- indice di forma: $IF = 2\pi \sqrt{\frac{A}{\pi}} / 2p$.

Utilizzando i dati relativi all'uso del suolo della provincia di Pavia (DUSAF, 2015), sono state misurate le proporzioni delle seguenti variabili all'interno delle aree di pascolo:

- aree boscate;
- aree aperte (prati e pascoli e seminativi);

nonché le distanze delle aree di pascolo da:

- aree urbane;
- aree boscate;

- aree aperte.

Infine, utilizzando il DTM sono stati calcolati i valori medi per ciascuna area di pascolo di:

- altitudine;
- esposizione;
- pendenza.

Le frequenze delle variabili categoriche considerate nelle aree di pascolo predate e in quelle non predate sono state confrontate mediante test del Chi-quadrato; le differenze nelle medie delle variabili continue considerate nelle aree di pascolo predate e in quelle non predate sono state valutate attraverso il test t di Student per un campione.

Utilizzando le variabili per cui è emersa una differenza significativa nelle aree di pascolo predate e in quelle non predate, è stato formulato un modello predittivo della probabilità di predazione da parte del lupo attraverso l'Analisi di Regressione Logistica Binaria (ARLB), considerando come variabile dipendente le aree di pascolo predate (1) e non predate (0).

E' stata utilizzata la procedura *per blocchi*, che comporta l'aggiunta simultanea di tutte le variabili indipendenti (predittori) e che sono quindi valutate contemporaneamente.

La varianza della variabile dipendente spiegata dal modello è quantificata dal valore di R^2 corretto di Nagelkerke, che può assumere valori compresi tra 0 e 1.

La stima del contributo di ciascuna variabile nella determinazione della probabilità di predazione è data dal valore del rapporto tra la probabilità che l'evento accada e la probabilità complementare che l'evento non accada, denominata Esp (B). Se Esp (B) è maggiore di 1, la probabilità che l'evento accada aumenta all'aumentare del valore della variabile, se invece è minore di 1 diminuisce.

Per verificare il grado di collinearità tra le variabili è stato utilizzato il Fattore di Inflazione della Varianza (VIF), considerando valori di $VIF = 3$ come soglia di collinearità tra le variabili (Zuur et al. 2010, Dormann et al. 2013).

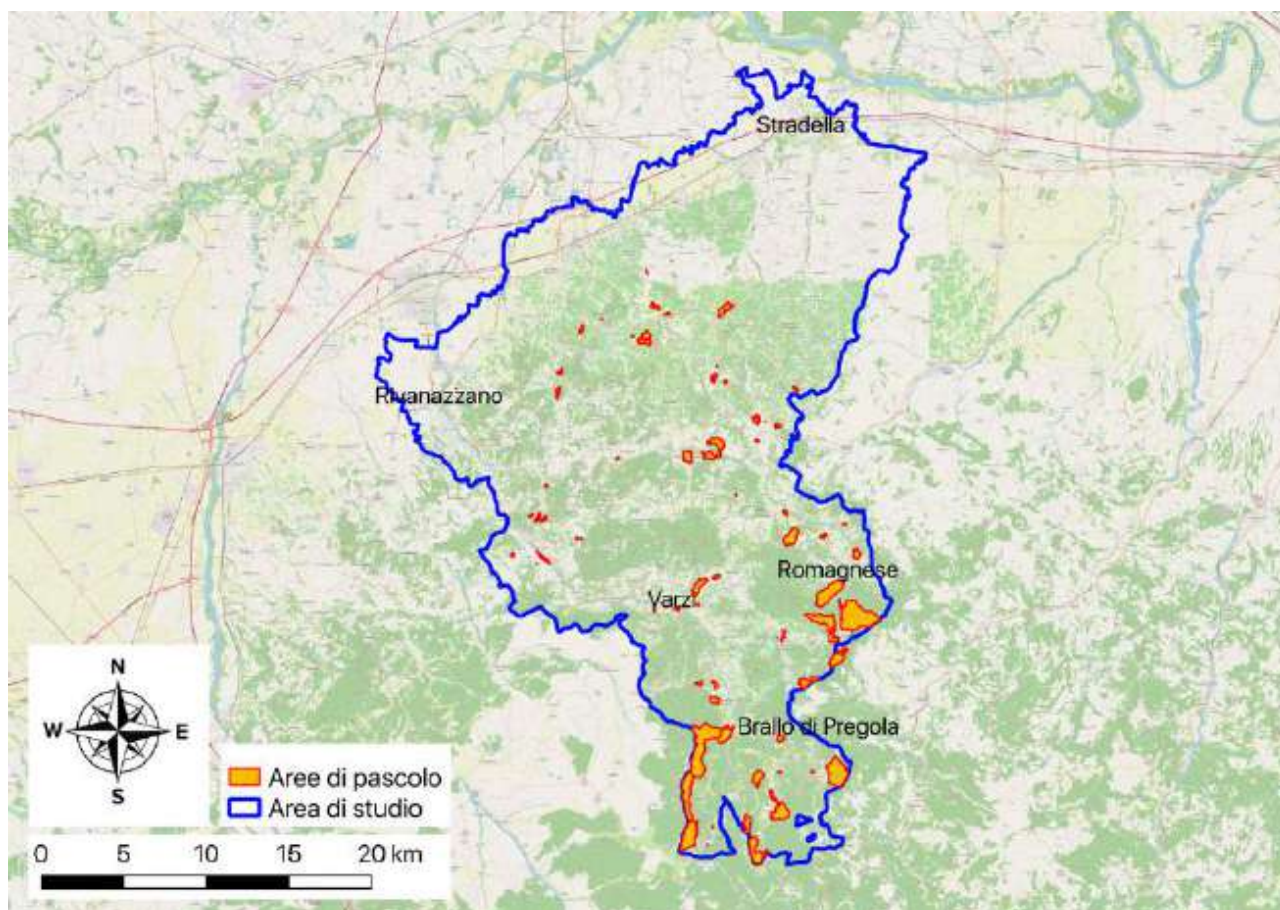
Come stima della predittività del modello di regressione logistica, è stata usata la percentuale di casi classificati correttamente dal modello stesso e l'area sottesa dalla curva ROC (AUC) che permette di valutare lo scostamento del modello ottenuto da uno che classifica i casi casualmente (Massolo e Meriggi 2007). La curva ROC è stata costruita mettendo in relazione la sensibilità del modello (proporzione di casi positivi classificati correttamente) con il complementare della sua specificità (proporzione di casi negativi classificati correttamente).

Inoltre è stato considerato il test di bontà dell'adattamento di Hosmer-Lemeshow, una statistica robusta usata per i modelli con covariate continue e per piccoli campioni (Hosmer e Lemeshow 2000).

7.2 Risultati

Sono state individuate 53 aziende zootecniche che hanno effettuato stagioni di alpeggio o hanno utilizzato pascoli regolarmente e sono state mappate le 97 aree di pascolo utilizzate da esse per l'allevamento di bestiame (bovini, caprini e ovini) (Fig. 6.1).

Figura 7.1 – Aree di pascolo e alpeggi utilizzati in Appennino Pavese per l'allevamento del bestiame

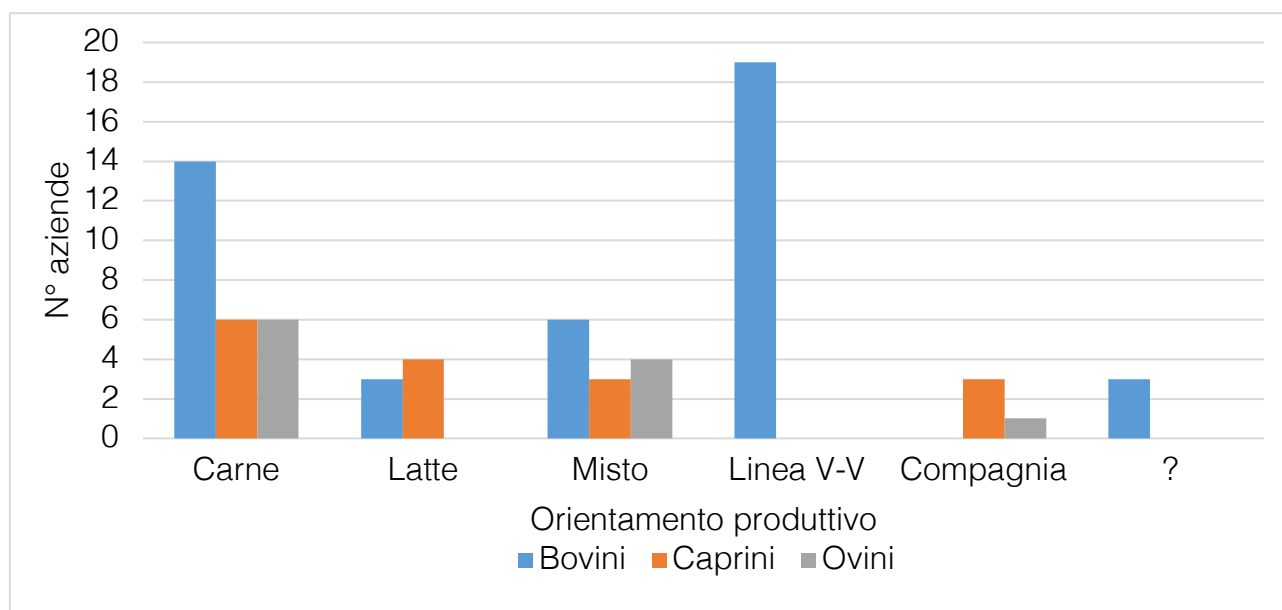


Ogni azienda ha utilizzato un numero medio ($\pm$ DS) di aree di pascolo pari a $1,8 \pm 1,1$ (min. = 1; max. = 5). La superficie media ($\pm$ DS) delle aree di pascolo è risultata pari a $21,6 \pm 47,0$ ha (min. = 0,05 ha; max. = 278,6 ha).

Delle 53 aziende censite, 44 allevavano bovini, 16 caprini e 11 ovini. 38 aziende allevavano una sola specie, 12 due specie contemporaneamente e 3 aziende ne allevavano tre. Il numero medio ($\pm$ DS) di bovini allevati è stato pari a $36,2 \pm 36,3$, quello di caprini è stato uguale a $40,9 \pm 75,2$ e quello di ovini è stato di $12,4 \pm 14,8$.

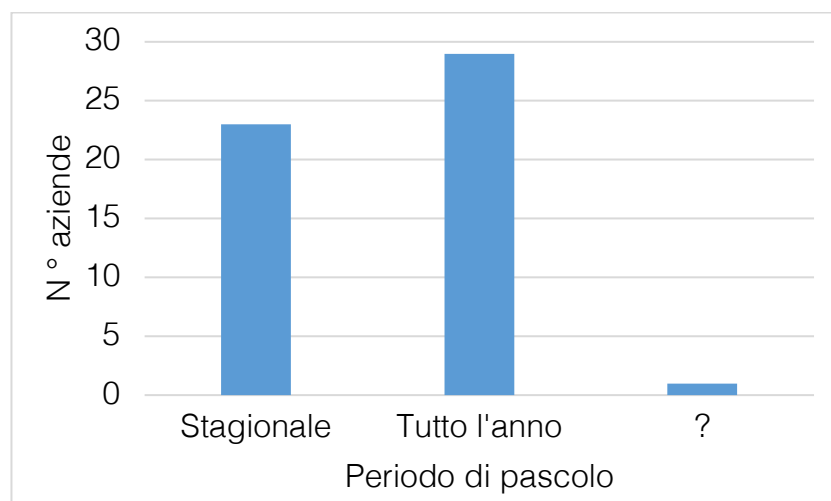
L'orientamento produttivo più diffuso è risultato quello della linea vacca-vitello (35,8%), ovviamente solo per gli allevamenti di bovini, seguito dalla produzione di carne (30,2%), dalla produzione mista di latte e carne (13,2%), dalla produzione di solo latte (9,4%) e, infine, da animali da compagnia (5,7%), solo nel caso di caprini e ovini. Per 3 aziende di bovini questa informazione non è conosciuta (Fig. 7.2).

Figura 7.3 - Orientamento produttivo delle aziende zootecniche in relazione alla specie allevata nell'Appennino Pavese



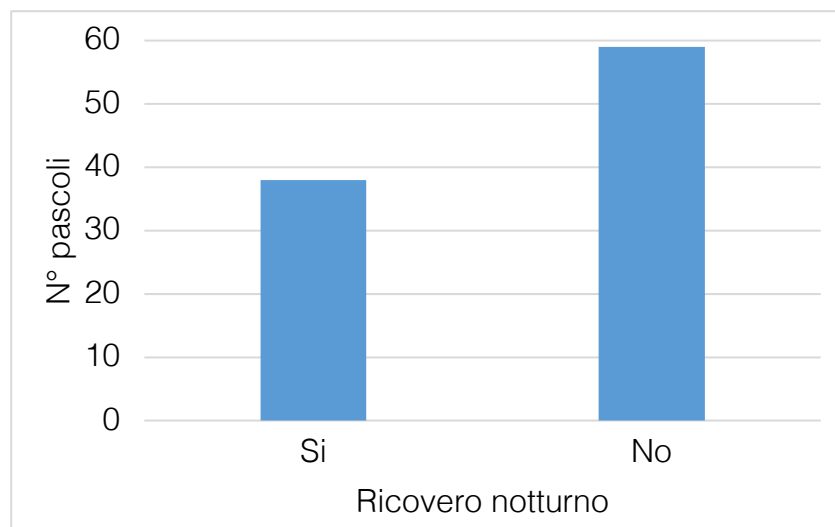
Considerando il periodo di pascolo, il 54,7% delle aziende ha utilizzato le aree di pascolo durante tutto l'anno, mentre il 43,4% le ha utilizzate solo stagionalmente, indicativamente da maggio a ottobre; per l'1,9% dei casi questa informazione non è conosciuta (Fig. 7.3).

Figura 7.3 – Periodo di pascolo delle aziende zootecniche in Appennino Pavese



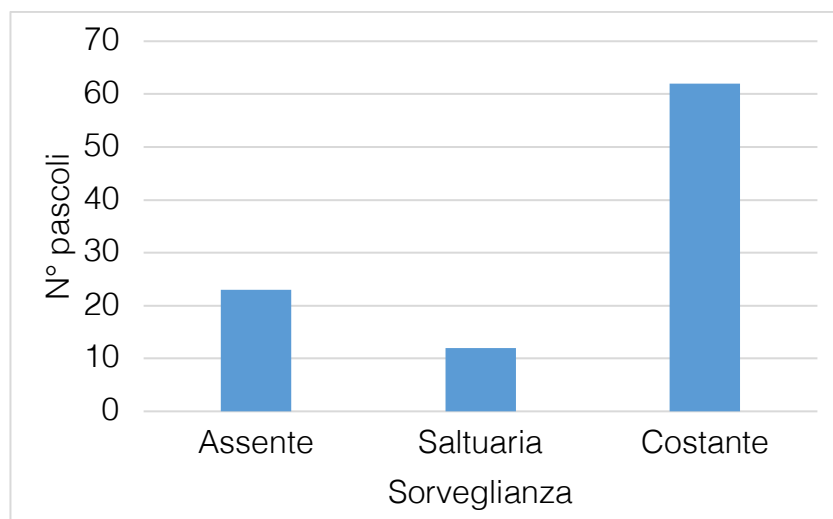
Nel 29,9% dei casi il bestiame al pascolo è stato ricoverato durante la notte, contro il 60,8% che invece è rimasto incustodito sul pascolo anche di notte (Fig. 7.4).

Figura 7.4 – Utilizzo del ricovero notturno sulle aree di pascolo usate delle aziende zootecniche in Appennino Pavese



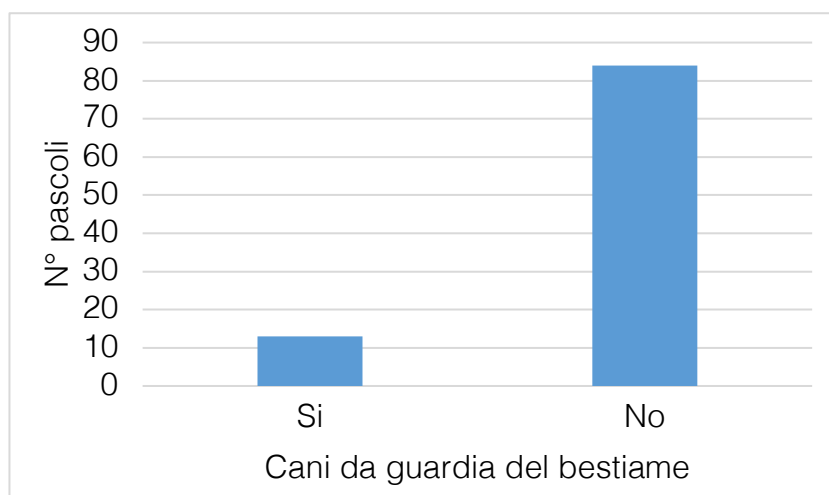
La presenza dell'allevatore è risultata costante nel 63,9% delle aree di pascolo, saltuaria (ogni 2-3 giorni) nel 12,4% e assente nel 23,7% (Fig. 7.5).

Figura 7.5 – Grado di sorveglianza (presenza dell'allevatore) delle aree di pascolo usate delle aziende zootecniche in Appennino Pavese



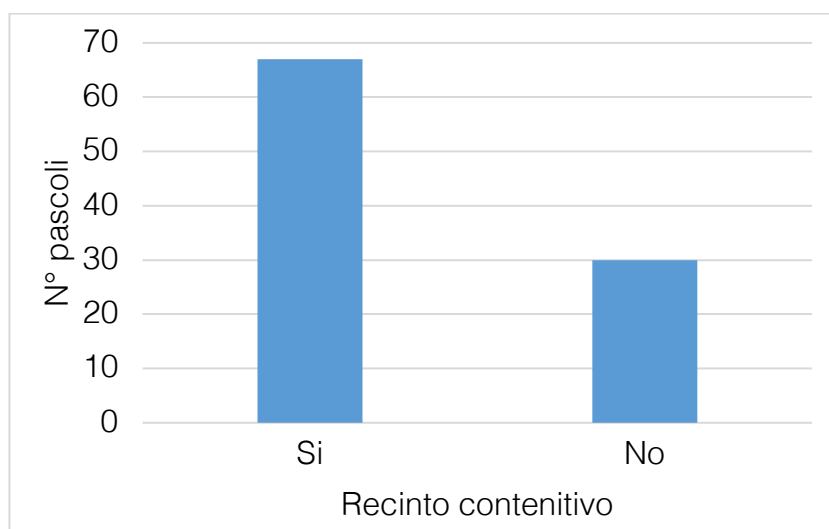
I cani da guardia del bestiame sono stati utilizzati sul 13,4% dei pascoli utilizzati dalle aziende, contro l'86,6% che ne è risultato sprovvisto (Fig. 7.6).

Figura 7.6 – Presenza di cani da guardia per il bestiame sulle aree di pascolo usate delle aziende zootecniche in Appennino Pavese



Il 69,1% delle aree di pascolo è risultato dotato di recinzioni contenitive di varia natura (singolo o doppio filo elettrificato, recinzione in rete elettrica o elettrosaldata, filo spinato), mentre il 30,9% è risultato sprovvisto di qualsiasi tipo di recinzione (Fig. 7.7).

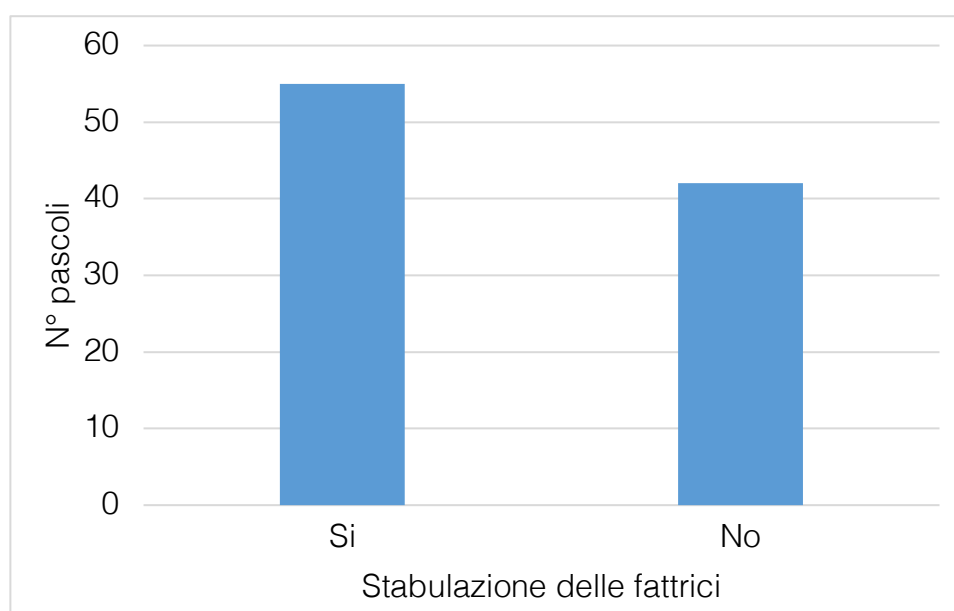
Figura 7.7 – Presenza di recinzione contenitive sulle aree di pascolo nell'Appennino Pavese



In sole 2 aree di pascolo sulle 97 censite sono risultati presenti recinzioni anti-lupo, ossia recinzioni strutturate in modo da impedire l'accesso del predatore all'interno del pascolo.

I parti sul pascolo sono avvenuti nel 43,3% dei pascoli utilizzati, mentre nel 56,7% le fattrici sono state stabulate all'interno delle stalle (Fig. 7.8).

Figura 7.8 – Presenza di parti al pascolo nelle aree di pascolo in Appennino Pavese



Tra le 53 aziende considerate, 18 hanno subito almeno un evento di predazione tra il 2006 e il 2018; la differenza rispetto alle aziende riportate nel capitolo precedente è dovuta a diverse cause:

- cessazione dell'attività (n = 1);
- predazione avvenuta in azienda senza pascolo (n = 1);
- predazione a carico di un allevatore transumante (n = 1);
- nominativo dell'azienda che ha subito la predazione non conosciuta (n = 2).

Sono stati predati 59 capi in totale (11 bovini, 33 caprini e 15 ovini).

Il confronto tra le frequenze delle variabili categoriche relative alle aree di pascolo dove sono state registrate predazioni e dove non sono mai state registrate predazioni, ha evidenziato differenze significative per il grado di sorveglianza ($X^2 = 44,83$; g.l. = 5; $p < 0,001$), l'utilizzo di recinzioni contenitive ($X^2 = 14,78$; g.l. = 3; $p = 0,002$) e l'utilizzo di cani da guardia del bestiame ($X^2 = 53,82$; g.l. = 3; $p < 0,001$).

Il confronto tra le differenze nei valori medi delle variabili continue considerate relative alle aree di pascolo dove sono state registrate predazioni e dove non sono mai state registrate predazioni, ha evidenziato differenze significative per la percentuale di bosco ($t = 26,38$; g.l. = 1; $p = 0,024$), la percentuale di aree aperte ($t = 57,20$; g.l. = 1; $p = 0,011$) e il valore medio di pendenza ($t = 67,12$; g.l. = 1; $p = 0,009$).

Il modello predittivo del rischio di predazione dei pascoli formulato con il sottocampione di variabili sopra considerate ha evidenziato un effetto negativo della presenza di recinzioni, di cani da guardia per il bestiame, di sorveglianza (sia costante sia saltuaria) da parte dell'allevatore e della percentuale di bosco sul rischio di predazione, mentre ha

evidenziato un effetto positivo della percentuale di aree aperte sul rischio di predazione. I valori di VIF riferiti a ognuna di queste variabili (< 3) hanno indicato l'assenza di una seria multicollinearità (Tab. 7.1).

Tabella 7.1 - Risultati dell'Analisi di Regressione Logistica per la probabilità di predazione da lupo delle aree di pascolo in Appennino Pavese

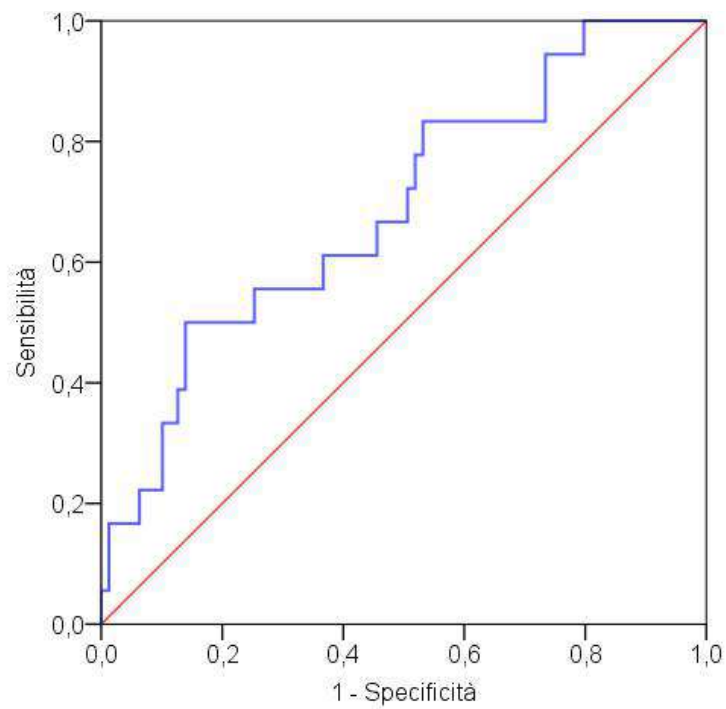
Variabile	B	ES	p	Esp (B)	VIF
Recinzioni	-1,373	0,895	0,125	0,253	1,367
Cani da guardia	-1,973	0,926	0,033	0,139	1,340
Sorveglianza saltuaria	-0,536	0,865	0,535	0,585	1,212
Sorveglianza costante	-0,143	0,878	0,870	0,867	1,212
% bosco	-0,435	1,381	0,752	0,647	1,625
% aree aperte	0,035	0,974	0,972	1,035	1,629
Pendenza media	0,000	0,052	0,996	1,000	1,032
Costante	0,680	1,380	0,622	1,974	

Il modello ha spiegato una varianza pari al 12,7% della variabile di risposta e ha classificato correttamente l'82,5% dei casi totali considerati.

Dall'analisi effettuata mediante la curva ROC è risultata una discreta capacità predittiva del modello: la curva della sensibilità verso il complementare della specificità sottende un'area pari a 0,689 (ES = 0,069), significativamente diversa ($p = 0,013$) da quella riferibile a un modello che classifica casualmente (Fig. 7.2).

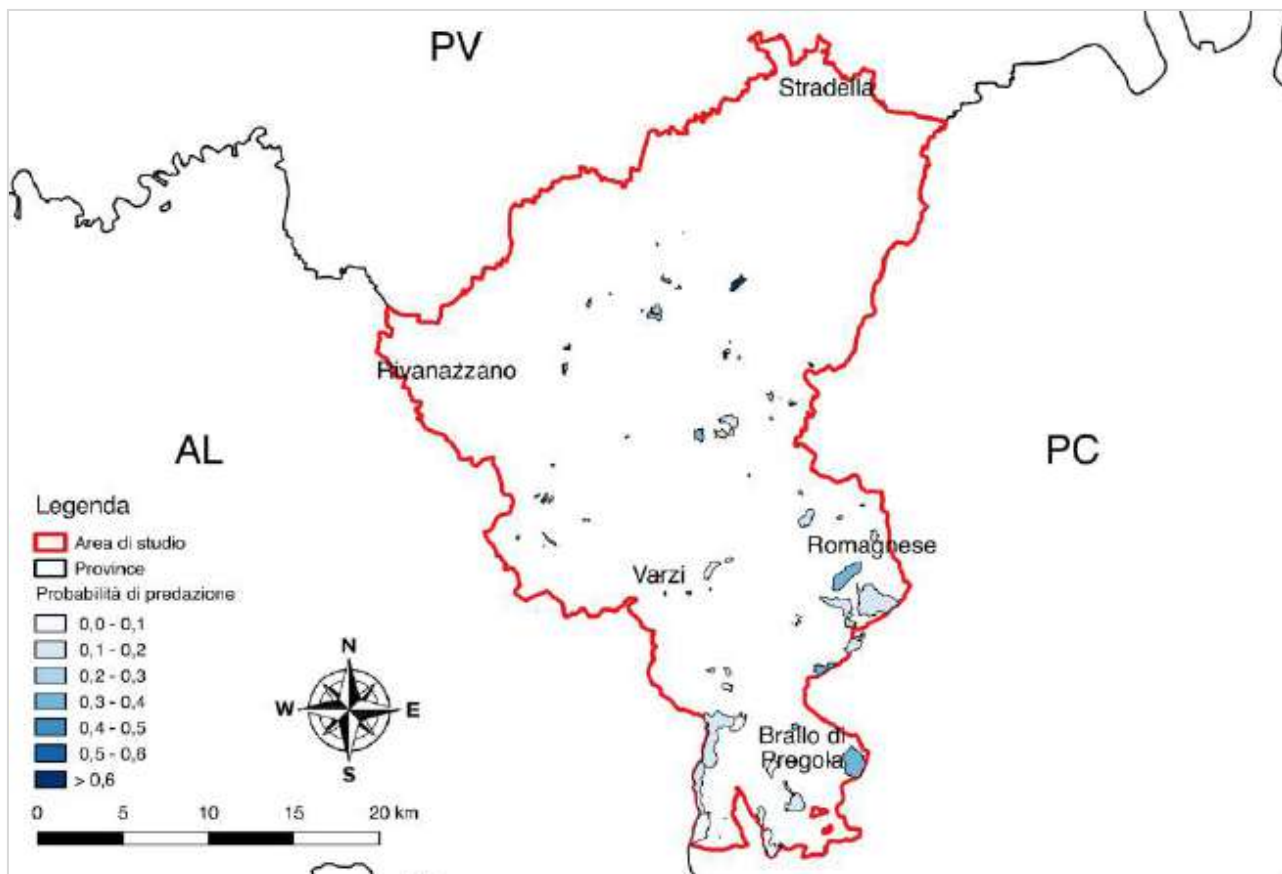
Inoltre il test di Hosmer-Lemeshow ha indicato un buon adattamento del modello ($X^2 = 4,62$; g.l. = 8; $p = 0,797$).

Figura 7.2 - Grafico della curva ROC (in blu) del modello formulato dall'Analisi di Regressione Logistica per la probabilità di predazione delle aree di pascolo da parte del lupo in Appennino Pavese (in rosso la curva di un modello di riferimento che classifica casualmente)



Dal modello è risultato che l'88,7% dei pascoli è associato a un rischio di predazione basso (probabilità di predazione = 0,0 - 0,3), l'8,2% a un rischio di predazione medio (probabilità di predazione = 0,3-0,6) e il 3,1% a un rischio di predazione alto (probabilità di predazione > 0,6) (Fig. 7.3, Appendice 1).

Figura 7.3 - Classificazione delle aree di pascolo presenti nell'Appennino Pavese in base alla probabilità di rischio di predazione



8.1 Materiali e metodi

Utilizzando metodi di genetica molecolare è possibile estrarre e analizzare il DNA, per esempio, delle cellule di sfaldamento dell'epitelio intestinale che sono contenute nelle feci; similmente il DNA può essere estratto dalle cellule contenute nell'urina, nei peli, nel sangue, etc. Per questo motivo, dai campioni biologici più freschi, quindi depositi da pochi giorni, sono stati preparati i campioni utili allo svolgimento delle analisi molecolari.

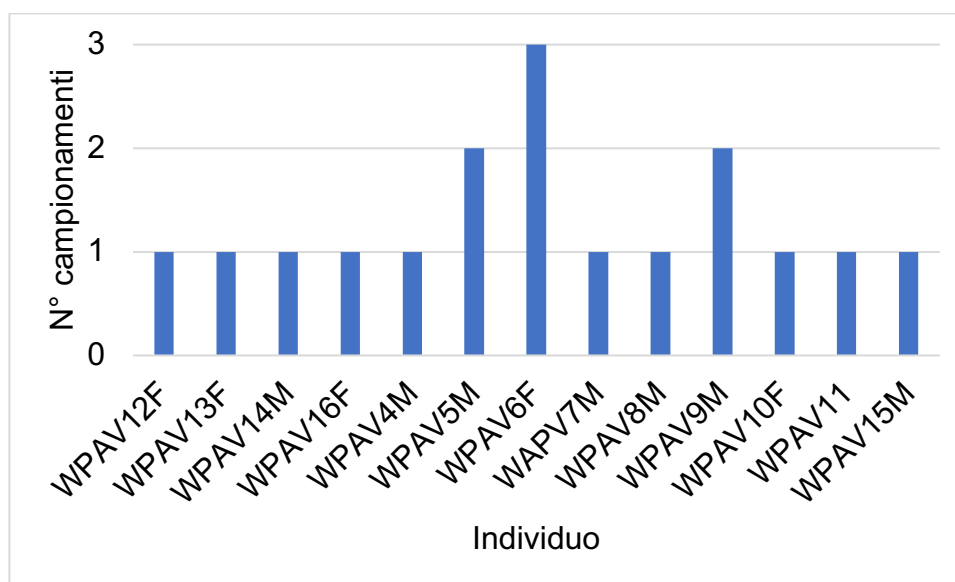
Il DNA, dopo essere stato isolato dal campione biologico, viene sottoposto a ripetute PCR (Polymerase Chain Reaction) allo scopo di ampliare regioni prescelte, che permettono l'identificazione della specie, del sesso dell'animale e del profilo genetico unico per ogni individuo. In particolare, per identificare i genotipi individuali dei campioni di lupo sono stati utilizzati 6 loci microsatellite: CPH2, CPH8, FH2004, FH2088, FH2096, FH2137, mentre per identificare eventuali ibridi cane x lupo sono stati utilizzati altri sei loci microsatellite: FH2079, CPH4, CPH5, CPH12, C09.250, C20.253. La determinazione dei genotipi individuali avviene tramite un protocollo di controllo degli errori di tipizzazione che prevede da 4 a 8 repliche di ogni analisi in ogni campione. Dalla combinazione degli alleli osservati a ogni locus per ogni campione si ottiene un genotipo multilocus. Se due o più campioni hanno lo stesso genotipo multilocus si assume che appartengano allo stesso individuo, con una probabilità di identità (probabilità che due individui diversi abbiano per caso lo stesso genotipo multilocus) che può essere stimata mediante opportuni software. I loci utilizzati hanno un alto livello di polimorfismo e consentono di identificare i genotipi individuali con una probabilità d'identità minore di 0,001. Per determinare il sesso in campioni non-invasivi si utilizzano sequenze di DNA che sono presenti solo sui cromosomi sessuali. Nel caso del lupo, viene analizzato il gene ZFX/ZFY che ha sequenze diverse sui due cromosomi; utilizzando opportuni enzimi di restrizione è possibile distinguere i due sessi. Dal genotipo multilocus è possibile distinguere se un campione fecale appartiene a un lupo italiano o a un cane, poiché le frequenze alleliche dei loci studiati hanno una distribuzione differente e diagnostica in lupi e cani. Dal genotipo multilocus è possibile evidenziare anche l'eventuale presenza d'ibridi lupo x cane. L'affidabilità dei genotipi ottenuti viene controllata utilizzando il programma RELIOTYPE che, sulla base delle frequenze alleliche e del numero di repliche effettuate, stima la probabilità che un genotipo sia correttamente determinato ed eventualmente suggerisce il numero di repliche che sono ancora necessarie, e in quali loci, per ottenere un grado di affidabilità superiore al 95%. La stima delle probabilità d'identità tra individui con il set di loci microsatelliti utilizzato è stata ottenuta mediante il programma GIMLET. Tutte le analisi genetiche sono state effettuate presso il Laboratorio di Genetica dell'I.S.P.R.A.

8.2 Risultati

Durante la sessione di campionamento condotta nel 2017 (Torretta e Meriggi 2018) sono stati raccolti 41 campioni biologici destinati alle analisi genetiche.

Per 20 di questi campioni (48,8%), è stato possibile estrarre il DNA e analizzarne i marcatori d'interesse. Sono stati così identificati 13 individui diversi, di cui 5 femmine e 7 maschi (sex-ratio F/M = 0,71); per un individuo non è stato possibile identificare il sesso. Per due campioni non è invece stato possibile attribuire un genotipo univoco, pur riconoscendo nel lupo la specie di appartenenza. Il numero massimo di ricampionamenti di uno stesso individuo durante la sessione (marzo 2017 – febbraio 2018) è stato pari a 3 (Fig. 8.1).

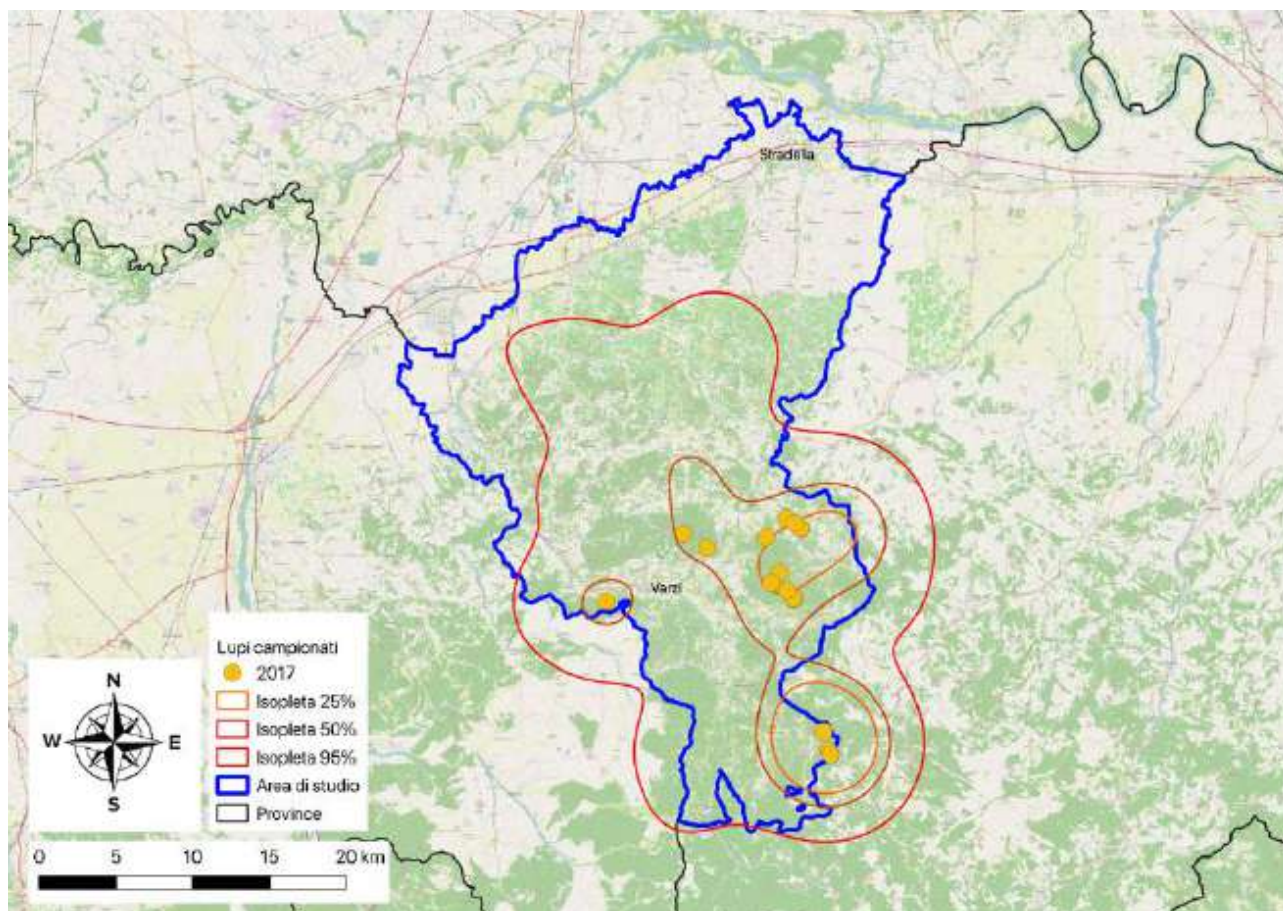
Figura 8.1 - Genotipi campionati in Appennino Pavese nel 2017



Tra gli individui campionati, 3 hanno mostrato tracce di introgressione; non sono invece stati campionati ibridi recenti lupo-cane.

Confrontando le aree a maggior frequentazione ottenute nella sessione di campionamento del 2017 (Torretta e Meriggi 2018) con la localizzazione degli individui campionati geneticamente, è possibile ipotizzare la presenza di almeno due branchi diversi gravitanti all'interno di esse, poiché i genotipi campionati in queste due aree non si sovrappongono (Fig. 8.2). In particolare, nella zona nel M. Alpe – M. Calenzone sono stati campionati geneticamente 8 individui diversi; questo dato è stato confermato dal foto-trappolaggio, in cui il numero massimo di individui ripresi simultaneamente è stato proprio di 8. Nella zona di Colleri, invece, sono stati campionati geneticamente 4 individui diversi, mentre un avvistamento diretto di un gruppo contava 14 individui.

Figura 8.2 – Areale (isopleta al 95%) e aree a maggior frequentazione (isoplete al 50% e 25%) stimate e individui campionati geneticamente nell'anno di campionamento 2017 nell'Appennino Pavese



Per attuare delle corrette politiche di conservazione di una specie come il lupo è assolutamente necessario possedere informazioni aggiornate e attendibili sullo status della sua popolazione, che sono ottenibili solo attraverso un attento e costante monitoraggio.

E' importante che il monitoraggio, ossia i campionamenti ripetuti negli anni finalizzati alla raccolta d'informazioni riguardanti la presenza della specie sul territorio, sia condotto in modo costante e coerente nel tempo. La costanza rappresenta forse l'aspetto più difficile da garantire, poiché spesso i monitoraggi faunistici sono svolti nell'ambito di progetti finanziati da Enti (pubblici o privati) e dipendono quindi dalle risorse economiche disponibili. La coerenza, intesa come l'utilizzo di una strategia di campionamento che consenta il confronto dei dati raccolti e dei risultati ottenuti tra sessioni diverse (stagioni o anni di campionamento), è un aspetto probabilmente più facile da garantire, a patto che i metodi utilizzati rimangano inalterati in ogni sessione di campionamento.

I metodi di censimento della fauna possono basarsi su campionamenti diretti o indiretti; la scelta deve tenere conto di diversi fattori, quali la disponibilità di personale e materiali per lo studio, lo sforzo economico che s'intende sostenere e le caratteristiche biologiche ed ecologiche della specie *target*. Il lupo, come la maggioranza degli altri carnivori, è una specie difficilmente indagabile attraverso metodi diretti; infatti, i branchi occupano territori molto estesi, la popolazione presenta basse densità, gli individui hanno attività prevalentemente notturne-crepuscolari e sono molto elusivi (Crête e Messier 1987, Schonewald-Cox et al. 1991). Questi fattori rendono difficile un incontro diretto e, quindi, sono utilizzati metodi di censimento indiretti, come il rilevamento dei segni di presenza.

Il metodo di campionamento utilizzato in questo studio ha permesso di raccogliere un numero di dati adeguato e rappresentativo dell'intera area di studio, utile per stimare la distribuzione del lupo. Inoltre, poiché lo schema adottato rappresenta un'implementazione di quelli adottati nelle precedenti sessioni di monitoraggio, ha consentito di confrontare i risultati ottenuti nei diversi anni. Infine, tale metodo permette d'individuare le nuove aree di presenza della specie e, se ripetuto negli anni, di verificare le previsioni dei modelli predittivi dell'idoneità ambientale formulati in precedenza. Tutto questo non sarebbe possibile con un campionamento di tipo opportunistico incentrato sulle aree dove è massima la probabilità di rinvenire segni di presenza del lupo.

Il confronto dei risultati ottenuti in questa sessione di campionamento con quelli ottenuti nel 2015 (ultima sessione in cui il campionamento è stato svolto a cadenza stagionale), indicano un vertiginoso decremento del numero di segni di presenza rilevati nell'area di studio. Questo decremento potrebbe essere dovuto a fattori stocastici (es. errori legati alla reperibilità dei segni di presenza nelle diverse stagioni) oppure potrebbe essere dovuto a un decremento della specie sul territorio.

Confrontando invece la stima della distribuzione ottenuta dai dati raccolti in questa sessione di campionamento con quelle ottenute nelle ultime due sessioni di campionamento (2015 e 2017), si nota un'espansione della specie nella fascia altimetrica di bassa e media collina, a ridosso della pianura. In particolare, l'areale si estende chiaramente fino ai comuni di Rovescala e San Damiano al Colle, a sud di Stradella.

L'espansione del lupo verso la pianura è predetta anche dal modello d'idoneità ambientale; infatti, confrontando quello ottenuto dai dati raccolti in questa sessione di campionamento e quello ottenuto dai dati raccolti nel 2017 si osserva un aumento della probabilità di presenza in alcune celle di questa fascia di bassa e media collina, anche se la superficie complessiva classificata come idonea è minore (da 400 km² nel 2017 a 356,3 km² nel 2018).

Nell'interpretazione di questi risultati bisogna comunque considerare che si tratta di risultati parziali, in quanto relativi a sole due stagioni complete di campionamento. La stima di distribuzione e il modello d'idoneità ambientale saranno quindi riformulati al termine di quest'anno di campionamento (primavera 2019), per avere delle informazioni più attendibili e definitive.

Dal punto di vista della conservazione della specie, l'Appennino Pavese, e più in generale l'intero Appennino settentrionale Ligure-Piemontese, è da considerarsi una zona chiave per l'espansione dell'areale italiano; in effetti, proprio da qui il lupo ha iniziato a espandersi verso le Alpi occidentali. L'Appennino settentrionale rappresenta, quindi, un corridoio ecologico importante per la specie, motivo per il quale è fondamentale conoscerne nel dettaglio le modalità di occupazione da parte del lupo, nonché individuarne i nuclei riproduttivi stabili. Inoltre dall'Appennino Pavese il lupo potrebbe trovare anche un altro corridoio per raggiungere l'arco alpino, corrispondente al Ticino, o meglio alle aree protette regionali che bordano questo fiume. La presenza del lupo nel territorio del Parco del Ticino documentata nel 2017 è molto probabilmente legata a fenomeni di dispersione provenienti dall'Appennino Pavese.

L'espansione del lupo nelle fasce collinari dell'Appennino Pavese, che da un punto di vista ambientale non rappresentano l'ambiente ottimale per la presenza stabile della specie, potrebbe essere guidata da diversi fattori non legati all'ambiente. Definire univocamente le caratteristiche ambientali che determinano la presenza stabile del lupo è complesso, poiché si tratta di una specie generalista e opportunista, localmente molto adattabile. Massolo e Meriggi (1998) hanno rilevato come una buona disponibilità di prede selvatiche, in termini di abbondanza e diversità, e la mancanza di fattori di disturbo, costituiscano i requisiti basilari per la stabilità di un nucleo riproduttivo. Questi fattori di disturbo possono interagire negativamente con la riproduzione, l'allevamento dei piccoli e le diverse forme d'interazione sociale e corrispondono a diverse forme di pressione antropica: la densità di strade (Jędrzejewski et al. 2004, Kaartinen et al. 2005), la densità di abitanti (Massolo e Meriggi 1998), la vicinanza e la densità dei centri abitati (Jędrzejewski et al. 2004). Anche la presenza di una buona copertura forestale non

frammentata è una variabile ambientale decisiva per l'insediamento di branchi stabili in un'area, anche se localmente la specie sembra adattarsi a diversi livelli di percentuale di superficie boscata. Inoltre, la presenza di boschi caratterizzati da una vegetazione fitta e densa sembra legata a una maggiore tolleranza per il disturbo antropico arrecato dalla vicinanza degli insediamenti urbani (Jędrzejewski et al. 2004).

I risultati ottenuti da questo studio indicano come la popolazione di lupo abbia recentemente occupato le fasce altimetriche collinari dell'Appennino Pavese, le quali rappresentano degli ambienti non ottimali all'insediamento di nuclei stabili in base alle sole caratteristiche ambientali. L'espansione della popolazione di lupi lungo l'Appennino ha portato a una progressiva diminuzione della disponibilità di aree ottimali per la specie, poiché la maggior parte del territorio risulta già occupata da branchi stabili; i giovani che entrano in dispersione sono perciò costretti a stabilirsi in habitat sub-ottimali, ad esempio boschi prossimi ad abitazioni oppure ambienti peri-agricoli. Questa espansione può facilitare eventuali conflitti derivanti dalla vicinanza tra uomo e lupo; infatti, spesso gli avvistamenti in aree peri-urbane e agricole causano allarmismi tra la popolazione locale e le occasionali predazioni a carico di ungulati domestici possono causare abbattimenti illegali. Il bracconaggio è ancora oggi la principale causa di morte della specie in Italia (Lovari et al. 2007) ed è stata più volte documentata anche in Appennino Pavese (Fig. 8.1).

Figura 9.1 – Individuo abbattuto illegalmente con arma da fuoco nel comune di Montalto Pavese (gennaio 2018)



La sinantropia per un grande predatore come il lupo rappresenta un rischio, poiché la prossimità con centri abitati, più popolati rispetto a quelli montani, aumenta la probabilità

di avvicinamento all'uomo, ad esempio nel tentativo di accedere a potenziali risorse di cibo (es. bestiame o rifiuti; Newsome et al. 2016). Ciò aumenta quindi gli incontri tra il lupo e l'uomo, che possono sfociare in abbattimenti volontari o non (p. es. incidenti con veicoli).

L'espansione del lupo nelle fasce altimetriche collinari potrebbe essere guidata primariamente dalla buona disponibilità di prede selvatiche, che trovano in contesti agricoli numerose risorse che ne permettono l'aumento e l'espansione.

I risultati ottenuti dall'analisi degli escrementi mostrano come la dieta del lupo nell'area di studio sia basata principalmente su ungulati selvatici, che costituiscono la categoria alimentare più utilizzata, mentre le altre categorie sono decisamente accessorie, cioè consumate solo occasionalmente. Questa netta prevalenza di ungulati selvatici e lo scarso utilizzo delle altre categorie rendono la dieta del lupo ristretta e incentrata solo su determinate prede.

La dieta del lupo in Appennino Pavese rispecchia quindi la dieta tipica di un predatore specializzato di grandi erbivori selvatici, in accordo con altri studi effettuati in altre zone dell'Appennino settentrionale (Capitani et al. 2004, Mattioli et al. 2011, Meriggi et al. 2014) e delle Alpi occidentali (Gazzola et al. 2005, Poulle et al. 1997).

Tra gli ungulati selvatici, la specie maggiormente consumata è stata il capriolo, seguito dal cinghiale, infine dal daino e dal cervo. La maggior parte degli studi più recenti effettuati sulla dieta del lupo in Italia, ha evidenziato come nell'Appennino settentrionale il cinghiale sia la specie più utilizzata, seguita dal capriolo e dal cervo (Mattioli et al. 2011, Meriggi et al. 2011, Mori et al. 2017). Il maggior consumo di capriolo in Appennino Pavese, rispetto ad altre aree di studio, può essere dovuto a un aumento della densità locale di questo cervide, nonché a un maggior successo predatorio derivante dalla facilità di uccisione degli individui, una volta individuati (Huggard 1993, Jędrzejewski et al. 2002). Attaccare un cinghiale, soprattutto un individuo adulto o un gruppo matriarcale con i cuccioli di pochi mesi (striati), comporta un alto rischio di essere feriti per il predatore, soprattutto se i branchi di lupi non sono particolarmente numerosi, come nell'Appennino settentrionale (Galaverni et al. 2015).

Confrontando i risultati ottenuti da questo studio con quelli ottenuti da uno studio precedente, effettuato intorno agli anni '80-'90, nella stessa area di studio, emergono alcune differenze: in quel periodo il lupo utilizzava un'ampia gamma di alimenti, soprattutto frutta, in particolare le bacche di rosa selvatica, molto abbondanti nel periodo invernale, e diverse specie di micro-mammiferi, tra cui *Microtus arvalis* e *Soricidae sp.*, mentre i grandi erbivori selvatici e domestici avevano un'importanza secondaria (Meriggi et al. 1991). I cambiamenti osservati nelle abitudini alimentari del lupo sono dovuti principalmente all'aumento delle popolazioni di ungulati selvatici, che rappresentano la categoria alimentare più remunerativa in termini energetici (Meriggi et al. 2011). In particolare, studi più recenti hanno dimostrato che la dieta del lupo è composta per il 70% da ungulati selvatici e solo per il 20% da ungulati domestici, nonostante la

dimensione degli allevamenti rimanga costante (Meriggi et al. 2014). Questa tendenza è stata riconfermata da questo studio, in cui il consumo di ungulati selvatici supera il 90%. Considerando le diverse fasce d'età delle specie di ungulati selvatici, generalmente gli individui sopra i cinque mesi d'età sono stati maggiormente consumati rispetto ai più giovani. Questo comportamento permette al predatore di ottenere il massimo apporto energetico in relazione allo sforzo di cattura; infatti, un individuo già fisicamente sviluppato fornisce una biomassa superiore, capace di sfamare l'intero branco (Carbone et al. 2007).

L'elevato consumo di prede selvatiche da parte del lupo potrebbe rappresentare un fattore determinante per la tutela della specie, poiché il consumo di bestiame rappresenta la causa principale del conflitto con le attività antropiche. In Italia i danni causati dai carnivori alla produzione zootecnica sono trascurabili, anche se a livello locale alcuni allevatori possono risentire della predazione a carico delle specie allevate (Ciucci e Boitani 2005). Questo causa un malcontento nei confronti del predatore, rendendo difficile la sua conservazione, minacciata in parte da uccisioni illegali (Lovari et al. 2007).

Risulta, quindi, importante mantenere una ricca, abbondante e diversificata popolazione di ungulati selvatici, in modo da compensare eventuali fluttuazioni demografiche stagionali di una determinata specie.

L'analisi dei casi di predazione ha evidenziato una tendenza all'aumento del numero di aziende predate e del numero di eventi di predazione negli anni; questo incremento può essere spiegato dall'aumento della presenza del lupo nel territorio dell'Appennino Pavese (Torretta e Meriggi 2018). Nelle aree di presenza stabile del lupo un certo numero di perdite a carico del patrimonio zootecnico è inevitabile, tuttavia l'applicazione di misure di prevenzione può ridurre notevolmente gli effetti della predazione (Genovesi 2002). Bisogna comunque sottolineare che il numero di eventi registrati nel corso dei 12 anni considerati risulta molto basso se confrontato a quello registrato in anni recenti in aree limitrofe (Dondina et al. 2015, Meriggi et al. 2014). A riprova di ciò basta considerare i risultati relativi alla dieta sopraesposti.

Dall'analisi emergono due dati molto interessanti: il primo riguarda la scarsa propensione a denunciare il danno subito da parte di molti allevatori. Infatti, più del 40% delle aziende non ha denunciato la predazione subita. Dalle interviste condotte agli allevatori è emersa una scarsa fiducia nei confronti del sistema d'indennizzi, il che porta il proprietario del bestiame a non denunciare l'evento di predazione subito. Infatti, si riscontra un senso di scontento da parte degli allevatori dovuto ai tempi eccessivi di erogazione dei rimborsi da parte degli enti competenti, al fatto che l'ammontare del risarcimento viene calcolato in base al valore dell'animale al momento del decesso e non a fine ciclo produttivo (che rappresenta invece l'effettiva perdita economica). Oltre a ciò, un buon numero di allevatori intervistati ha invece ammesso di non essere a conoscenza dell'iter burocratico necessario a ottenere il rimborso. Si rende quindi necessaria una campagna informativa

finalizzata alla spiegazione dettagliata dei passaggi da seguire in caso di predazione da lupo, cui dovrebbero partecipare tutte le aziende zootecniche del territorio, ma anche il personale che potrebbe essere coinvolto a vario titolo in caso di predazione, come veterinari, carabinieri forestali, agenti di polizia provinciale, che spesso non sanno indirizzare correttamente l'allevatore.

Il secondo dato interessante riguarda la quasi totale impreparazione di molte aziende presenti nell'Appennino Pavese a difendersi in modo corretto da possibili attacchi da lupo, nonostante la presenza del predatore sia stabile da circa trent'anni. Pur essendo pienamente consapevoli della propria vulnerabilità e percependo la presenza del predatore come una minaccia per la loro sopravvivenza, pochi allevatori mettono in atto sistemi anti-predatori realmente efficaci. Da un lato essi sono stati disabituati per decenni, quindi per diverse generazioni, a condurre l'attività zootecnica in presenza di un predatore, e oggi non riescono a minimizzare il rischio di subire un danno. In molti casi non sono mai stati aggiornati sulle possibili soluzioni adottabili, cioè non conoscono adeguatamente i sistemi preventivi anti-predatori esistenti, in altri casi non hanno la capacità tecnica di installarli correttamente e/o la disponibilità finanziaria per acquistarli. Nello specifico, molti allevatori affermano e sono convinti di aver installato sistemi idonei, tuttavia essi appaiono spesso sistemi "di fortuna" installati in modo poco rigoroso.

Oggi si hanno molte informazioni sull'efficacia dei possibili sistemi anti-predatori e si ha un'ampia scelta tra diverse opzioni indicate per le diverse condizioni dell'azienda. In generale, i metodi di prevenzione devono rispettare il criterio della sostenibilità economica e dell'adattabilità alla realtà locale. Pertanto è necessario conoscere non solo il territorio in cui si opera, ma anche le modalità di predazione e la tipologia di bestiame da proteggere.

Tra i metodi di prevenzione possiamo distinguere le strutture che interpongono una barriera fisica tra il bestiame e il predatore e sistemi che interferiscono con l'attività predatoria. I primi includono recinzioni di diverso tipo, ma è bene tenere presente che solo con determinati accorgimenti si dimostrano realmente utili allo scopo. Le recinzioni elettrificate devono quindi essere composte di almeno 4 fili conduttori metallici posti a una distanza di 20 cm l'uno dall'altro e paralleli al terreno, con una potenza massima di 5 J. Questi sistemi hanno trovato un riscontro positivo tra gli allevatori per la facilità di montaggio e l'efficacia effettiva. Lo stimolo elettrico percepito dal predatore, che tocca il filo elettrificato con il muso, è estremamente doloroso e intenso, ma innocuo. Inoltre sarebbe auspicabile creare un ulteriore recinto a singolo filo elettrificato a circa 30 cm da terra all'esterno del recinto vero e proprio come deterrente aggiuntivo. Questo sistema è stato molto utilizzato in Slovenia, dove si è dimostrato la soluzione ottimale. Oltre alle recinzioni elettrificate, rientrano in questa categoria i sistemi *fladry*: si tratta di barriere formate da un filo posto orizzontalmente al terreno a un'altezza che va dai 25 a 75 cm a cui vengono applicate delle strisce di stoffa colorata o di materiale elettrificato. Sono di

facile utilizzo e hanno costi molto bassi, ma richiedono una manutenzione regolare; inoltre sono utili solo per brevi periodi a causa dell'assuefazione e quindi della ridotta efficacia.

I sistemi dissuasivi che interferiscono con l'attività predatoria sono primariamente rappresentati dall'utilizzo di cani da guardia del bestiame; questi sono stati utilizzati tradizionalmente per difendere gli ovini e nel corso dei secoli sono state selezionate diverse razze tra le quali oggi la più utilizzata in Italia è il pastore maremmano-abruzzese. I cuccioli dovrebbero essere inseriti all'interno del gregge o della mandria appena svezzati per facilitarne la socializzazione; è auspicabile la formazione di un branco strutturato con individui di sessi ed età diversi, che quindi assumono ruoli diversi. Il numero dei cani deve essere proporzionato al numero di capi da proteggere ma per ottenere buoni risultati non dovrebbe essere sotto i cinque individui. Generalmente si ottengono notevoli riduzioni delle predazioni (Salvatori e Mertens 2012) e una generale soddisfazione da parte degli allevatori. Esistono inoltre dei dissuasori ottico-acustici: si tratta di strumenti dotati di sensore di movimento che emettono suoni o/e luci al passaggio di animali o a intervalli regolari impostati dall'allevatore. I suoni registrati emessi variano di volta in volta per evitare l'assuefazione del predatore; i dissuasori hanno un raggio di azione di circa 100 m e possono anche essere attivati in serie coprendo un vasto territorio. Se dotati di pannello solare sono completamente indipendenti, ma necessitano di manutenzione periodica e devono essere posizionati in siti non accessibili al bestiame, che tende a danneggiarli.

Dall'analisi condotta sull'impiego di sistemi anti-predatori da parte delle aziende nell'Appennino Pavese, emerge come i sistemi più efficaci, ovvero le recinzioni anti-predatorie e l'impiego di cani da guardia del bestiame, non siano sufficientemente diffuse.

Oltre ciò, bisogna considerare le pratiche gestionali messe in atto dall'allevatore stesso, che nel contesto analizzato non risultano molto buone. Infatti, in più del 60% dei casi analizzati il bestiame al pascolo non viene ricoverato durante la notte. In generale, il ricovero notturno, o in giornate di nebbia e pioggia, riduce drasticamente il numero di attacchi (Blanco et al. 1992, Boitani 1992) e rappresenta una soluzione efficace anche se praticamente inattuabile in situazioni in cui il bestiame è disperso su grandi superfici, come avviene in alcune aree d'alpeggio nell'Appennino pavese. Anche la presenza dell'allevatore stesso sul pascolo è di fondamentale importanza, poiché la presenza umana rappresenta un fattore dissuasivo molto forte per una specie elusiva come il lupo. Sebbene la maggioranza degli allevatori affermi una sorveglianza costante del pascolo, in alcuni casi questa rimane del tutto assente. Appare evidente che, in generale, la probabilità di attacco aumenti al diminuire del grado di sorveglianza degli animali al pascolo, raggiungendo valori più elevati nel caso in cui il bestiame sia del tutto incustodito (Fritts 1982, Blanco et al. 1992, Okarma 1995, Vos 2000). Infine bisogna considerare anche la stabulazione delle fattrici durante il parto, che rappresenta un momento di grande vulnerabilità per il bestiame, soprattutto per i bovini. Il lupo preda

quasi esclusivamente vitelli di età inferiore ai dieci giorni, poiché all'età di circa due settimane essi vengono inclusi nelle mandrie, i cui membri esercitano una difesa attiva nei confronti dei predatori. Una corretta gestione dell'allevamento, specialmente nel caso della linea vacca-vitello, dovrebbe prevedere la formazione di gruppi di monta in periodi precisi al fine di concentrare le nascite e applicare maggiori misure di prevenzione su pochi individui per volta. Sebbene la sincronizzazione dei parti non sia una pratica diffusa nell'Appennino Pavese, molti allevatori riescono a stabulare le vacche partorienti poco prima del termine e lasciarle in stalla per qualche settimana in modo da proteggere i vitelli.

Oltre alle misure di prevenzione, che possono essere incentivate da parte della Pubblica Amministrazione, è auspicabile un risarcimento adeguato alle perdite subite dagli allevatori; inoltre, nel medio-lungo periodo, la compensazione dei danni dovrebbe essere vincolata all'applicazione di misure di prevenzione in modo da evitare l'insorgere di atteggiamenti passivi da parte degli allevatori o addirittura di fenomeni di dipendenza economica (Genovesi 2002). In effetti, gli allevatori che hanno subito più di una predazione nell'Appennino Pavese non hanno risposto al danno aumentando la propria capacità difensiva e questo è sicuramente un atteggiamento da scoraggiare.

Il modello del rischio di predazione formulato ha evidenziato una discreta capacità predittiva, tuttavia bisogna considerare che dato l'esiguo numero di dati disponibili e utilizzabili per la formulazione (cioè il numero di pascoli predati) esso non può essere considerato statisticamente molto robusto. Secondo il modello ottenuto il rischio di predazione aumenterebbe al diminuire dell'utilizzo di recinzioni (in questo caso di qualsiasi tipo), dell'utilizzo di cani da guardia del bestiame e del grado di sorveglianza. Considerando le variabili ambientali, il rischio di predazione aumenterebbe all'aumentare delle aree aperte e al diminuire delle aree boscate. Queste rappresentano l'habitat ideale per diverse specie preda del lupo e sono dunque selezionate dal predatore; in questo ambiente il lupo riesce quindi a predare molto più facilmente una preda selvatica e non ha quindi necessità di predare capi di bestiame.

Coerentemente ai dati relativi alle predazioni, il modello ha generalmente classificato le aree di pascolo dell'Appennino Pavese come a basso rischio di predazione.

Le azioni di mitigazione messe in atto nell'Appennino Pavese per la riduzione dei conflitti tra il lupo e l'attività zootecnica dovrebbero prevedere diversi passaggi:

Campagna (in)formativa rivolta ai portatori d'interesse: sarebbe auspicabile informare gli allevatori sulla corretta procedura da seguire per denunciare i casi di predazione e ottenere quindi il rimborso. Ciò aumenterebbe la loro fiducia nei confronti delle istituzioni pubbliche competenti in materia, e, allo stesso tempo, consentirebbe la raccolta di dati importanti relativi alle predazioni per avere un quadro conoscitivo completo fondamentale per gestire il conflitto. Inoltre, in questa fase dovrebbe essere coinvolto il personale pubblico con competenze in materia.

Oltre al rimborso dei danni, che deve essere il più rigoroso possibile, sarebbe necessaria la messa in atto di misure preventive mirate.

Supporto nell'attuazione di misure difensive anti-predatorie: queste non dovrebbero essere elargite in modo totalmente gratuito e “a pioggia” sulle aziende zootecniche. Il supporto, sia economico sia tecnico, nella fase di messa in opera di sistemi preventivi dovrebbe essere rivolto primariamente a quelle poche aziende i cui pascoli sono stati classificati come ad alto rischio di predazione e, successivamente, a medio rischio di predazione. Questo approccio ridurrebbe lo sperpero delle risorse e aiuterebbe le aziende più vulnerabili. Accanto al supporto materiale, dovrebbe comunque essere fornita una formazione teorica a tutte le aziende presenti, in modo che esse stesse possano prendere decisioni gestionali più oculate.

I sistemi anti-predatori promossi dovrebbero essere calibrati su ogni azienda considerata; in linea generale, per piccoli pascoli la soluzione ottimale sarebbe rappresentata da recinzioni elettrificate anti-lupo, ovvero composte da almeno 4 fili opportunamente distanziati e un'ulteriore recinzione esterna a filo unico, anch'esso elettrificato. Questo tipo di soluzione non potrebbe essere praticata sui pascoli di dimensioni maggiori (p. es. gli alpeggi), poiché la manutenzione di recinti così vasti sarebbe molto dispendiosa e i costi di messa in opera molto elevati. Inoltre recinzioni così efficaci su aree molto vaste potrebbero disturbare e danneggiare varie specie di fauna. In questi casi, sarebbe invece molto opportuno l'impiego di cani da guardia per il bestiame, specialmente quelle razze selezionate a questo scopo (es. pastore maremmano-abruzzese o pastore dei Pirenei). Il fattore importante è la scelta dell'allevamento dei cani, che deve garantire linee di sangue poco aggressive nei confronti dell'uomo e di altri cani, poiché questi animali entreranno spesso in contatto con persone estranee (es. escursionisti, ciclisti, cacciatori, ecc.). Infine, indipendentemente dalla dimensione del pascolo utilizzato, dalla specie allevata e dall'orientamento produttivo, dovrebbero essere promosse quelle buone pratiche gestionali che possono minimizzare il rischio di subire predazioni; vale a dire la sorveglianza costante da parte dell'allevatore, la stabulazione delle fattrici prima e dopo il parto e, quando possibile, il ricovero notturno del bestiame.

In aggiunta a ciò, è auspicabile che, al fine di evitare conflitti burocratici e amministrativi, si venga a creare un coordinamento istituzionale, tecnico e amministrativo tra i soggetti coinvolti, ovvero allevatori, veterinari e altri enti competenti, quali Amministrazione provinciale e Regione.

Sopralluogo congiunto in caso di predazione: sarebbe auspicabile una standardizzazione del sistema “denuncia – controllo – rimborso” da parte degli organismi competenti (ATS, Polizia Provinciale, Corpo Forestale dello Stato, ecc.), in termini di velocità ed efficienza, in grado di evitare il protrarsi di ostilità con gli allevatori, evitando così fenomeni di persecuzione nei confronti della specie. Quindi sarebbe necessario che ogni caso di possibile predazione fosse tempestivamente denunciato e controllato da

esperti che in grado di attribuire la predazione, in base alle modalità di attacco, uccisione e consumo delle prede. Perché questo avvenga è opportuno che i servizi veterinari ai quali solitamente si rivolge l'allevatore, siano sensibilizzati in modo che inoltrino la segnalazione del danno all'amministrazione competente e si possa organizzare un sopralluogo congiunto da parte di veterinario, personale di vigilanza dell'amministrazione provinciale e un esperto faunistico competente in materia.

Registrazione nelle banche dati dell'Anagrafe Zootecnica: attualmente la predazione non è prevista tra le cause di morte del bestiame e i veterinari dell'ATS possono solamente aggiungerla nelle annotazioni. Questo comporta che i capi di bestiame predati siano registrati come morti sul pascolo e che nei registri dell'ATS non compaiano i casi di predazione. Una volta accertata con l'intervento degli esperti faunistici, la predazione dovrebbe comparire tra le cause di mortalità che il veterinario che ha compiuto il sopralluogo registra e invia all'ATS per lo scarico del capo di bestiame dall'allevamento, in modo che sia facile e immediato sapere per chiunque e, in particolare per le istituzioni preposte, se vi siano state predazioni in un determinato territorio, in un dato periodo.

Trattamento della carcassa: attualmente le carcasse degli animali predati dovrebbero essere asportate e smaltite come rifiuti speciali. Questo comporta costi molto elevati per l'allevatore e fa sì che venga sottratta un'importante fonte di cibo per i lupi, i quali si trovano costretti a predare altri capi di bestiame. Una volta accertato dal veterinario dell'ATS che ha compiuto il sopralluogo che l'animale predato era esente da malattie, questo potrebbe essere lasciato in loco in modo che i lupi possano tornare a cibarsi della carcassa, evitando così ulteriori predazioni.

- Anderson M.J. (2001) A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26: 32- 46.
- Barabesi L., Fattorini L. (2013) Random versus stratified location of transects and points in distance sampling: A theoretical comparison. *Environmental and Ecological Statistics*, 20(2): 215-236
- Barabesi L., Franceschi S. (2011) Sampling properties of spatial total estimators under tessellation stratified designs. *Environmetrics*, 22: 271-278
- Blanco J.C., Reig S., De la Cuesta L. (1992). Distribution, status and conservation problems of the wolf *Canis lupus* in Spain. *Biological conservation*. 60: 73-80.
- Boitani L.(1992) Wolf research and conservation in Italy *Biol.Conserv.*, 61.
- Brillouin L. (1956) *Science and information theory*. New York: Academic Press.
- Brunner H., Coman B. (1974) *The identification of Mammalian hair*. Inkata Press, Melbourne.
- Buckland S.T., Anderson D.R., Burnham K.P., Laake J.L., Borchers D.L. et al. (2004) *Advanced Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*. New York: Oxford University Press.
- Calenge C. (2015) Home range estimation in R: the adehabitatHR package. The Comprehensive R Archive Network.
- Capitani C., Bertelli I., Varuzza P. Scandura M., Apollonio M. (2004) A comparative analysis of wolf (*Canis lupus*) diet in three different Italian ecosystems. *Mammalian Biology*, 69: 1-10.
- Carbone C., Teacher A., Rowcliffe J.M. (2007) The costs of carnivory. *PLoS Biology*, 5: 1–6.
- Ciucci P., Boitani L. (2005) Wolf-livestock conflict in Italy: methods, state of the art, research and conservation. *Biologia e Conservazione della Fauna*, 115: 26-51.
- Crête M. e Messier F. (1987) Evaluation of indices of gray wolf, *Canis lupus*, density in hardwood-conifer forests of southwestern Quebec. *Canadian field-naturalist*. Ottawa ON, 101(2), 147-152.
- De Marinis A.M., Asprea A. (2006) Hair identification key of wild and domestic ungulates from southern Europe. *Wildlife Biology*, 12: 305–320
- Debrot S. (1982) *Atlas des pois de mammifères d'Europe*. Insitut de Zoologie de l'Université de Neuchâtel. Pp: 208.
- Dixon P.M. (1993) The bootstrap and the jackknife: describing the precision of ecological indices. In: S.M. Scheiner, J. Gurevitch (eds). *Design and analysis of ecological experiments*. New York: Chapman & Hall. Pp. 290-318.
- Dondina O., Meriggi A., Dagradi V., Perversi M., Milanese P. (2015) Wolf Predation on Livestock in an Area of Northern Italy and Prediction of Damage Risk. *Ethology, Ecology & Evolution* 27: 200-219.
- Dormann C.F., Elith J., Bacher S., Buchmann C., Carl G. (2013) Collinearity: a re-view of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography* 36:27–46.
- Dunn O.J. (1964) Multiple comparisons using rank sums. *Technometrics*, 6: 241–241.
- Feisinger P., Spears E.E., Poole R.W. (1981) A simple measure of niche breadth. *Ecology*, 62: 27-32.
- Fritts S.H. (1982) Wolf depredation of livestock in Minnesota. Resource Publ.145. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington D.C.

- Galaverni M., Caniglia R., Fabbri E., Milanese P., Randi E. (2015) One, no one, or one hundred thousand: how many wolves are there currently in Italy? *Mammal Research*, 1-12
- Gazzola A., Bertelli I., Avanzinelli E., Tolosano A., Bertotto P., Musso R., Apollonio M. (2005) Predation by wolves (*Canis lupus*) on wild and domestic ungulates of the western Alps, Italy. *Journal of Zoology*, 266(2): 205-213.
- Genovesi P. (2002) Piano d'azione nazionale per la conservazione del lupo (*Canis lupus*). Quaderni di Conservazione della Natura numero 13, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica "Alessandro Ghigi".
- Gervasi V., Sand H., Zimmermann B., Mattisson J., Wabakken P. et al. (2013). Decomposing risk: landscape structure and wolf behavior generate different predation patterns in two sympatric ungulates. *Ecol Appl* 23:1722–1734.
- Glen A.S. Dickman C.R. (2006) Diet of the spotted-tailed quoll (*Dasyurus maculatus*) in eastern Australia: effects of season, sex and size. *Journal of Zoology*, 269: 241–248
- Hammer O. (2010) Past v.2.01: Reference manual. Natural History Museum University of Oslo. Oslo.
- Hesterberg T., Moore D.S., Monaghan S., Clipson A., Epstein R. (2005) Bootstrap, methods and permutation tests. In: D.S. Moore, & G.P. McCabe (eds). *Introduction to the practice of statistics* (5th ed.). New York: WH Freeman. Pp. 1-74.
- Hosmer D.W., Lemeshow S. (2000) *Applied Logistic Regression*. Hoboken: John Wiley and Sons.
- Huggard D.J. (1993) Prey selectivity of wolves in Banff National Park. I. Prey species. *Canadian Journal of Zoology*. 71: 130–139.
- Jaynes E.T. (1957) Information theory and statistical mechanics. *Physical review* 106(4): 620.
- Jędrzejewski W., Schimdt K., Theuerkauf J., Jędrzejewska B., Selva N., Zub K., Szymura I. (2002) Kill rates and predation by wolves on ungulate populations in Białowieża Primeval Forest (Poland). *Ecology*, 83: 1341–1356.
- Jędrzejewski W., Niedzialkowska M., Nowak S., Jędrzejewska B. (2004) Habitat variables associated with wolf (*Canis lupus*) distribution and abundance in northern Poland. *Diversity and Distributions*, 10(3): 225-233.
- Kaartinen S., Kojola I., Colpaert A. (2005) Finnish wolves avoid roads and settlements. *Annales Zoologici Fennici*. Finnish Zoological and Botanical Publishing Board. Pp. 523-532.
- Kruuk H., Parish T. (1981) Feeding specialization of the european badger *Meles meles* in Scotland. *Journal of Animal Ecology*, 50: 773-788.
- Laver P.N., Kelly M.J. (2008) A critical review of home range studies. *The Journal of Wildlife Management*, 72(1): 290-298.
- Lovari S., Sforzi A., Scala C., Fico R. (2007) Mortality parameters of the wolf in Italy: does the wolf keep himself from the door? *Journal of Zoology*, 272(2): 117-124.
- Manly B.F.J. (2003) Randomization, bootstrap and Monte Carlo methods in Biology. Manly Editorial. Text in Statistical Science 3rd edition.
- Massolo A., Meriggi A. (1998) Factors affecting habitat occupancy by wolves in northern Appennines (northern Italy): a model of habitat suitability. *Ecography*, 21: 91 - 107.
- Mattioli L., Capitani C., Gazzola A., Scandura M., Apollonio M. (2011) Prey selection and dietary response by wolves in a high-density multi-species ungulate community. *European Journal of Wildlife Research*, 57(4): 909-922.
- Meriggi A. (1995) *Aspetti dell'ecologia del lupo in provincia di Genova e territori limitrofi*. Provincia di Genova - Università degli Studi di Pavia

- Meriggi A., Brangi A., Schenone L., Signorelli D., Milanesi P. (2011) Changes of wolf (*Canis lupus*) diet in Italy in relation to the increase of wild ungulate abundance. *Ethology Ecology & Evolution* 23(3).
- Meriggi, A., Milanesi, P., Serafini, M., Torretta, E., Imbert, C., Caniglia, R., Fabbri, E., Randi, E., Schenone, L., Signorelli, D., Puopolo, F., Zanzottera, M., Magliano, M. (2014). Status ed ecologia del lupo in Liguria. Dal monitoraggio alla gestione dei conflitti. Relazione tecnica Progetto "Il Lupo in Liguria". Regione Liguria.
- Mori E., Benatti L., Lovari S., Ferretti F. (2017) What does the wild boar mean to the wolf? *Eur J Wildl Res* 63(1):9.
- Newsome T.M., Boitani L., Chapron G., Ciucci P., Dickman C.R., Dellinger J. A., et al. (2016) Food habits of the world's grey wolves. *Mammal Review* 46: 255-269.
- Okarma H. (1995). The trophic ecology of wolves and their role in ungulate communities of forest ecosystems in Europe. *Acta Theriologica*. 40: 335-386.
- Phillips S.J. (2017) A Brief Tutorial on Maxent. Available from url: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/.
- Phillips S.J., Anderson R.P., Schapire R.E. (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- Pouille M.L., Carles L., Lequette B. (1997) Significance of ungulates in the diet of recently settled wolves in the Mercantour mountains (southeastern France). *Revue d'écologie*, 52(4): 357-368.
- Prigioni C, Cantini M, Zilio A. (2001) Atlante dei mammiferi della Lombardia. Regione Lombardia e Università degli Studi di Pavia. 324 Pp.
- Salvatori V., Mertens A.D. (2012) Damage prevention methods in Europe: experiences from LIFE nature projects. *Hystrix*, 23(1).
- Seaman D.E., Powell R.A. (1996) An evaluation of the accuracy of kernel density estimators for home range analysis. *Ecology*, 77(7): 2075-2085.
- Schonewald-Cox C., Azari R. e Blume S. (1991) Scale, variable density, and conservation planning for mammalian carnivores. *Conservation Biology*, 5, 491-495.
- Silverman B. W. (1986) *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. Chapman & Hall, London. Pp. 176
- Teerink B.J. (1991) *Hair of West-European Mammals*. Cambridge University Press, Cambridge. p. 224.
- Torretta E. e Meriggi A. (2018) Monitoraggio della presenza del lupo nell'appennino pavese: espansione dell'areale, idoneità ambientale e stima della popolazione. Università degli Studi di Pavia.
- Torretta E., Princisgh E., Meriggi A. (2018) Zootechnia in Oltrepò Pavese: cambiamenti recenti, situazione attuale e censimento delle aree di pascolo. Università degli Studi di Pavia.
- Vos J. (2000). Food habits and livestock depredation of two Iberian wolf (*Canis lupus signatus*) packs in the north of Portugal. *Journal of Zoology*, 251: 457-462.
- Zuur A.F., Ieno E.N., Elphick C.S. (2010) A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods Ecol Evol* 1:3-14.

Questionario sottoposto alle aziende zootecniche contattate

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA E DELL'AMBIENTE

Azienda	
Nome e cognome proprietario	
Codice	
Comune	
Località	
Recapiti	Telefono
	E-mail
	Sito
	Altro

Bestiame			
☐ bovini ☐ caprini ☐ ovini ☐ equini			
	Numero capi	Razza	Orientamento
bovini:			
caprini:			
ovini:			
equini:			
Totale			

Pascolo invernale	
Pascolo adiacente stalla	☐ sì ☐ no
Periodo bestiame al pascolo	da _____ a _____ - mesi tot. _____
Comune pascolo/i	
Località pascolo/i	
Acqua	☐ sì ☐ no - n. punti acqua: ____
Note	

Pascolo estivo	
Monticazione	☐ si ☐ no
Periodo bestiame al pascolo	da _____ a _____ - mesi tot. _____
Comune pascolo/i	
Località pascolo/i	
Acqua	☐ si ☐ no - n. punti acqua: ____
Note	

Parti sul pascolo	☐ si ☐ no
Periodo	da _____ a _____
Juv. (< 1 mese) sul pascolo	☐ si ☐ no
Periodo	da _____ a _____
Note	

Metodi preventivi anti-predatori	
Ricovero notturno	☐ si ☐ no
Sorveglianza pastore	☐ costante ☐ saltuaria ☐ assente controllo ogni ____ giorni
Recinzioni contenitive	☐ si ☐ no tipo: ☐ filo elettrificato ☐ rete ☐ altro: _____ dimensioni recinto: _____
Recinzioni elettrificate anti-lupo	☐ si ☐ no dimensioni recinto: _____
Cani	☐ si ☐ no
	guardia conduzione
	razza: razza:
	n. cani: n. cani:
	età: età:
Dissuasori acustici	☐ si ☐ no
	n. dissuasori: ____
Fladry	☐ si ☐ no
Note	

Predazioni				
Evento	1	2	3	4
Anno evento				
Numero capi predati				
Denuncia	☐ si ☐ no	☐ si ☐ no	☐ si ☐ no	☐ si ☐ no
Rimborso	☐ si ☐ no	☐ si ☐ no	☐ si ☐ no	☐ si ☐ no
Note				