



UNIVERSITÀ
DI TORINO

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TORINO

Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi

TESI DI LAUREA MAGISTRALE
Evoluzione del comportamento animale e dell'uomo

Dinamiche venatorie e stato di salute del Capriolo (*Capreolus capreolus*)
nelle Alpi Marittime

Candidato:
Francesca Gaydou

Relatrice:
Francesca Marucco

Correlatori:
Dario Giuseppe Airaudo

Joana Nery

Anno Accademico 2021/2022

INDICE

1. INTRODUZIONE	5
1.1 Progetto LIFE WOLFALPS EU.....	7
1.2 Obiettivi di tesi.....	8
2. AREA DI STUDIO	10
2.1 Inquadramento generale.....	10
2.2 Analisi morfologica.....	11
2.3 Confini amministrativi.....	14
3. MATERIALI E METODI	16
3.1 Raccolta dei dati degli abbattimenti della specie di Capriolo dal 2006 al 2021.....	16
3.1.1 Descrizione della formulazione del Piano di Prelievo e assegnazione.....	16
3.1.2 Dati utilizzati.....	19
3.2 Serie Storiche.....	20
3.2.1 Serie storica su base annuale.....	21
3.2.2 Serie storica su base mensile.....	22
3.3 Analisi spaziale.....	23
3.3.1 <i>Trend</i> dell'abbattimento per cella.....	23
3.3.2 Effetto dei fattori morfologici, ambientali, antropici sulla distribuzione degli abbattimenti.....	24
3.4 Raccolta dati carcasse di capriolo.....	26
3.4.1 Metodi di campionamento.....	26
3.4.2 Analisi macroscopica descrittiva.....	29

3.4.3 Sostanza secca (SS).....	30
3.4.4 Estratto etereo (EE).....	31
3.4.5 Analisi statistiche e comparazione dei campioni.....	33
4. RISULTATI.....	34
4.1 Analisi delle serie storiche su base annuale.....	34
4.2 Serie storica della percentuale di prelievo su base annuale.....	37
4.3 Analisi delle serie storiche su base mensile.....	40
4.4 <i>Zonal statistics</i>	41
4.5 Analisi dei fattori morfologici, ambientali, antropici sulla distribuzione degli abbattimenti (GLM).....	43
4.6 Analisi descrittiva del <i>dataset</i> dei midolli ossei di capriolo.....	44
4.6.1 Colore, sostanza secca ed estratto etereo dei midolli ossei.....	45
4.6.2 Sostanza secca dei midolli di differenti ossa lunghe.....	47
4.6.3 Correlazione tra SS e EE delle ossa lunghe.....	49
5. DISCUSSIONE.....	52
5.1 Dinamiche venatorie.....	52
5.2 Midollo osseo indicatore dello stato di salute.....	56
6. CONCLUSIONI.....	60
7. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	63
APPENDICE A.....	73
APPENDICE B.....	75

1. INTRODUZIONE

In Italia il capriolo (*Capreolus capreolus*) ha avuto una distribuzione continua sul territorio sino al XV secolo. Tuttavia, la crisi sociale ed economica della metà dell'Ottocento portò alla colonizzazione da parte dell'uomo di molte aree montane, che furono poi sfruttate per l'agricoltura, il disboscamento e il pascolo del bestiame a discapito delle aree boschive. Tutto ciò è stato la causa principale delle diffuse estinzioni di popolazioni animali (Perco, 2011). Successivamente, negli anni '60 del secolo scorso, l'abbandono delle colture montane e della maggior parte delle attività d'alpeggio causò un cospicuo rimboschimento del territorio caratterizzato da un buon sviluppo di fasce ecotonali e ambienti di transizione (Bontardelli et al., 2003) che portarono un aumento della specie. Nel tempo e in relazione ai cambiamenti del paesaggio, il capriolo ha sviluppato una spiccata capacità di adattamento, che gli ha consentito di colonizzare *habitat* che si discostavano anche notevolmente da quello elettivo (Bontardelli et al., 2003).

Al giorno d'oggi, le aree di natura selvaggia indisturbata stanno rapidamente diminuendo, dipendentemente all'aumento dell'urbanizzazione e l'intensificazione dell'agricoltura costringendo gli animali selvatici, anch'essi in aumento (Apollonio et al. 2010; Morellet et al. 2011a), a integrarsi negli ambienti urbani (Jasińska, et al., 2020). Tutto questo rappresenta un ecosistema complesso, caratterizzato dalla sua composizione unica di predatori, prede, presenza antropica, differenze nella produttività degli *habitat* e nel clima (Bassi et al., 2020).

Le dinamiche di popolazione del capriolo nel tempo possono quindi variare a causa di vari fattori, sia naturali che antropici, quali la predazione da parte del lupo, la pressione venatoria, ma anche molti altri fattori come, ad esempio, la fame e scarsità di cibo, le malattie, le condizioni invernali, la competizione interspecifica con altri ungulati, incidenti, ecc. (Ossi et al., 2014; Ferretti et al., 2019; Hagen et al., 2021; Zele Vengušt et al., 2021; Franchini et al., 2023). L'azione congiunta della caccia e della predazione del lupo può portare al declino delle popolazioni di prede, quindi è importante capire se, in un dato ecosistema, gli ungulati sono soggetti a effetti compensatori o additivi da parte della caccia, della predazione e altri fattori di mortalità (Bassi et al., 2020).

Va inoltre tenuto conto che la presenza dell'uomo e le attività umane causano disturbi che possono essere percepiti dagli animali come analoghi alla presenza di predatori e paragonati a una forma di rischio di predazione (Frid et al., 2002; Proffitt et al., 2009; Ciuti et al., 2012). Ad esempio, nello studio di Bassi et al. (2020) si evidenzia che in Appennino il prelievo

venatorio sottrae alle popolazioni di ungulati un tributo più elevato rispetto alla predazione da parte del lupo. Pertanto, tra i predatori è necessario considerare sia quelli naturali come il lupo (Gazzola et al., 2007; Dickie et al., 2017) sia quelli umani (Montgomery et al., 2022). Va specificato che i cacciatori sono distinti dai predatori selvatici in quanto le decisioni di prelevare determinate specie, o individui all'interno delle specie, sono influenzate da fattori antropici (Montgomery et al., 2022).

I predatori (in senso lato) influenzano direttamente le popolazioni degli animali, influenzando direttamente sul loro tasso di mortalità, ma anche indirettamente, alterando il loro comportamento (Lima & Dill, 1990; Griesberger et al., 2023) o la loro fisiologia (Creel et al., 2007; Zbyryt et al., 2018; Palmer et al., 2022). Poiché i periodi di attività venatoria e le attività antropiche sono generalmente prevedibili sia spazialmente che temporalmente (Proffitt et al. 2009; Crowsigt et al. 2013), in tali periodi gli ungulati possono adattarsi comportamentalmente al rischio (Sönnichsen et al. 2013; Lone et al. 2015). Diversamente, negli altri periodi possono anche trarre profitto dalla vicinanza agli esseri umani, che in alcuni casi può diminuire il rischio di predazione da parte dei grandi carnivori (Hebblewhite et al. 2005; Berger, 2007; Kuijper et al. 2015).

È stato documentato che durante i periodi venatori, in cui la percezione del rischio di predazione è elevata da parte delle prede, l'influenza indiretta sul comportamento induce cambiamenti nell'attività, nella selezione dell'*habitat*, nella vigilanza e nella dimensione del gruppo (Lima & Dill, 1990; Sönnichsen et al. 2013; Palmer et al., 2022). Tali comportamenti antipredatori sono anche sviluppati dalla pressione predatoria da parte del lupo o di altri carnivori (Creel & Winnie, 2005; Barja & Rossellini, 2008).

Per sfuggire ai predatori, la preda può apportare cambiamenti etologici che tipicamente presentano costi sotto forma di *fitness* (Werner & Peacor, 2003; Palmer et al., 2022). Ad esempio, alcuni individui riducono al minimo il rischio di predazione utilizzando *habitat* più sicuri, ma la conseguenza di questo è l'accesso limitato a quegli *habitat* ricchi di foraggio (Bonnot et al., 2013, Palmer et al., 2022). Diversamente, altri animali daranno la priorità all'acquisizione di risorse di alta qualità esponendosi ad un grado di rischio più elevato. Dal punto di vista comportamentale, quindi, la predazione può indurre una serie di difese nella preda che spesso compromettono lo sforzo di foraggiamento (Lima, 1998, 2002; Mangel & Clark, 1988; Sih et al., 1998). Essendo il capriolo selezionatore di concentrati (Hofmann et al., 1989; Bonnot et al., 2013), un minor foraggiamento e una sua minor qualità potrebbero compromettere anche lo stato di salute. In particolare, è stato descritto che animali che si

trovano in condizioni fisiche migliori hanno la capacità di dedicare maggiori sforzi per evitare o rispondere a fonti di disturbo umano (Montgomery et al., 2020a), spostando ed alterando i propri modelli di attività nel tempo (Gaynor et al., 2018; Oberosler et al., 2017; Richter et al., 2020) e nello spazio (Lone et al., 2015) all'interno dell'*habitat* frequentato. Come appare evidente anche in altri studi, combinare la valutazione delle dinamiche spaziali e temporali consente una migliore comprensione delle informazioni che possono rimanere altrimenti inosservate (Iacopelli et al., 2020; Fanelli et al., 2020b).

Con il presente studio ho quindi valutato le dinamiche venatorie spaziali e temporali nel Comprensorio Alpino di caccia Cuneo 5 (CACN5), in regione Piemonte nel sud della provincia di Cuneo, nelle Alpi Marittime. Nel CACN5 il capriolo è l'unico cervide cacciato ed è esposto ad una pressione venatoria durante la stagione di caccia (da settembre a dicembre). Pertanto, in base alle considerazioni di cui sopra, al fine di comprendere le dinamiche venatorie all'interno di tale porzione di Alpi italiane, è stato necessario effettuare un primo approfondimento sugli effetti della caccia sia da un punto di vista temporale che spaziale. Inoltre, utilizzare l'analisi del midollo osseo come *proxy* dello stato di salute ha consentito di studiare le condizioni fisiche di tali animali.

Queste analisi hanno richiesto un approccio multidisciplinare che è noto in letteratura solo in minima parte, ma che può dare grandi informazioni e costituire la base di ricerche future.

1.1. Progetto LIFE WOLFALPS EU

Il progetto LIFE WOLFALPS EU 2019-2024 ha permesso di impostare un nuovo monitoraggio della specie a scala alpina. Esso si basa sui risultati del precedente Progetto LIFE WolfAlps 2013-2018 e la squadra di enti e istituzioni implementano azioni coordinate si propongono di garantire la conservazione del lupo e di supportarne la coesistenza e la convivenza con l'uomo sull'arco Alpino, non solo in Italia ma anche in Francia, Austria e Slovenia. In dettaglio, le azioni del progetto Europeo sono: (i) azioni preparatorie, elaborazione di piani di gestione e/o piani di azione (A), (ii) azioni di conservazione (C), (iii) monitoraggio dell'impatto del progetto (D), (iv) sensibilizzazione del pubblico e disseminazione dei risultati (E), (v) gestione del progetto (F) (www.lifewolfalps.eu).

Collegate all'ambito di ricerca di tale tesi sono le azioni di conservazione (C), in particolare l'azione C3 che riguarda lo studio sulle dinamiche tra attività umane-preda-predatore.

Alcune aree, come quella che si trova all'interno delle Alpi Marittime, rappresentano ecosistemi complessi dove sono presenti predatori (lupi), prede selvatiche (principalmente cervidi e bovidi), domestici (bovini e ovi-caprini) e umani con intense e svariate attività sul territorio. Tra le attività antropiche inserite in tale contesto vi è la caccia e pertanto al fine del progetto, risulta fondamentale il coinvolgimento del mondo venatorio e la valutazione delle dinamiche spaziali e temporali del prelievo venatorio (Simon et al., 2020).

1.2. OBIETTIVI DI TESI

Questo studio ha indagato le dinamiche venatorie sia a livello temporale sia a livello spaziale attraverso l'analisi della serie storica dei capi di capriolo abbattuti dal 2006 al 2021 all'interno delle Alpi Marittime. Inoltre, viene indagato lo stato di salute del piccolo cervide attraverso il metodo dell'analisi del midollo osseo presente all'interno delle ossa lunghe. In particolare si è valutata:

1. Variazione spazio-temporale e numerica dei capi abbattuti di capriolo (*Capreolus capreolus*) nel Comprensorio Alpino Cuneo 5 (CACN5) nelle stagioni venatorie degli anni 2006-2021

- i. Confronto dell'andamento del *trend* storico partendo dal piano di prelievo realizzato rispetto al piano di prelievo approvato per ciascun anno e ciascuna classe, al fine di individuare se il *trend* del cacciato abbia subito un decremento corrispondente ad un mancato completamento dei piani durante il periodo venatorio associabile alla mancata individuazione o assenza dell'animale;
- ii. Descrizione spaziale attraverso la geolocalizzazione dei singoli abbattimenti: vengono determinate le zone all'interno dell'area di studio (CACN5) maggiormente utilizzate dai cacciatori durante l'attività venatoria. Quindi valutati gli elementi geografici, naturali e antropici come l'asperità del terreno, la facilità di raggiungere luoghi tramite mezzi a motore, la distanza dai centri abitati che possano influenzarne la scelta dell'appostamento e l'effettivo abbattimento.

2. Valutare lo stato di salute dei caprioli rinvenuti morti con l'analisi del midollo delle diverse ossa lunghe e loro comparazione

- i. Descrizione dello stato di salute dei caprioli rinvenuti morti tramite analisi della sostanza secca del midollo contenuto all' interno delle sei ossa lunghe degli arti in particolare femore, tibia, metatarso, omero, radio, metacarpo e analisi dell'estratto etereo del femore;
- ii. Confronto dei risultati rispetto alle quantità di sostanza secca e grassi ricavate dalle diverse ossa del medesimo animale al fine di comprendere se possano essere comparabili tra loro.

2. AREA DI STUDIO

2.1. Inquadramento generale

L'area di studio corrisponde ai confini amministrativi CACN5, un sistema paesaggistico montano e pedemontano di notevole rilievo che occupa la porzione meridionale della provincia di Cuneo e ricade territorialmente nelle valli Pesio, Vermenagna e Gesso con un'estensione pari a 709 km² (Figura 1).

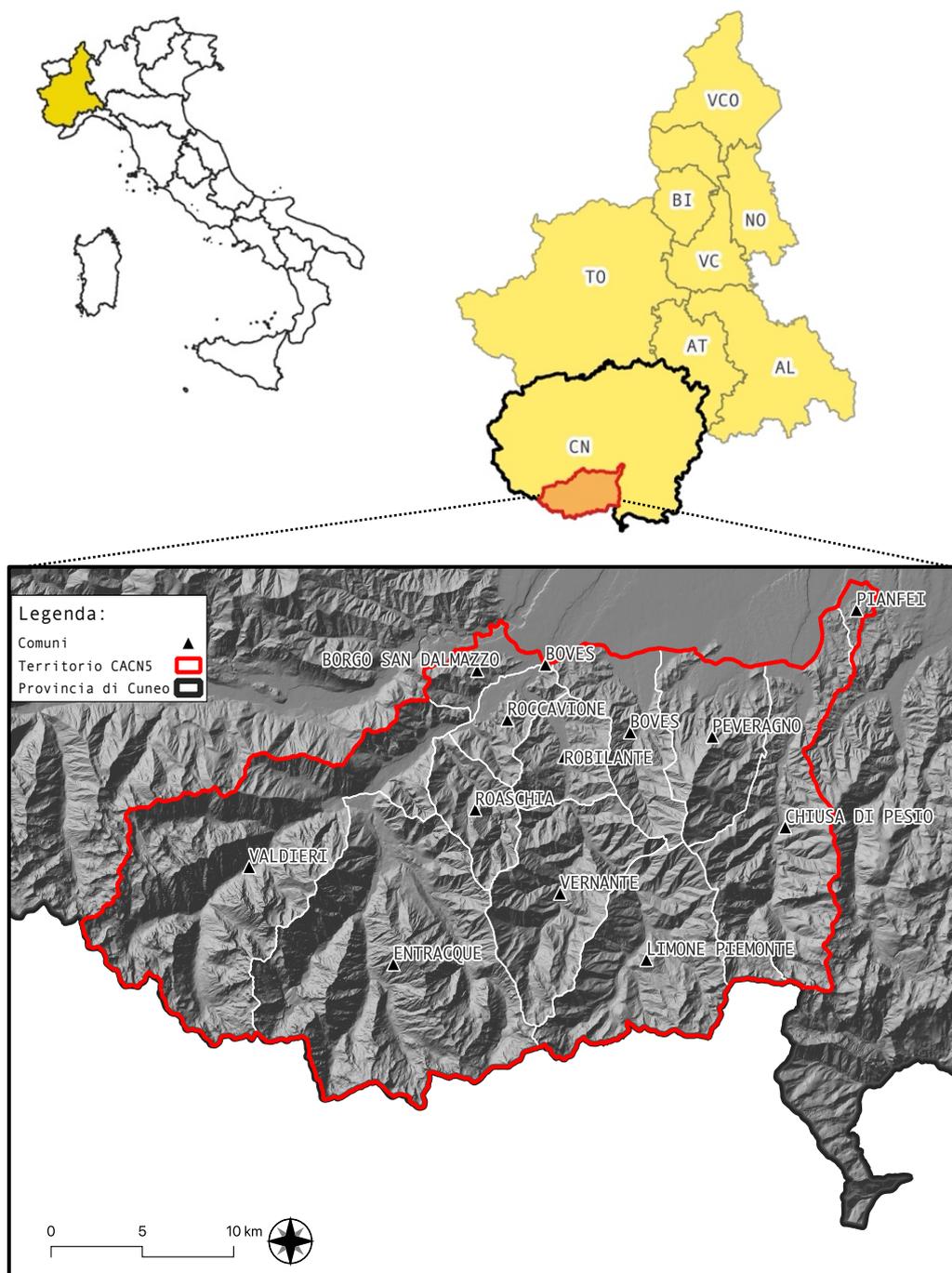


Figura 1: in alto: contestualizzazione Nazionale, Regionale e Provinciale dell'area di studio; in basso: inquadramento dei confini amministrativi del Comprensorio Alpino Cuneo 5 (CACN5).

2.2. Analisi morfologica

Il territorio del CACN5 è notevolmente diversificato. Nella sua parte occidentale, vi è la valle Gesso con pendenze piuttosto ripide (tra 40-60 %) che all'interno del massiccio cristallino dell'Argentera ospita 24 cime oltre i 3000 metri s.l.m. L'elevazione massima ricade in tale porzione di territorio ed è pari a 3297 m s.l.m. e coincide con la Cima Sud della Serra dell'Argentera. In tale area le valli sono mediamente orientate in direzione Nord-Est, Sud-Ovest e pertanto risultano maggiormente abbondanti le esposizioni Nord-Ovest e Est. L'elevazione minima, pari a 485 m s.l.m., corrisponde alla zona della bassa Valle Pesio, nei pressi di Pianfei in corrispondenza dell'omonimo lago. Nella parte sud-occidentale del territorio del CACN5, quote e pendenze sono molto più contenute e la Punta Marguareis, con i suoi 2651 m s.l.m., rappresenta la propaggine più elevata. Inoltre, nella zona orientale dell'area (valle Vermenagna e valle Pesio) le valli seguono un asse in direzione Nord-Sud e quindi, in questo caso, abbondano le esposizioni Est-Ovest.

A livello di copertura de suolo, la categoria più omogeneamente distribuita e rappresentativa è quella dei "Boschi e aree agroforestali" che rappresentano quasi la metà della totalità della superficie dell'area di studio. La categoria "Rocce e macereti" rappresenta anch'essa una cospicua copertura, ma interessa soprattutto l'alta Valle Gesso rispetto alle Valli Vermenagna e Pesio.

In Figura 2, Figura 3, Figura 4 e Figura 5 vengono rappresentare con maggior dettaglio le carte dell'altimetria, pendenza, esposizione e copertura del suolo dell'area di studio.

Il DEM (*Digital Elevation Model*) dell'area di studio è stato ricavato dalla Carta Tecnica Regionale Numerica (CTRN) con scala 1:10.000 (passo 10 m) acquisita dal Servizio Cartografico della Regione Piemonte, ed elaborata poi mediante il *software* GIS (*Geographic Information System*), QGIS 3.28 LTR "Firenze" (<https://qgis.org/it/site/>).

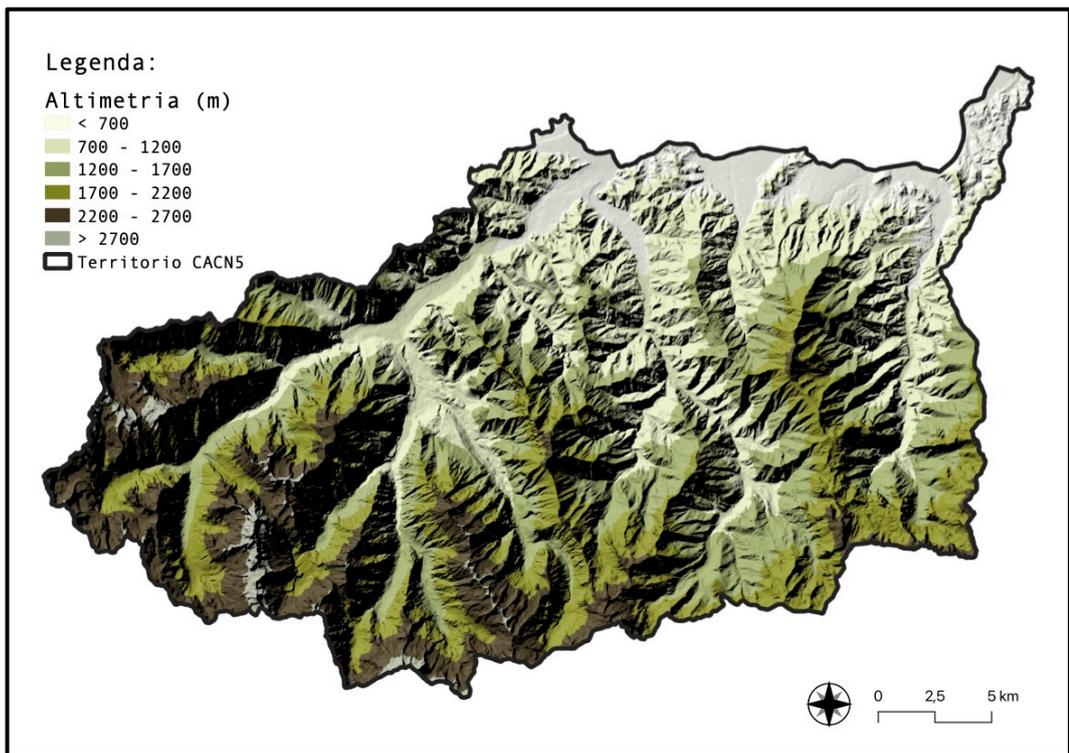


Figura 2: Digital Elevation Model dell'area di studio (CACN5) con classificazione di intervalli di quota di 500 m.

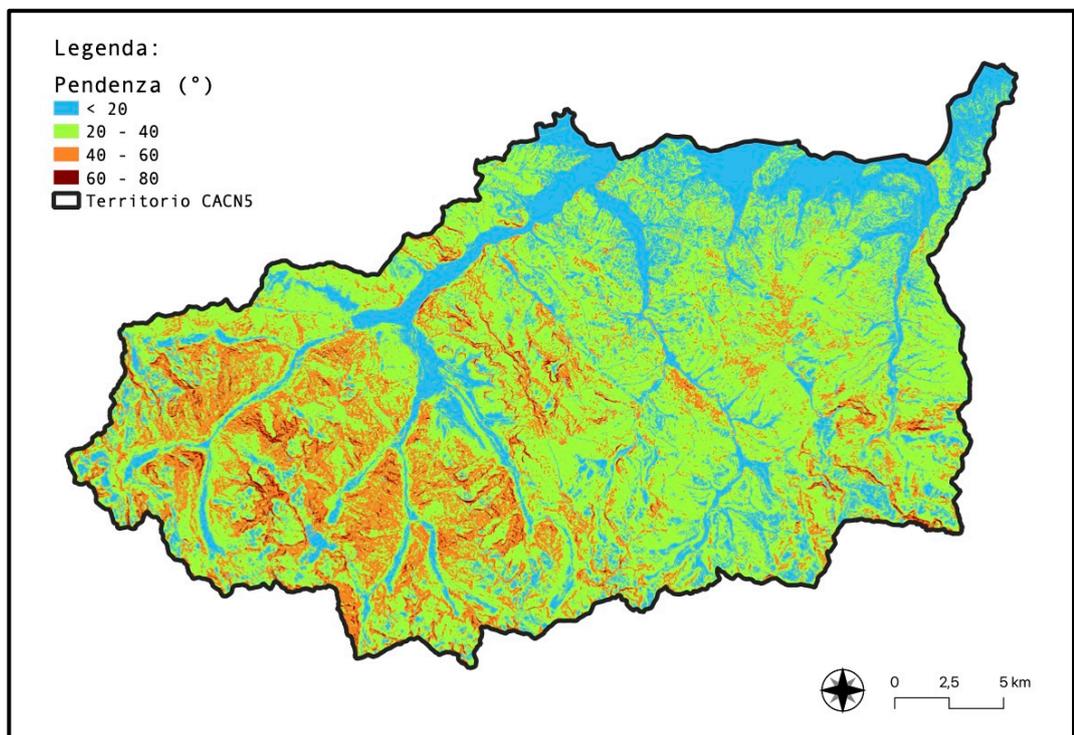


Figura 3: Rappresentazione della clivometria del dell'area di studio (CACN5) tematizzata per classi di pendenza (in gradi). La pendenza minima (0°) è stata accorpata e classificata con le pendenze sotto i 20° .

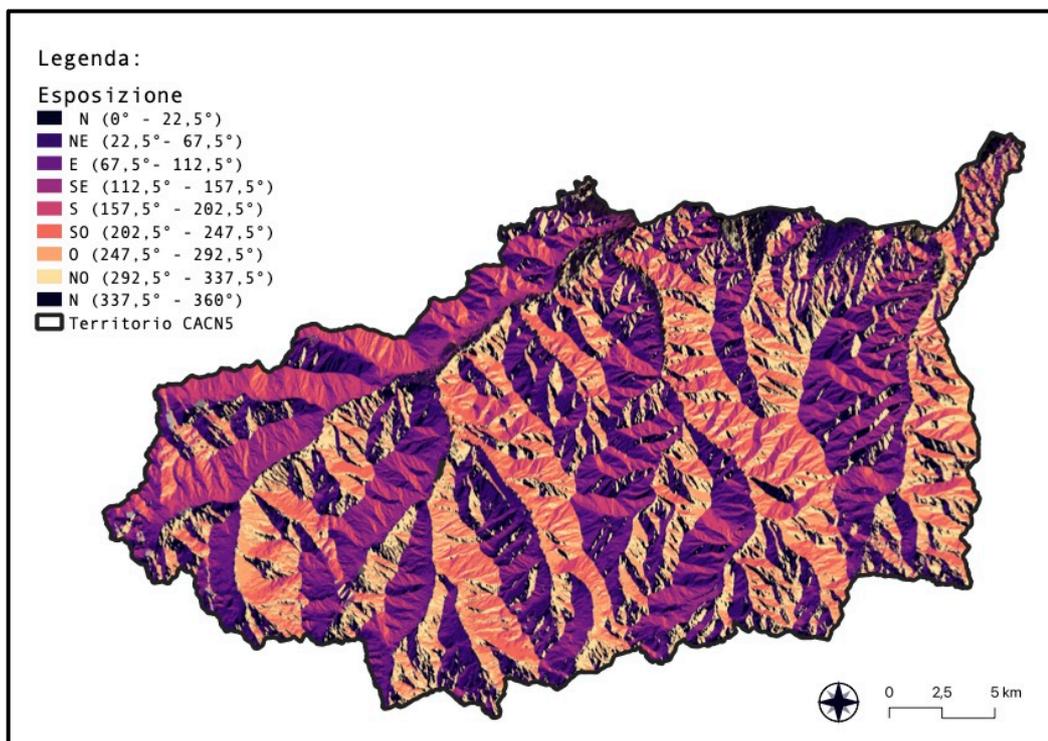


Figura 4: Carta delle esposizioni di versante dell'area di studio (CACNS).

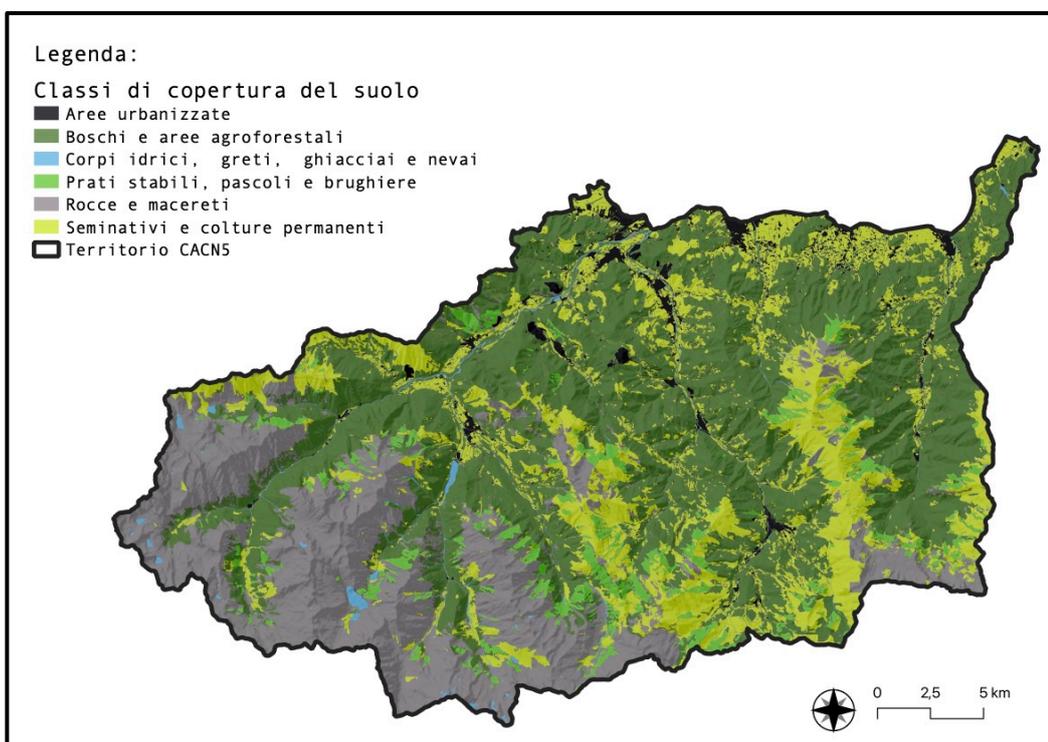


Figura 5: Copertura del suolo su base Land Cover Piemonte 2021 riclassificata in 6 categorie (Regione Piemonte 2021) dell'area di studio (CACNS).

2.3. Confini amministrativi

L'area comprende Aree Protette inserite nella Rete Natura 2000, tra cui il Parco Naturale del Marguareis, il Parco Naturale Alpi Marittime, la Riserva Naturale della Rocca San Giovanni e la Riserva Naturale delle Grotte del Bandito, che rappresentano Zone Speciali di Conservazione (ZSC) /Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e Zone di Protezione Speciale (ZPS). Inoltre, nel territorio sono presenti due oasi, Madonna dei Boschi e San Giovenale. In queste aree l'attività venatoria è vietata e quindi l'estensione delle Aree Protette e delle oasi riduce la superficie venabile ad un totale di 365,8 km² (Figura 6). All'interno del territorio del Comprensorio alpino è presente un'Azienda Faunistica Venatoria (AFV) dove l'attività venatoria è ammessa solo in forma privata e perciò non è sotto l'amministrazione del CACN5. In Tabella 1 si riportano le superfici dei vari enti ed istituti sopra descritti.

Superficie totale 709 Km²		
	Superficie non venabile CACN5 (Km²)	Superficie venabile CACN5 (Km²)
Parco N. Alpi Marittime	268,05	
Parco N. Marguareis	46,86	
Oasi Madonna dei Boschi	1,70	
Oasi San Giovenale	1,74	
Riserva N. Rocca San Giovanni		2,33
Riserva N. Grotte del Bandito		0,09
A.C.S. Cabanaira		2,03
A.C.S. La Creusa		4,58
A.F.V Fontana Cappa	0,25	
Territorio rimanente		356,79
Totale	343,19	365,84

Tabella 1: Confini amministrativi ed estensione delle superfici venabili e non venabili comprese nel territorio del CACN5.

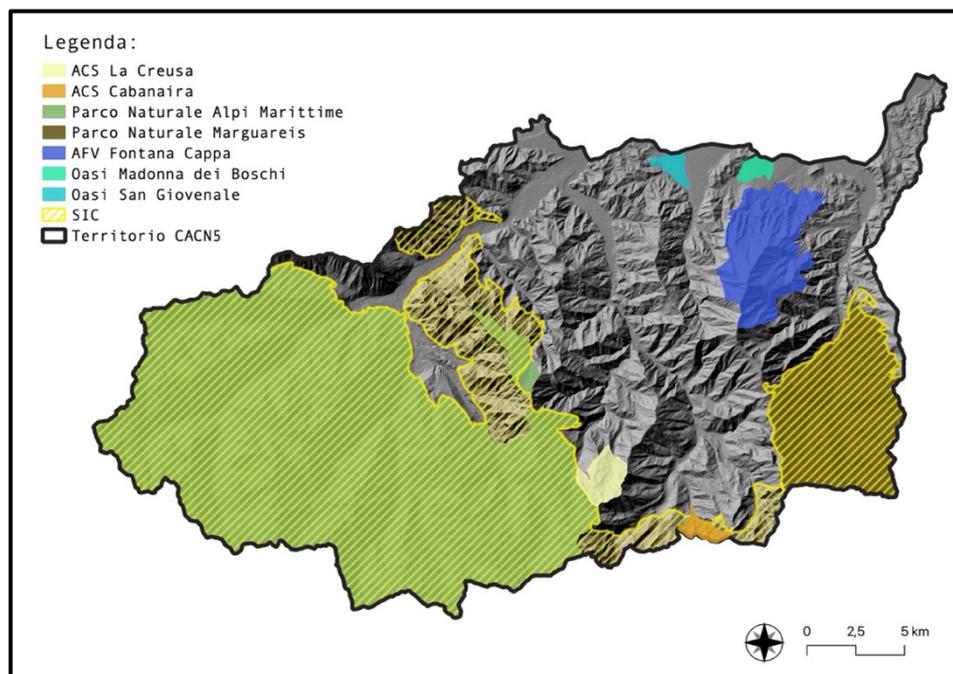


Figura 6: Confini amministrativi all'interno del CACN5.

Il territorio all'interno del CACN5 viene ulteriormente suddiviso in aree con caratteristiche ambientali e/o con caratteristiche faunistiche simili al fine di ottenere una più efficace gestione e uniforme distribuzione del prelievo. Il CACN5 opera su quattro Distretti di Gestione per la specie "Capriolo" come si evince dalla Figura 7.

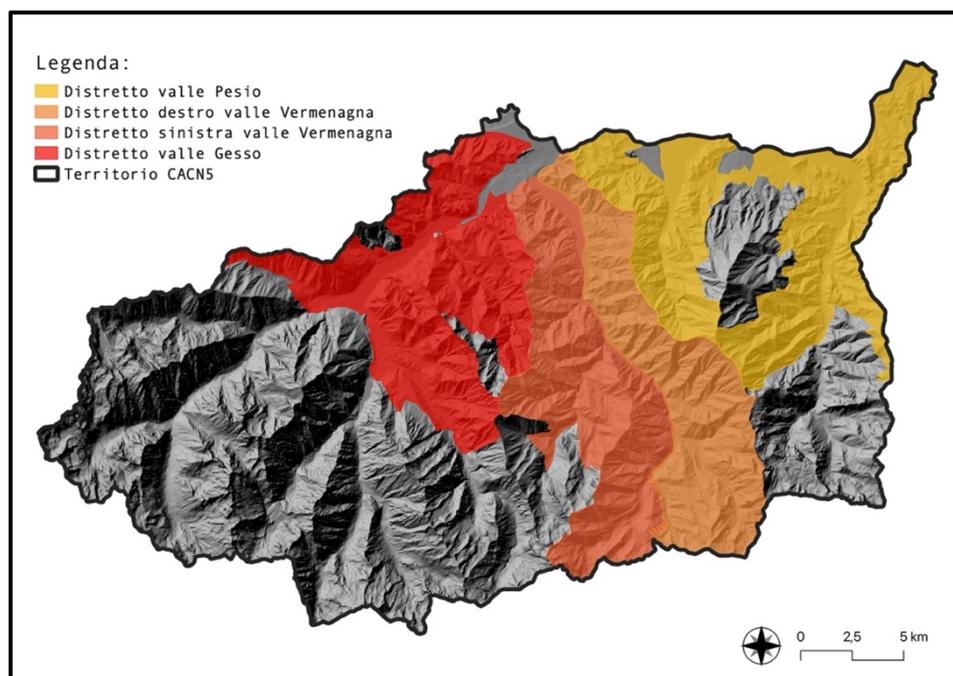


Figura 7: I quattro distretti di caccia (Distretto 1: Valle Pesio e Bisalta (103,3 km²); Distretto 2: Versante Destro Valle Vermenagna (69,2 km²); Distretto 3: Versante Sinistro Valle Vermenagna (78,9 km²); Distretto 4: Valle Gesso (95,5 km²) che rappresentano la superficie di territorio venabile per la specie Capriolo all'interno del CACN5 (da Linee Guida Regionali, 2012).

3. MATERIALI E METODI

3.1. Raccolta dei dati degli abbattimenti della specie capriolo dal 2006 al 2021

La raccolta dati degli abbattimenti di Capriolo per gli anni dal 2006-2014 e 2016-2020 è stata svolta attraverso il *download* dei Database storici del CACN5 condivisi all'interno della Banca dati del Portale Osservatorio Faunistico regionale del settore competente in materia di tutela e gestione della fauna selvatica Regione Piemonte. Essendo il 2015 mancante in tale Database storico, i dati e le informazioni inerenti sono state ottenute tramite il consulto diretto, presso l'archivio della sede del CACN5 (Comune di Borgo San Dalmazzo, CN) delle schede e dei verbali dei singoli abbattimenti dell'anno di interesse. Infine, i dati della stagione venatoria 2021 sono stati raccolti al Centro di controllo del CACN5.

3.1.1. Descrizione della formulazione del Piano di Prelievo e assegnazione

La Legge del 11 febbraio 1992, n. 157 “Norme per la protezione della fauna selvatica omeoterma e per il prelievo venatorio” (L157/92), all'articolo 18 comma 2, parla genericamente di piani di prelievo selettivo per il prelievo selettivo degli ungulati. La regione Piemonte, nel recepimento della legge nazionale - prima con l'ormai abrogata Legge regionale n. 70 del 4 settembre 1996 “Norme per la protezione della fauna selvatica omeoterma e per il prelievo venatorio” (lr 70/96) e successivamente con la Legge regionale n. 5 il 19 giugno 2018 "Tutela della fauna e gestione faunistico – venatoria" (lr 5/2018), lega i piani di prelievo selettivo all'effettuazione di censimenti delle specie oggetto di prelievo. Infatti, la summenzionata legge regionale, al comma 3 dell'art. 13, recita: “[...] *Il prelievo selettivo degli ungulati, fatta eccezione per la specie cinghiale, è consentita in base a piani di prelievo, basati su censimenti qualitativi e quantitativi accertanti la densità e la composizione delle popolazioni di selvatici, proposti dai comitati di gestione dei CA e approvati dalla Giunta regionale*”.

A seguito dell'emanazione della legge nazionale, già nel novembre del 1992, l'allora Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica (INFS) predispone delle linee guida per la gestione degli ungulati (Tosi, 1992) in cui vengono date delle indicazioni molto generica circa la corretta esecuzione dei censimenti a questa specie. In seguito, queste prime linee guida vengono più

volte aggiornate e quelle attualmente in vigore (ISPRA, 2013) riportano una serie di indicazioni di maggior dettaglio sulle tecniche utilizzabili per la conta degli animali, i punti di forza dei vari metodi e le loro limitazioni.

Analogamente da quanto fatto dagli istituti nazionali anche l'amministrazione regionale piemontese ha emanato delle linee guida regionali che, nelle varie formulazioni, vanno a declinare le indicazioni nazionali alla realtà territoriale del Piemonte. Il testo attualmente in vigore (DGR 94-3804) prevede che per esercitare l'attività venatoria sugli ungulati i vari istituti venatori regionali debbano dapprima predisporre un documento di Organizzazione e Gestione degli Ungulati Ruminanti (OGUR) in cui vengono evidenziati gli obiettivi gestionali per le specie oggetto di prelievo in relazione alla conservazione delle specie autoctone ed il mantenimento della biodiversità e al conseguimento di densità di popolazione compatibili con le attività agro-silvopastorali ed antropiche in generale. Questi criteri sono anche la base su cui valutare la consistenza della proposta del piano di prelievo selettivo annuale espressa come una percentuale del numero minimo certo di animali rilevato. Le stesse linee guida, in ottemperanza al dettato normativo regionale, forniscono anche delle indicazioni specifiche su come effettuare i conteggi annuali per la determinazione del piano di prelievo. Oltre a indicare i vari metodi da utilizzare per le varie specie ungulate indicano anche i periodi più consoni per l'effettuazione di tali operazioni senza ulteriori indicazioni aggiuntive. Secondo quanto previsto dalla normativa, i conteggi annuali sono finalizzati alla formulazione del piano di prelievo selettivo e vengono effettuati con metodiche standardizzate e ripetibili nel tempo. L'applicazione delle metodiche di conteggio fornisce un numero minimo certo di capi ed esso risentirà, inevitabilmente, di alcuni fattori in grado di determinarne un'elevata variabilità, tra cui uno spiccato senso di soggettività imposta dall'uomo durante le varie fasi che ne costituiscono la realizzazione. Come previsto dalle linee guida regionali per una gestione ottimale il territorio viene suddiviso in più distretti, che costituiscono territori omogenei e distinti per caratteristiche ambientali o per caratteristiche faunistiche e gestionali per ogni specie.

A seguito delle operazioni di conteggio, vengono calcolati i piani di prelievo applicando le percentuali indicate nell'OGUR, che tengono conto degli obiettivi gestionali (incremento, riduzione o mantenimento della popolazione) e delle densità obiettivo prefissate nel documento. In seguito, i piani vengono ripartiti per classi di sesso ed età nel rispetto dei range percentuali indicati dalle linee guida regionali (Tabella 2) allo scopo di garantire un prelievo equilibrato dal punto di vista qualitativo (tra maschi adulti, femmine adulte e tra

animali adulti e giovani). Al fine di rispettare le esigenze biologiche della specie ed il suo ciclo vitale, il prelievo viene suddiviso in periodi di caccia come illustrato in Tabella 3.

Classe 0	Piccolo maschio o femmina	30-40%
Classe I-III	Yearling e adulto	25-35%
	Sottile e adulta	30-40%

Tabella 2: Suddivisione in % di prelievo per sesso ed età (da Linee Guida Regionali, 2012).

Classe	Zona	Periodo
Maschio	CA	1 giugno – 15 luglio 15 agosto – 15 novembre
Femmina e Cl. 0	CA	15 settembre – 15 dicembre

Tabella 3: Suddivisione per classi nell'Ambito Territoriale di Caccia del C.A. dei periodi ad attività venatoria (da Linee Guida Regionali, 2012).

Gli anni dal 2006 al 2019 e l'anno 2021 hanno seguito tali procedimenti per la formulazione dei piani.

A causa della pandemia di COVID-19, nell'anno 2020 per l'impossibilità dello svolgimento dei conteggi, la formulazione del piano si è calcolata attraverso il tasso annuo di crescita composto (CAGR, *Compounded Average Growth Rate*) che rappresenta la crescita percentuale media di una grandezza in un lasso di tempo (Chan, 2012).

Gli istituti venatori possono, se previsto dai propri regolamenti, prevedere delle soglie di salvaguardia raggiunte le quali il prelievo viene sospeso o i capi rimanenti vengono assegnati nominativamente con un rapporto cacciatore/animale di 1:1 al fine di evitare lo "sforamento" del piano di prelievo selettivo complessivo e di ogni singola classe di sesso ed età (punto 3.9, allegato 2, D.G.R. n. 94-3804 del 27.04.2012 e s.m.i.).

Ogni capo deve essere presentato, al Centro di controllo il giorno stesso dell'abbattimento o dell'avvenuto recupero congiuntamente alla scheda autorizzativa debitamente compilata per la compilazione del verbale di abbattimento che sancisce la liceità del possesso dell'animale

per il cacciatore. Come indicato dalle linee guida della Regione Piemonte, i centri di controllo sono luoghi adibiti alla presentazione dei capi abbattuti.

Ulteriori funzioni del centro di controllo sono:

- Accertare giornalmente il numero, la specie, la classe di sesso/età e la località di abbattimento dei capi prelevati;
- Monitorare l'andamento dei piani di prelievo anche al fine di prevedere eventuali tempestive chiusure per evitare lo sforamento del piano stesso;
- Raccogliere dati biometrici;
- Effettuare un monitoraggio sanitario.

Il tecnico incaricato procede con il rilevamento dei dati biometrici dell'animale come sesso, peso (kg), lunghezza del garretto (cm), lunghezza della mandibola (cm) e attraverso l'esame dell'usura tavola dentaria viene stimata l'età dell'animale. L'età degli animali viene ripartita nelle seguenti sei classi: (i) piccolo o classe 0 (< 1 anno), (ii) 1 anno, (iii) 2-3 anni, (iv) 4-5 anni, (v) 6-7 anni e (vi) > 7 anni. Nel caso sia di sesso maschile vengono anche prese le misurazioni del trofeo. Se, invece, si tratta di un capo di sesso femminile viene indicato lo stato riproduttivo e se si trova in lattazione.

3.1.2. Dati utilizzati

A partire dai dati raccolti all'interno del Centro di controllo dal 2006 al 2021 e condivisi nel *Database* regionale sopracitato, al fine di tale studio per ogni capo abbattuto viene indicato:

- Data dell'abbattimento (gg/mm/aa);
- Coordinata dell'abbattimento ("gpsest" e "gpsnord");
- Sesso;
- Età.

Il dato riguardante la coordinata dell'abbattimento è stato standardizzato in quanto negli anni si sono applicate due metodiche differenti per la sua georeferenziazione. Dal 2006 al 2015 l'abbattimento viene individuato su carta in un grigliato che suddivide il territorio venabile in celle di 1km x 1km, mentre dal 2016 al 2021 gli abbattimenti vengono individuati come coordinate puntali. Al fine di uniformare il dato, anche le coordinate degli anni dal 2016 al

2021 sono state inserite nel medesimo grigliato associando a ciascuno la cella corrispondente. Le classi d'età del capriolo considerate in tale elaborato non sono le medesime raccolte dal personale tecnico del Centro di controllo. Con l'obiettivo di evitare l'utilizzo di dati in cui viene attribuita una classe d'età stimata e dipendente dalla soggettività dell'osservatore, nonché dalle abitudini alimentari dell'animale che potrebbero aver portato ad una maggiore usura la tavola dentaria, vengono distinte unicamente due classi: classe 0 (< 1 anno) e adulto (> di un anno). La caratteristica distintiva che determina inequivocabilmente il passaggio da una classe d'età all'altra è l'assenza di denti da latte e la completa erudizione dei denti definitivi, in particolare risulta evidente il terzo premolare che da tricuspidato (p3) diventa in forma definitiva bicuspidato (P3) (Borgo et al., 2007). Inoltre, dai documenti "Piano di organizzazione e gestione degli ungulati ruminanti (O.G.U.R)" del CACN5 vengono presi i dati relativi ai capi assegnati per ogni anno della serie storica considerata.

3.2. Serie Storiche

Attraverso l'analisi delle serie storiche si è valutato se i dati sui piani di prelievo e sull'abbattuto per ogni stagione venatoria avessero un *trend* o una componente di stagionalità che ne determinasse un particolare andamento in grado di rispondere alla domanda riguardante la diminuzione del prelievo del capriolo avvenuto sul territorio delle Alpi Marittime.

In particolare, le componenti di una serie storica che segue un approccio additivo, sono le seguenti

$$Y_t = S_t + T_t + R_t$$

dove:

- Y_t è il dato riferito al periodo t,
- S_t la componente stagionale al periodo t,
- T_t la componente della tendenza (*trend*-ciclo) al periodo t,
- R_t la componente residua o irregolare al periodo t

(Cleveland, 1990).

Per effettuare queste analisi, sia su base annuale sia su base mensile, è stato utilizzato il software di statistica R con in RStudio 2022.12.0 (versione 4.2.2, R Core Team 2022).

3.2.1. Serie Storiche su base annuale

Al fine di verificare gli andamenti del *trend* del cacciato dal 2006 al 2021 in relazione all'andamento dei capi concessi dal piano di prelievo nei medesimi anni sono state confrontate le serie storiche dei piani di prelievo e degli abbattuti su base annuale calcolando il trend lineare delle stesse utilizzando una retta di regressione e verificandone la significatività tramite il Test di F. Successivamente utilizzando una media mobile ponderando i termini secondo la formula

$$T_t = \frac{1}{2a + 1} \sum_{-a}^a X_t$$

(Dove a = frequenza della serie)

è stato calcolato e messo in risalto il *trend* (T_t) smussato senza la componente stagionale (S_t) dalla serie storica (Y_t).

Per ogni serie storica annuale è stata verificata l'autocorrelazione temporale tracciando il correlogramma con la funzione `acf()` e verificata l'eventuale dipendenza delle serie degli abbattuti da quella degli animali assegnati calcolando la funzione di correlazione incrociata del campione CCF tra le due. Inoltre, vengono suddivise le classi di sesso e di età e creati i diversi *trend*, al fine di valutare per ognuna l'influenza dell'attività venatoria. Per quanto riguarda il sesso sono stati presi in considerazione gli individui di sesso femminile e di sesso maschile adulti, escludendo i classe 0. La decisione è stata presa in considerazione del fatto che gli abbattimenti di individui di tale classe spesso non sono riconoscibili per sesso dal cacciatore e che l'abbattimento, se assegnato un "piccolo" dal piano, avviene in modo indiscriminato. A seguire, sono stati realizzati altri *trend* per quanto riguarda la categorizzazione per età, distinguendo i capi di classe 0 (< di un anno) e quelli adulti (> di un anno).

Si è quindi passati ad analizzare la serie storica delle percentuali di abbattimento ($Y_t\%Abb$) sia per la serie complessiva annuale sia per le tre serie dei dati suddivisi per classe di sesso ed età. La percentuale di abbattimento è stata calcolata come:

$$\%Abb = \frac{\text{Animali abbattuti}}{\text{Animali Assegnati}}$$

Anche in questo caso sono stati eseguite le analisi già precedentemente descritte.

Inoltre, vengono considerate le giornate di caccia medie necessarie per i cacciatori, in ciascuno dei sedici anni al fine di riuscire ad abbattere l'animale a loro assegnato.

3.2.2. Serie Storiche su base mensile

Sono state generate le serie storiche delle percentuali di abbattimento mensili secondo la seguente formula:

mese 1: abbattuti nel mese/totale del piano

mese 2: abbattuti nel mese/ totale piano – abbattuti nel mese 1 (= residuo mese 1)

mese 3: abbattuti nel mese/ residuo mese 2

mese 4: abbattuti nel mese/ residuo mese 3

[...]

Successivamente con la funzione “`stl()`” è stato possibile eseguire la decomposizione delle serie temporale in componenti stagionali, di tendenza e irregolari utilizzando Loess.

3.3. Analisi spaziale

Dal Database della Banca dati del Portale Osservatorio Faunistico regionale vengono estratte le coordinate (“gpsest” e “gpsnord”) per ciascun capo abbattuto all’interno del Comprensorio Alpino CN5 a cui viene sovrapposto il file *layer* del grigliato 1km x 1km (coordinate di riferimento: 311000, 4878000, 520000, 5147000) in QGIS 3.28 LTR “Firenze”. Come riportato nel capitolo 3.1.3, il grigliato viene utilizzato al fine di uniformare il dato. Infatti, dal 2006 al 2015 l’abbattimento viene georeferenziato come centroide all’interno di celle 1km x 1km e successivamente dal 2016 al 2021 come coordinata precisa. Tramite l’utilizzo della funzione “Conta i punti del poligono” vengono estratti in modo cumulativo per ogni anno della serie storica gli abbattimenti ricadenti all’interno di ogni cella. Il numero di coordinate per cella viene classificato secondo un gradiente di colore per le frequenze di abbattimento come riportato in Tabella 4.

Colore	Frequenza di abbattimento per cella (range)
	1-3
	3-10
	10-20
	20-40
	40-70

Tabella 4: range di frequenza di abbattimento di caprioli per cella associata al rispettivo gradiente di colore.

3.3.1. Analisi del *trend* dell’abbattimento per cella

Al fine di comprendere come nell’arco temporale della serie storica considerata (2006-2021) si siano spostate ed evolute a livello spaziale le zone utilizzate per la caccia al capriolo all’interno del CACN5 ad ogni cella viene fatto corrispondere il numero di abbattimenti realizzati al suo interno per ogni singolo anno. Successivamente viene utilizzata l’analisi di statistica zonale (*zonal statistics*) mediante il *software* QGIS 3.28 LTR “Firenze”. I file *layers* risultanti e corrispondenti al totale degli abbattimenti per anno viene convertito in file *raster* per poter essere salvato come file .tif ed esportato su RStudio per calcolare con il

metodo *Pixel-wise time series trend analysis* le eventuali tendenze nelle celle e la loro significatività (come realizzato in differente ambito da Ougahi et al., 2022).

3.3.2. Effetto dei fattori morfologici, ambientali, antropici sulla distribuzione degli abbattimenti

Viene ipotizzato che il maggior numero degli abbattimenti vengano effettuati nelle aree con un accesso vantaggioso per l'uomo. A tal proposito le frequenze degli abbattimenti per cella vengono analizzate in funzione delle variabili definite in Tabella 5.

Variabile	Sorgente dato
Altimetria media	dal DEM (<i>Digital Elevation Model</i>) dalla Carta Tecnica Regionale Numerica (CTRN) con scala 1:10.000 (passo 10 m) dal Servizio Cartografico della Regione Piemonte, 2010
Pendenza media	dal DEM (<i>Digital Elevation Model</i>) dalla Carta Tecnica Regionale Numerica (CTRN) con scala 1:10.000 (passo 10 m) dal Servizio Cartografico della Regione Piemonte, 2010
Esposizione media	dal DEM (<i>Digital Elevation Model</i>) dalla Carta Tecnica Regionale Numerica (CTRN) con scala 1:10.000 (passo 10 m), Geoportale Regione Piemonte, 2010
Aree aperte	da Land Cover Piemonte: Classificazione di uso e copertura del suolo, Geoportale Regione Piemonte, 2021
Presenza di centri abitati	da Land Cover Piemonte: Classificazione di uso e copertura del suolo, Geoportale Regione Piemonte, 2021
Lunghezza delle strade	da BDTRE – Area di circolazione veicolare (AC_VEI), Geoportale Regione Piemonte, 2019

Tabella 5: Elenco delle variabili ambientali utilizzate e rispettiva sorgente del dato. Le carte di Altimetria, pendenza, esposizione e utilizzo suolo vedi paragrafo 2.2 Analisi morfologica.

Il Land Cover Piemonte classifica la copertura/uso del suolo secondo vari metodi: uno di questi è il Corinne Land Cover III livello (CLC III liv.) che è stato scelto per il presente lavoro. Le categorie del CLC III liv. Presenti nell'area di studio stono state riclassificate in sei macrocategorie come riportato in Tabella 6 (vedi capitolo 2.2 "Analisi morfologica" Figura 5 per una visione complessiva della copertura/uso del suolo dell'area di studio). In particolare, vengono poi considerate la macrocategoria "Aree urbanizzate" e la macrocategoria "Seminativi e colture permanenti" relativa alle aree di territorio aperte, calcolandone i m² per cella. La prima viene considerata per valutare quanto la vicinanza alle aree antropizzate possa influenzare o no l'avvenimento dell'abbattimento, mentre l'altra viene esaminata sia perché si ipotizza un abbattimento facilitato in tali aree per i cacciatori, sia in relazione al comportamento del capriolo, ungulato tipicamente legato agli ambienti ecotonali (Apollonio et al., 2010; Lovari et al., 2017) che si sposta spesso tra boschi, prati e campi coltivati (Hewison et al., 2001). I boschi e i prati/pascoli non vengono considerati nell'analisi in quanto sono soggetti a modifiche nel tempo per l'azione del naturale rimboschimento (Bonelli et al., 2021).

	Macrocategorie	Categorie (Corinne Land Cover III Livello)
	Aree urbanizzate	Zone residenziali isolate (113); Zone residenziali a tessuto continuo (112); Aree verdi urbane (pubbliche o private) (141); Reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche (122); Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati (121); Zone residenziali a tessuto discontinuo (112); Zone residenziali a tessuto continuo (S.L. > 80%) (111)
	Boschi e aree agroforestali	Boschi di latifoglie (311), Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione (324); Boschi misti di conifere e latifoglie (313); Boschi di conifere (312)
	Corpi idrici, greti, ghiacciai e nevai	Bacini d'acqua (512); Corsi d'acqua, canali e idrovie (511); Spiagge, dune e sabbie, isole fluviali, greti (331)
	Prati stabili, pascoli e brughiere	Brughiere e cespuglieti (322); Aree a pascolo naturale e praterie (321); Prati stabili (foraggiere permanenti) (231)

	Macrocategorie	Categorie (Corinne Land Cover III Livello)
	Rocce e macereti	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti (332)
	Seminativi e colture permanenti	Seminativi in aree non irrigue (211), Arboricoltura e Pioppeti (224); Frutteti e frutti minori (222); Vigneti (221)

Tabella 6: raggruppamento delle categorie del Corinne Land Cover (CLC) 2021 III Livello nelle macrocategorie utilizzate nell'analisi dei Modelli Misti Lineari Generalizzati, GLM.

Al fine di valutare quali fattori potrebbero aver influenzato l'uso preferenziale del cacciatore di una determinata cella (area) per l'abbattimento dell'animale vengono considerati i seguenti modelli: (i) effetto delle variabili morfologiche; (ii) effetto delle variabili antropiche; (iii) l'effetto sinergico di tutte le variabili più quella relativa alle aree aperte (Seminativi e colture permanenti).

Per l'analisi dell'effetto dei fattori morfologici, ambientali, antropici sulla distribuzione degli abbattimenti è stato analizzato utilizzando i Modelli Lineari Generalizzati (GLM). La scelta del modello migliore, ossia che spiega meglio la variabile risposta, è stata effettuata secondo il Criterio di Informazione di Akaike (AIC) (Wagenmakers & Farrell, 2004).

3.4. Raccolta dati carcasse di capriolo

3.4.1. metodi di campionamento

Al fine di determinare lo stato di salute dei caprioli, attraverso l'analisi del midollo osseo, si è svolta l'attività di raccolta di capi morti per un periodo di dodici mesi, da ottobre 2021 a ottobre 2022. Le carcasse sono state rinvenute in modo casuale sul territorio grazie anche alla collaborazione di enti locali (Ente di Gestione delle Aree Protette Alpi Marittime, il Comprensorio Alpino Cuneo 5, il Corpo Forestale dello Stato, Università degli Studi di Torino). Ogni ritrovamento è stato segnalato tempestivamente, in modo che un operatore potesse recarsi sul luogo e prelevare l'animale morto. L'immediatezza di tale operazione si è resa fondamentale al fine di trovare ancora sul luogo la carcassa, per evitare un eccessivo consumo *post mortem* da parte di piccoli o grandi carnivori oppure uno stato putrefattivo troppo avanzato in grado di comportare un severo deterioramento delle parti d'interesse

(Figura 8). Per ognuno dei capi rinvenuti sono state indicati il sesso e l'età (quando possibile) e prelevate la totalità delle ossa lunghe che lo compongono ancora presenti sulla carcassa (Figura 9).



Figura 8: ritrovamento e recupero sul territorio di una carcassa di capriolo (foto Filippo Parentela).

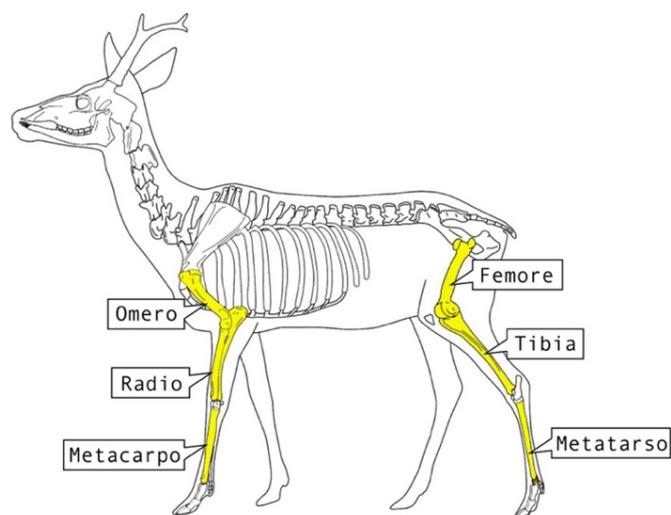


Figura 9: Scheletro di Capriolo, in giallo le ossa degli arti posteriori da prossimale a distale: femore destro e sinistro, tibia destra e sinistra, metatarso destro e sinistro; ossa degli arti anteriori da prossimale a distale: omero destro e sinistro, radio destro e sinistro, carpo destro e sinistro.

Ogni carcassa campionata è stata catalogata con un codice alfanumerico indicante la tipologia di dato raccolto (C ad indicare “carcassa”), la data di raccolta, sigla dell’Ente di

riferimento (CGC), iniziali del campionatore (nome e cognome) e il numero progressivo di raccolta (ad esempio: C220930CGCFG01). Gli arti sono quindi stati disarticolati dalla carcassa e si sono eliminate pelliccia e fasce muscolari. Successivamente, attraverso l'utilizzo di un'ascia, è stato frantumato l'osso in parti grossolane e facilmente distinguibili, così da poter estrarne il contenuto senza alterazioni. Successivamente, il campione è stato stoccato in barattoli ermetici e per ognuno di essi, oltre al codice alfanumerico attribuito alla carcassa, è stata abbinata la sigla della diversa tipologia di osso e la sua posizione (destra o sinistra). I campioni sono stati conservati negli appositi congelatori ad una temperatura di -20 °C.

La condizione corporea può essere desunta in misura oggettiva dalla percentuale di grasso del midollo osseo. Questo rappresenta la riserva finale di grasso che viene mobilitata per l'ottenimento di energia durante uno stato di emaciazione (Raglus et al, 2019). Infatti, a seguito dell'esaurimento delle riserve di glicogeno, si verifica uno spostamento dal catabolismo dei carboidrati a quello dei grassi. Di conseguenza, le riserve di grasso interne vengono mobilitate per fornire energia, portando alla perdita di peso corporeo. Infine, una volta che le riserve di grasso dell'animale sono state interamente consumate, dal catabolismo del grasso si passa al catabolismo proteico. Il consumo del tessuto muscolare a scopo energetico è la fase terminale della *starvation* e porta rapidamente alla morte (McCue, 2010). Le cause principali che possono portare alla *starvation* negli animali selvatici possono essere di natura endogena come malattie, infezioni parassitarie o microbiche, oppure di natura esogena come qualità e quantità di cibo inadeguate, incapacità di accedere al cibo (ad esempio dovuta ad una zoppia dell'animale) e indisponibilità di cibo (Raglus et al, 2019). Pertanto, al fine di comprendere la condizione dell'animale, i midolli prelevati sono stati prima analizzati a livello macroscopico e successivamente è stato valutato il loro contenuto in termini di sostanza secca e quantitativi di grasso. Le analisi sono state svolte presso la Scuola di Agraria e Medicina Veterinaria (SAMEV) dell'Università di Torino.

3.4.2. Analisi macroscopica descrittiva

Al fine di dare una prima valutazione macroscopica sono stati considerati unicamente i campioni di midollo dei femori. Questa scelta è stata effettuata sulla base di studi precedenti. Come riportano Raglus et al. (2019), il femore viene utilizzato più sovente per le analisi dello stato del midollo osseo per via del suo elevato contenuto midollare e dell'abbondante apporto di sangue e si ritiene che questi fattori lo rendano più sensibile agli stress nutrizionali. Il midollo delle ossa prossimali di un animale emaciato può essere di colore rosso, rosa o ambrato e appare umido e gelatinoso. Al contrario, i midolli di animali sani che sono generalmente solidi, sodi e di colore bianco (Raglus et al., 2019).

Al fine di ovviare un'interpretazione soggettiva, rispetto alla classificazione dell'indice visivo dello stadio del consumo del grasso all'interno della matrice, è stato utilizzato il *software freeware* ImageJ versione 1.54b (Schneider et al., 2012; Harting 2013) per compiere alcune analisi colorimetriche.

I campioni sono stati fotografati impostando un'analogia velocità di scatto (1/25 s), in un apposito *box*, in grado di uniformare luce, colore e inquadratura (Figura 10).



Figura 10: Box fotografico.

Ciascuna fotografia dei midolli ottenuta tramite il box è stata analizzata utilizzando il *software*. Al fine di evitare di considerare nell'analisi pixel non significativi come ad esempio parti del contenitore di alluminio presenti in ciascuna foto, vengono selezionati i contorni con la funzione *polygon selection* delle superfici dei midolli e in seguito ritagliate (Figura 11).

Con l'utilizzo del plugin "The Color Inspector 3D" (Barthel, 2006) è stata effettuata l'analisi del colore. Questo pacchetto permette di visualizzare la distribuzione dei colori di

un'immagine all'interno di uno spazio colore, RGB, in formato 3D (<https://imagej.nih.gov/ij/plugins/color-inspector.html>). Attraverso la modalità di visualizzazione “Wu Quant” è stato generato un istogramma 3D attraverso una riduzione del colore utilizzando l'algoritmo di Xiaolin Wu (Quantizzazione del colore mediante programmazione dinamica e analisi principale) (Wu, 1992; Barthel, 2006).

Lo spettro cromatico di ogni campione è stato analizzato riducendo al colore RGB con la frequenza media risulterà più rappresentativa impostando a 1 il “valore colore” della visualizzazione “Wu Quant”.



Figura 11: In giallo selezione della porzione di midollo del campione C220413CGCFG01 SX.

3.4.3. Sostanza Secca (SS)

Per effettuare l'analisi della sostanza secca sul campione fresco, ciascun midollo è stato trasferito dal contenitore ermetico all'interno di una vaschetta d'alluminio. Avendo prima ottenuto la tara di ciascuna delle vaschette (contenitore vuoto, g) si è proceduto pesando ogni singolo campione con una bilancia di precisione (contenitore + midollo fresco, g) (AOAC International, 2000). Dato il diverso quantitativo di midollo, che differiva notevolmente in quantità, tra ossa prossimali e ossa distali, si è deciso di unire i midolli destro e sinistro del medesimo animale di metatarso, metacarpo, radio, omero di ciascun animale. Diversamente il midollo dei femori e delle tibie è stato mantenuto separato tra destra e sinistra. Al fine di mantenere l'integrità del codice identificativo del campione in modo che le temperature ridotte dello stoccaggio e il grasso non lo deteriorino, viene utilizzata un'etichetta plastificata. In seguito, le vaschette sono state stoccate all'interno di un congelatore ad una temperatura di $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ per un periodo di circa 48 ore (AOAC International, 2000). A seguire i campioni sono stati sottoposti al processo di liofilizzazione (Buongiorno et al., 2022) presso il Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA) dell'Università degli Studi di Torino. Tale tecnologia è un efficiente metodo di disidratazione, che è stato

inizialmente utilizzato nell'industria alimentare (Liu et al., 2021). L'acqua, infatti, viene congelata a basse temperature e poi sublimata (Hua et al., 2010). Successivamente, secondo le procedure internazionali AOAC, i campioni liofilizzati sono stati nuovamente pesati (contenitore + midollo dopo liofilizzazione, g), ottenendo la percentuale di sostanza secca (% SS t.q.) e l'umidità.

Il residuo di sostanza secca espresso in percentuale viene calcolato da

$$\% SS = \frac{(c - a)}{(b - a)} 100$$

dove:

a = peso del contenitore vuoto (g)

b = peso del contenitore + midollo fresco (g)

c = peso del contenitore + midollo dopo liofilizzazione (g)

mentre l'umidità che rappresenta convenzionalmente il valore percentuale complementare a quello della sostanza secca viene ottenuta per differenza. Pertanto, l'umidità espressa in percentuale (%U) è data da:

$$\% U = 100 - SS$$

3.4.4. Estratto etereo (EE)

Attraverso le analisi dell'estratto etereo (EE) si determina la quantità totale di lipidi e altri composti quali pigmenti, olii eteri, alcune resine. A seguito della liofilizzazione il midollo è stato macinato in modo da renderlo più omogeneo possibile. In base al numero di campioni analizzabili di midollo è stata fatta la tara per un numero equivalente di becher contenenti alcuni sassolini di pomice posti a coprirne il fondo (becher + pomice, g). In seguito, sono stati prelevati 2 grammi di ciascun midollo macinato e posti all'interno di un ditale cilindrico di cellulosa pura, successivamente chiusi con un batuffolo di cotone. In questo caso si è scelto l'utilizzo del solo midollo del femore destro e femore sinistro in quanto il quantitativo di materiale utilizzabile era più abbondante e sufficiente per ripetere la procedura due volte

per controllo. Il protocollo di estrazione segue il metodo Soxhlet (Hopkins et al., 2014; Holman et al., 2019) secondo il metodo internazionale AOAC n. 991.36. Pertanto, ciascun ditale preparato viene inserito nel becher con la pomice al cui interno vengono versati 60 mL di etere e in seguito agganciato nella macchina Soxhlet sotto cappa chimica (Figura 12). Ogni ciclo della macchina di estrazione ha una durata di 60 minuti, al cui termine il residuo viene lasciato evaporare per ancora 20 minuti. Al compimento di ogni ciclo, la pomice contenuta in ciascun becher trattiene il quantitativo lipidico dei campioni di midollo analizzati. Successivamente ognuno di questi verrà posto in forno a tiraggio forzato per circa 30 minuti a 105 °C in modo da rimuovere ulteriormente qualsiasi residuo di solvente. I becher contenenti l'estratto etero sono stati nuovamente pesati su una bilancia di precisione (becher + pomice + lipidi, g). Pertanto, il residuo di estratto etero espresso in percentuale viene calcolato da:

$$\% EE = \left(\frac{f - d}{e} \right) 100$$

dove:

d = becher + pomice (g)

e = ~ 2 g di midollo macinato

f = becher + pomice + lipidi (g).

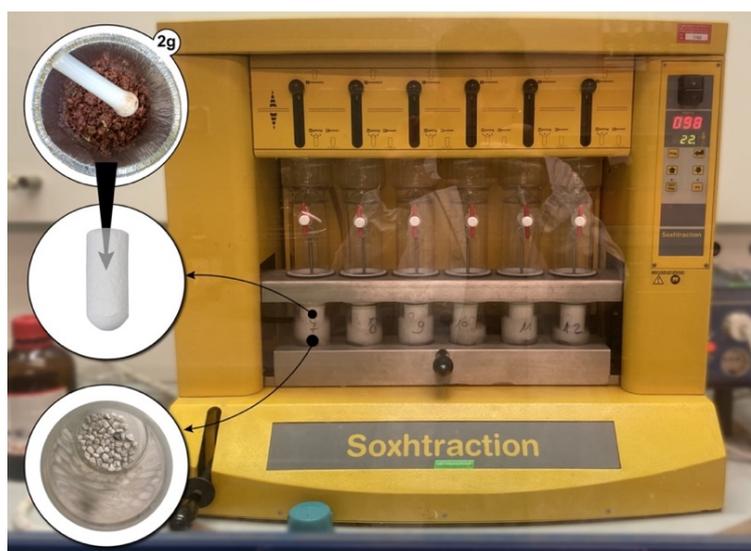


Figura 12: Immagine composta con il macchinario per il metodo Soxhlet per estrazione estratto etero, 2 grammi di midollo macinato (schematizzato in altro a sinistra) vengono inseriti nel ditale di cellulosa (al centro) e quest'ultimo a sua volta nel becher con la pomice (in basso a sinistra).

3.4.5. Analisi statistiche e comparazione dei campioni

Per le analisi è stato utilizzato il software di statistica R (versione 4.2.2, R Core Team 2022). L'analisi della distribuzione dei dati è stata fatta utilizzando il metodo di Shapiro-Wilk. Le variabili considerate hanno compreso la % di sostanza secca (SS) dei midolli campionati e la % di grasso (EE) del midollo osseo dei femori. I fattori considerati sono stati il sesso e la classe di età dell'animale. L'unità statistica è stata il singolo campione di femore e tibia, ed i campioni di entrambi arti destro e sinistro di metatarso, metacarpo, radio, omero di ciascun animale. Per stabilire se vi sia una differenza significativa del contenuto di SS tra le ossa lunghe e di EE dei femori delle due classi di sesso (maschi e femmine) e per le due classi d'età (> 1 anno e < 1 anno) viene realizzato il test non-parametrico per campioni indipendenti di Mann-Whitney. Per effettuare il confronto tra la mediana della SS delle ossa lunghe degli arti destri rispetto a quelle degli arti sinistri di ogni carcassa viene utilizzato il test statistico non-parametrico per dati appaiati di Wilcoxon. Inoltre, è stata utilizzata la correlazione di Kendall per valutare il rapporto tra le variabili relative alle diverse ossa lunghe. La correlazione viene determinata con il test τ (tau) di Kendall. Le differenze sono state considerate significative per $p < 0.05$.

4. RISULTATI

4.1. Analisi delle serie storiche su base annuale

Dal *database* e dall'OGUR del CACN5 si sono ricavati i numeri di capi assegnati e abbattuti totali, delle femmine, dei maschi e dei classe 0 (Tabella 7) e le rispettive serie storiche su base annuale sono presentate in Figura 13.

	N° totale	N° maschi	N° femmine	N° classe 0
Assegnati	3357	1023	1192	1142
Prelevati	2465	830	912	723

Tabella 7: Numero di capi assegnati e i rispettivi capi abbattuti dal 2006 al 2021 nel raggruppamento totale, e successivamente suddivisi in solo maschi adulti (no classe 0), solo femmine adulte (no classe 0), classe 0 (maschi e femmine).

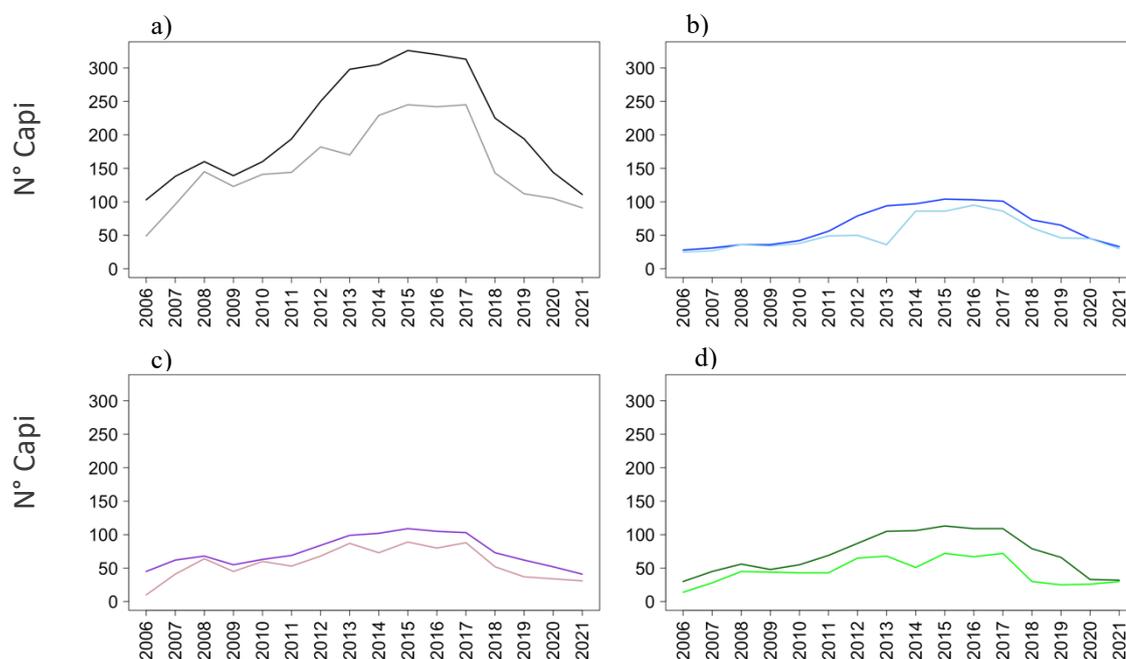


Figura 13: Serie storiche su base annuale dal 2006 al 2021: (a) le curve rappresentano il totale di animali assegnati in nero e totale dei prelevati in grigio; (b) le curve rappresentano il totale dei maschi adulti (no classe 0) assegnati in blu e totale dei maschi adulti prelevati in azzurro; (c) le curve rappresentano il totale delle femmine adulte (no classe 0) assegnate in viola e totale delle femmine adulte prelevate in rosa; (d) le curve rappresentano il totale dei classe 0 (sia maschi che femmine) assegnati in verde scuro e il totale dei classe 0 prelevati in verde chiaro.

Rispetto ai capi di capriolo maschio adulto assegnati, la serie storica dei capi abbattuti risente di una flessione piuttosto evidente nell'anno 2013 per poi tornare a seguire l'andamento dei

capi assegnati dal 2014. La serie storica delle femmine adulte abbattute segue abbastanza fedelmente quella delle femmine adulte assegnate anche se si discosta leggermente soprattutto negli anni centrali del periodo (2013-2018). Diversamente, a quanto si verifica nella classe maschile, quella femminile non sembra risentire dell'effetto della sospensione della caccia avvenuto nel 2013. Il numero dei capi abbattuti, infatti, è abbastanza in linea con l'anno precedente e quello successivo. La serie storica dei caprioli di classe 0 prelevati ha l'andamento maggiormente irregolare e presenta dei leggeri picchi in concomitanza con la stagione venatoria del 2012-2013, negli anni 2015-2017 ed un brusco calo dei prelevati nel 2018 per poi stabilizzarsi. Per ognuna di queste quattro categorie vengono effettuati dei *trend* lineari delle rispettive serie storiche, sebbene sembrano indicare una tendenza leggermente positiva, non sono risultati significativi e interpretano in modo inefficace l'andamento della serie che si mostra essere più parabolico che lineare. Diversamente le medie mobili (con $a=1$) smussano adeguatamente le due serie storiche dell'assegnato e del prelevato per le quattro categorie, mettendo in evidenza come i capi prelevati seguano in maniera piuttosto precisa l'andamento dei capi assegnati (Figura 14).

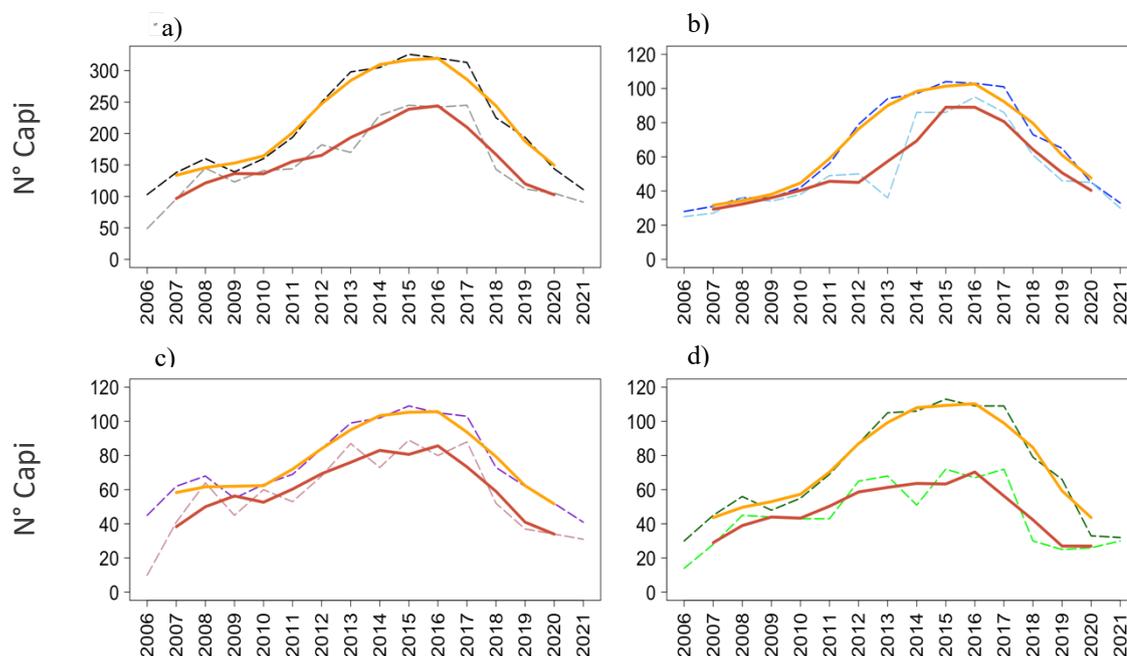


Figura 14: in arancione il trend con base mobile degli animali assegnati e in rosso il trend con base mobile degli animali prelevati della serie storica su base annuale dal 2006 al 2021: (a) le curve tratteggiate in nero e grigio rappresentano rispettivamente il totale di animali assegnati e il totale dei prelevati; (b) le curve tratteggiate in blu e azzurro rappresentano il totale dei maschi adulti (no classe 0) assegnati e il totale dei maschi adulti prelevati; (c) le curve tratteggiate in viola e rosa rappresentano il totale delle femmine adulte (no classe 0) assegnate in viola e totale delle femmine adulte prelevate in rosa; (d) le curve tratteggiate in verde scuro e verde chiaro rappresentano rispettivamente il totale dei classe 0 (sia maschi che femmine) assegnati e il totale dei classe 0 prelevati.

Anche i valori di ACF (autocorrelazione) delle due serie (assegnato-prelevato) delle quattro categorie mostrano andamenti simili, presentando diverse autocorrelazioni che sono significativamente diverse da zero portando a concludere che la serie temporale non è casuale. Mentre la correlazione incrociata (CCF) mostra una chiara dipendenza dei capi abbattuti dai capi assegnati (a titolo d'esempio viene riportata in Figura 15). Per verificare questa ipotesi si è calcolato un modello di regressione lineare tra i capi prelevati e quelli assegnati che mostra una forte correlazione (Tabella 8). Pertanto, si può affermare che i capi prelevati totali siano funzione diretta dei capi assegnati totali durante tutto il periodo di studio e dal *trend* non mostrano influenze esterne, anche se in due annate questo poteva essere ipotizzabile. Infatti, nel 2013 il TAR (Tribunale Amministrativo Regionale) del Piemonte ha sospeso completamente l'attività venatoria per alcuni mesi, impedendo di fatto l'esercizio dell'attività di caccia. Inoltre, nel 2020 i *lockdown* a causa della pandemia di Covid-19 ha ridotto di molto la possibilità di andare a caccia. Questi due eventi avrebbero dovuto interferire con la serie storica dei capi prelevati, ma questo non è avvenuto.

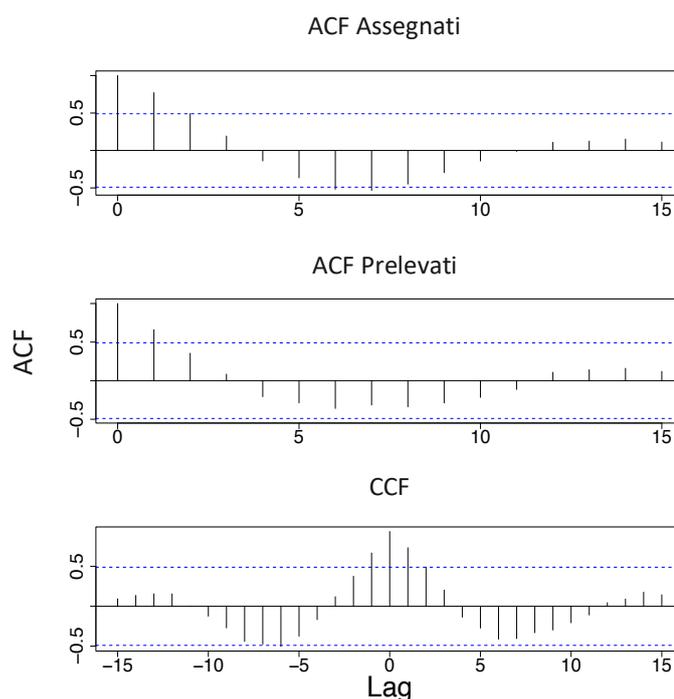


Figura 15: I valori di ACF (autocorrelazione) delle due serie Assegnati e Prelevati totali (in alto e al centro) mostrano andamenti simili, mentre la correlazione incrociata (CCF) tra i prelevati e gli assegnati totali (in basso) evidenzia una dipendenza. Sull'asse delle x viene rappresentato il Lag che è la correlazione tra valori che sono a k periodi di tempo separati mentre sull'asse delle y l'intervallo di confidenza del 95% ed è un indicatore della soglia di significatività.

	Totale		Maschi		Femmine		Classe 0	
	R ²	p	R ²	p	R ²	p	R ²	p
Modello	0,082	< 0,001	0,747	< 0,001	0,863	<0,001	0,736	< 0,001

Tabella 8: Statistiche del modello della regressione lineare tra i capi prelevati ed i capi assegnati.

4.2. Serie storica della percentuale di prelievo su base annuale

La serie storica della percentuale di prelievo totale e dei maschi adulti non pare avere ciclicità e le oscillazioni sembrano essere casuali. L'anno 2013 potrebbe risentire degli effetti della sospensione dell'attività venatoria, mentre il *lockdown* del 2020 non sembra abbia avuto effetti significativi. La serie storica della percentuale delle femmine abbattute mostra un andamento particolare. Infatti, nei primi due anni del periodo le percentuali di abbattimento crescono in maniera molto accentuata per poi attestarsi su un andamento negativo. Infine, la serie storica della percentuale di prelievo della classe 0 mostra un andamento quasi ciclico con un aumento nei primi anni della serie per poi decrescere fino ad un minimo negli anni 2017-2018 e successivamente ricrescere bruscamente (Figura 16).

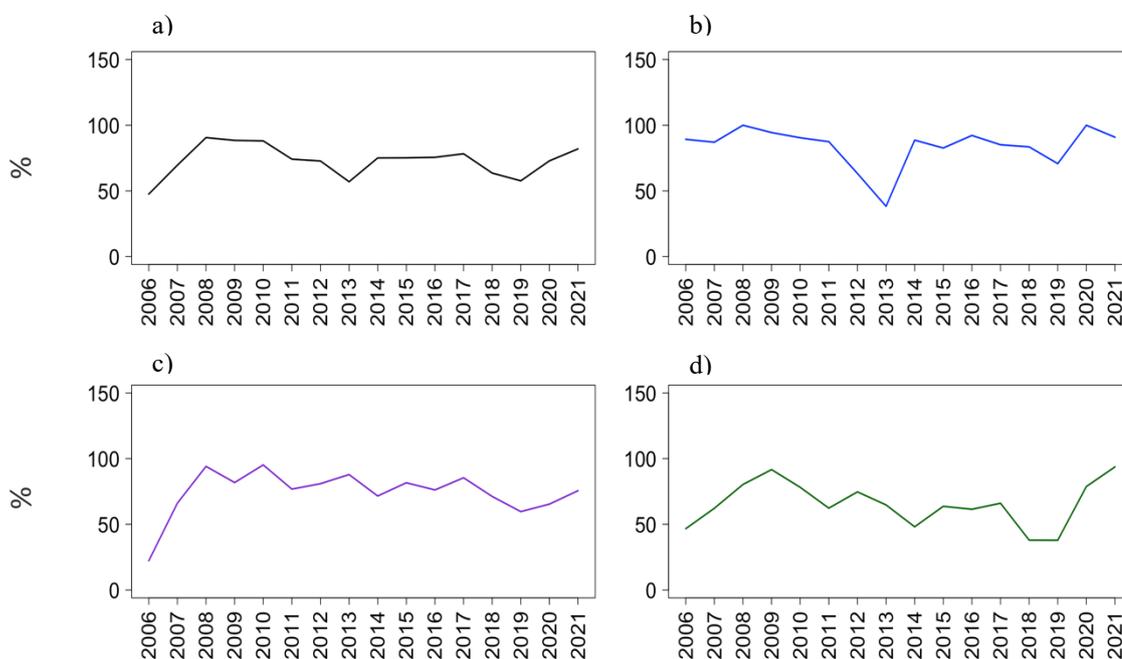


Figura 16: Serie storiche delle % di abbattimento (Animali abbattuti/Animali assegnati) delle quattro categorie: a) % di abbattimento del totale degli animali in nero; b) % di abbattimento dei maschi adulti (no classe 0) in blu; c) % di abbattimento delle femmine adulte (no classe 0) in viola; d) % di abbattimento dei classe 0 (maschi e femmine) in verde.

Analogamente a quanto fatto nell'analisi precedente sono stati calcolati i *trend* lineari per ciascuna categoria che anche in questo caso non sono risultati significativi. Nuovamente il calcolo del *trend* a media mobile sembra essere più appropriato a descrivere l'andamento della serie (Figura 17) anche se non mostra alcuna particolare tendenza ciclica. Gli andamenti dei trend con media mobile sembrano essere piuttosto stazionari nel tempo.

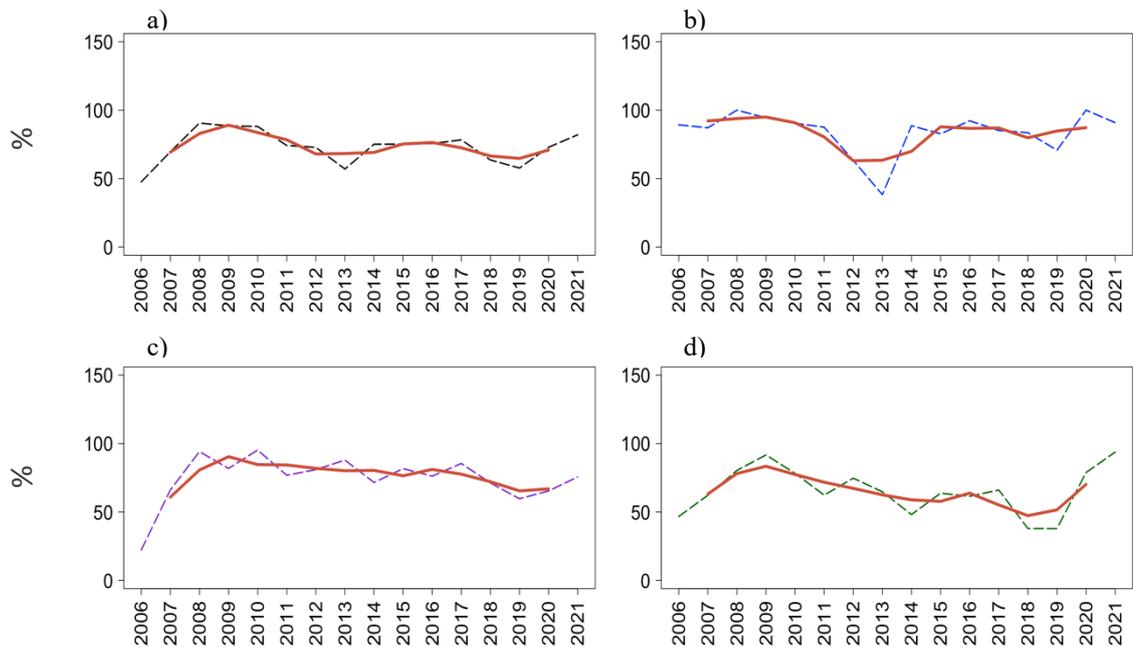


Figura 17: Trend con media mobile in rosso delle rispettive serie storiche: a) % di abbattimento del totale degli animali trattergiato in nero; b) % di abbattimento dei maschi adulti (no classe 0) trattergiato in blu; c) % di abbattimento delle femmine adulte (no classe 0) trattergiato in viola; d) % di abbattimento dei classe 0 (maschi e femmine) trattergiato in verde.

La serie è stata detrendizzata sottraendo il valore del trend lineare al valore della serie per operare un test di T sui residui al fine di verificare che non siano significativamente diversi da zero. Le serie detrendizzate della % degli abbattimenti delle quattro categorie restituiscono rispettivamente i valori di $p=0.5$ e questo consente di concludere che la media degli errori non è significativamente diversa da 0 e propendere che la serie sia di tipo stazionario "white noise". Dal grafico di Figura 18 è possibile osservare come negli anni la mediana delle uscite dei cacciatori non sia variata molto, mantenendosi costante sulle 2 giornate di caccia prima di abbattere il rispettivo capo assegnato. Fanno eccezione il 2013 e il 2016 in cui la mediana di uscite per cacciatore è più alta.

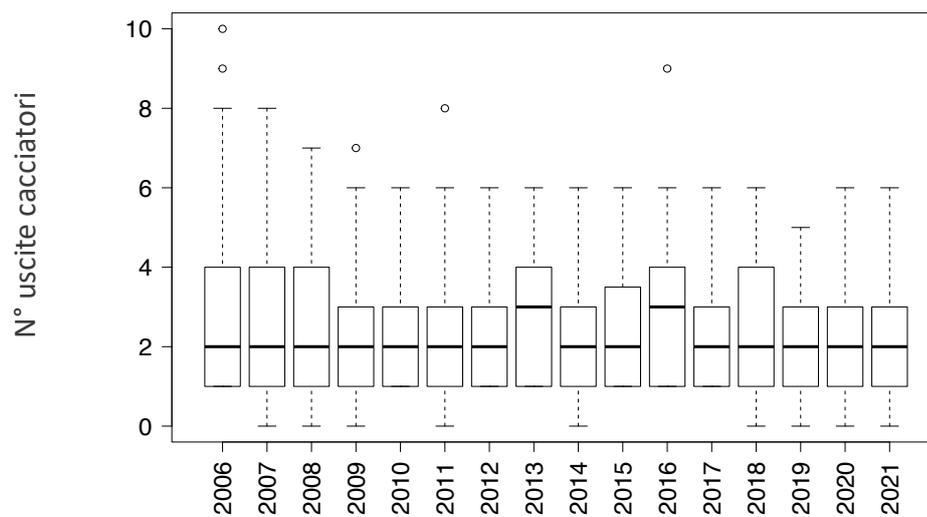


Figura 18: Box-plot dell'numero di uscite dei cacciatori per ciascun anno della serie storica (2006-2021) effettuate prima dell'effettivo abbattimento del campo assegnato dal piano di abbattimento.

4.3. Analisi delle serie storiche su base mensile

Utilizzando le serie storiche mensili delle percentuali di abbattimento si nota sempre una spiccata stagionalità con un picco nei primi mesi di caccia e una più o meno rapida decrescita nei restanti mesi, in accordo con le aperture stagionali di caccia per le singole classi (Figura 19).

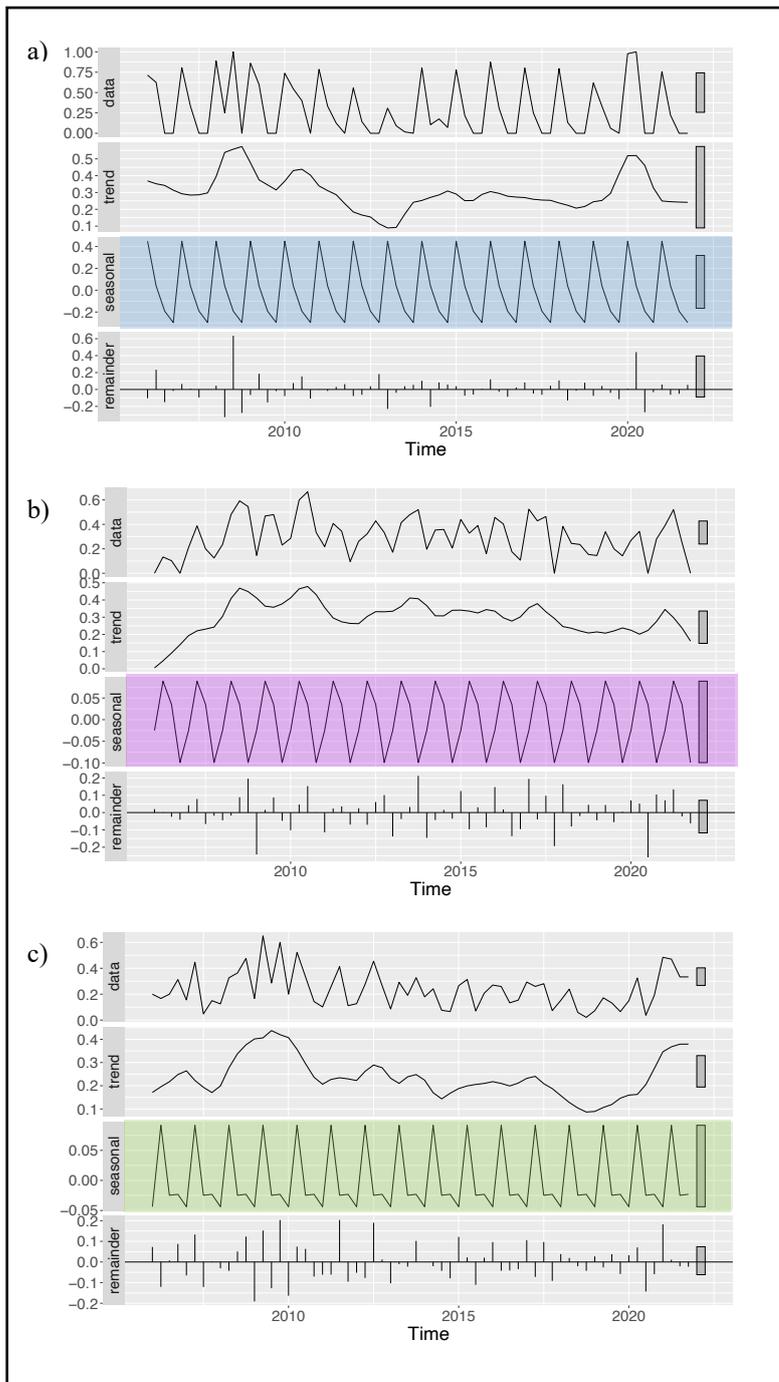


Figura 19: Serie storica su base mensile suddivisa nelle sue componenti data (Y_t), trend (T_t), seasonal (S_t) e remainder (R_t): a) classe maschi adulti; b) classe femmine adulte; c) classe 0 (maschi e femmine).

4.4. Zonal statistic

Per quanto riguarda l'analisi spaziale, di tutti i capi registrati nel database regionale sono stati utilizzati solo quelli correttamente georeferiti e pertanto sono stati utilizzati solo 2416 dati distribuiti nell'arco temporale di 16 anni. Questi mostrano, a livello cumulativo un'intensa attività venatoria distribuita abbastanza uniformemente su tutto il territorio del CACN5 in cui la caccia è consentita. Come si evince dalla Figura 20 in alcune zone si è registrata una maggiore frequenza di abbattimento a discapito di altre e le variazioni delle zone di caccia per ogni anno sono consultabili nell'Appendice A.

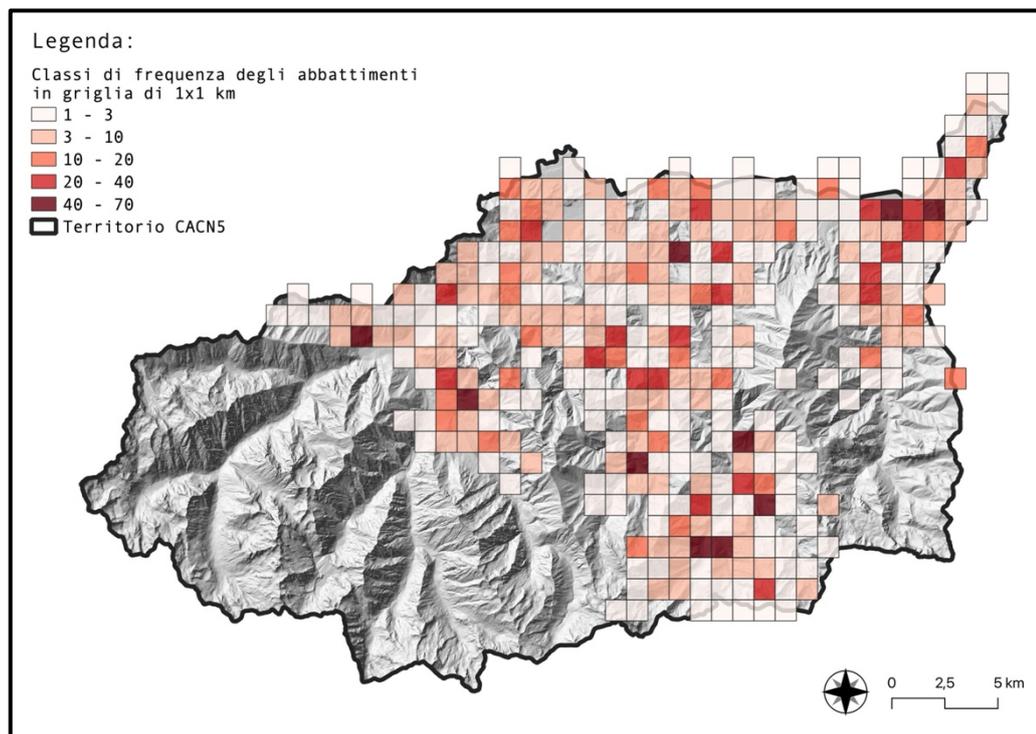


Figura 20: Andamento degli abbattimenti cumulativo dal 2006 al 2021 sul territorio del CACN5 nelle celle di 1kmx1km.

Utilizzando il metodo *Pixel-wise time series trend analysis*, solamente per quelle celle il cui numero di dati è sufficiente ad evitare il problema dell'inflazione degli zeri all'interno della serie storica, viene calcolata la tendenza (*Slope*) degli abbattimenti cella per cella negli anni (Figura 21).

In Figura 22 vengono presentate solo tendenze annuali significative ($p < 0,05$).

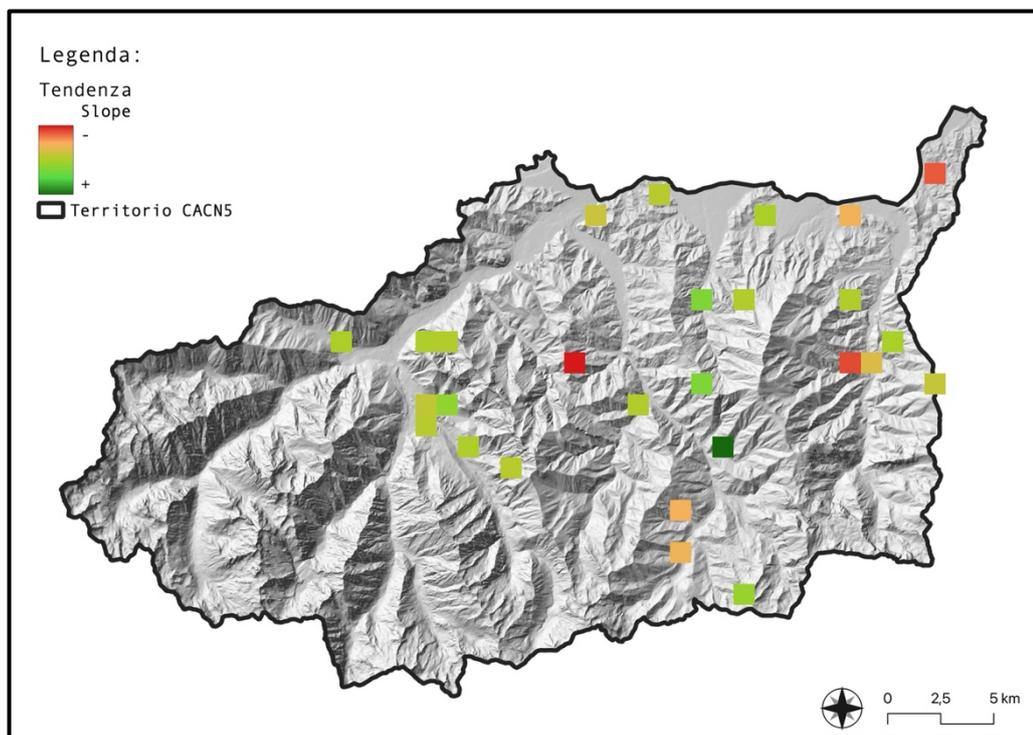


Figura 21: Andamento delle tendenze degli abbattimenti dal 2006 al 2021 sul territorio del CACN5 nelle celle di 1kmx1km. Si verifica un andamento positivo che corrisponde ad un minor prelievo per cella registrato negli anni in quelle con colorazione verde, mentre al contrario un andamento negativo che corrisponde ad un maggior prelievo per cella registrato negli anni in quelle con colorazione rosso o tendente al rosso.

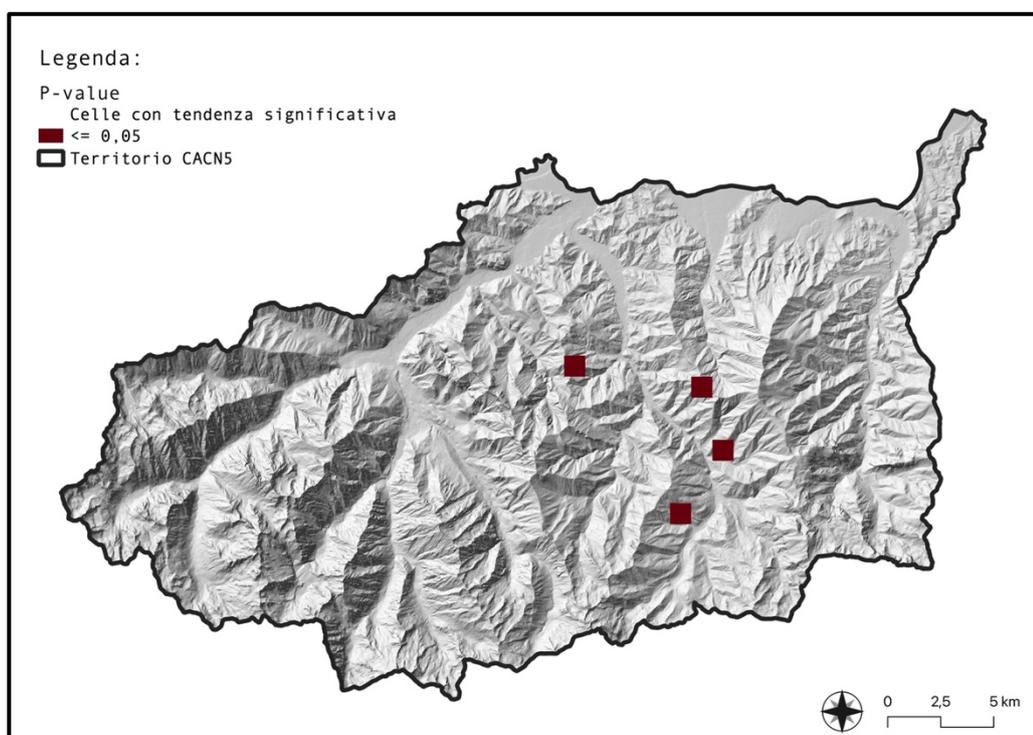


Figura 22: Significatività ($p \leq 0,05$) delle tendenze degli abbattimenti dal 2006 al 2021 sul territorio del CACN5 nelle celle di 1kmx1km.

4.5. GLM: analisi dell'effetto dei fattori morfologici, ambientali, antropici sulla distribuzione degli abbattimenti

Sono stati valutati tre modelli formulati per spiegare quali fattori potessero maggiormente influenzare il luogo dell'abbattimento da parte del cacciatore del capriolo (Tabella 9). Tra questi il modello migliore risulta quello che considera tutte le variabili insieme (AIC=11097). Tuttavia, risulta un AIC minore se a tale modello vengono sottratte le variabili con una minore significatività (esposizione media con $p = 0.115$ e pendenza media con $p = 0.963$). Pertanto, il modello migliore con un AIC minore (AIC = 11095) è quello che include la somma della lunghezza delle strade, la presenza di aree urbanizzate, la quota media e le aree aperte (Seminativi e colture permanenti) (Tabella 10).

Modello	AIC	Δ AIC
Somma lunghezza delle strade + Aree urbanizzate + Altimetria media + Seminativi e colture permanenti	11095	0
Somma lunghezza delle strade + Aree urbanizzate + Altimetria media + Pendenza media + Esposizione media + Seminativi e colture permanenti	11097	2
Somma lunghezza delle strade + Aree urbanizzate	11137	42
Altimetria media + Pendenza media + Esposizione media	11144	49

Tabella 9: Statistiche dei modelli lineari generalizzati degli abbattimenti. I modelli sono ordinati in base al valore crescente del Criterio di Informazione di Aikake (AIC). Δ AIC è la differenza del valore di AIC di ogni modello rispetto a quello valutato come migliore.

Predittori	ES	CI	p
Intercetta	3.25	2.15 – 4.35	<0.001
Aree urbanizzate	-0.000009	0.000013 – -0.000005	<0.001
Seminativi e colture permanenti	-0.000004	-0.000006 – -0.000003	<0.001
Quota media	-0.001471	-0.002069 – -0.000873	<0.001
Somma lunghezza delle strade	0.000592	0.000380 – 0.000804	<0.001

Tabella 10: Risultati del miglior modello lineare generalizzato. Dove le variabili dipendenti sono il numero di abbattimenti per cella, mentre le variabili indipendenti (predittori) vengono indicate nella prima colonna. E.S. rappresenta l'errore standard del coefficiente, C.I. rappresenta l'intervallo di confidenza e p (p-value) il valore di significatività.

4.6. Analisi descrittiva del *dataset* dei midolli ossei di capriolo

La raccolta dati per le carcasse di capriolo si è estesa per un arco temporale di circa 11 mesi, dal 24 Novembre 2021 al 30 Settembre 2022, per un totale di 14 campioni validi che presentavano la quasi totalità degli arti (Figura 23). Al fine di tale studio e per poter valutare la condizione corporea dell'animale ed effettuare una comparazione tra i campioni è risultata fondamentale almeno la presenza di uno dei due femori e pertanto il rinvenimento di carcasse con l'assenza di tali ossa è stata esclusa.

Dei 14 capi totali, 12 sono stati rinvenuti morti sul territorio, mentre le ossa di due animali sono state ottenute dagli scarti della lavorazione delle carni a seguito dell'abbattimento in ambito venatorio. Questi ultimi infatti presentano un codice identificativo differente che segue quello attribuito al cartellino venatorio autorizzativo dei singoli abbattimenti rilasciato dal CACN5 (ID animale 1912 e 1913). Le principali cause che hanno comportato l'impossibilità di prelievo dell'osso lungo sono state l'assenza vera e propria dell'arto o parte di esso oppure delle fratture che hanno degradato il campione rendendo il midollo non prelevabile o attraverso la totale fuoriuscita dello stesso. La Tabella 11 presenta una sintesi del numero di carcasse rinvenute nell'area di studio associate ai dati individuali quali sesso ed età, se identificabili. Per due capi dei 14 rinvenuti non è stato possibile attribuire l'appartenenza ad una classe d'età a causa della completa mancanza del capo.

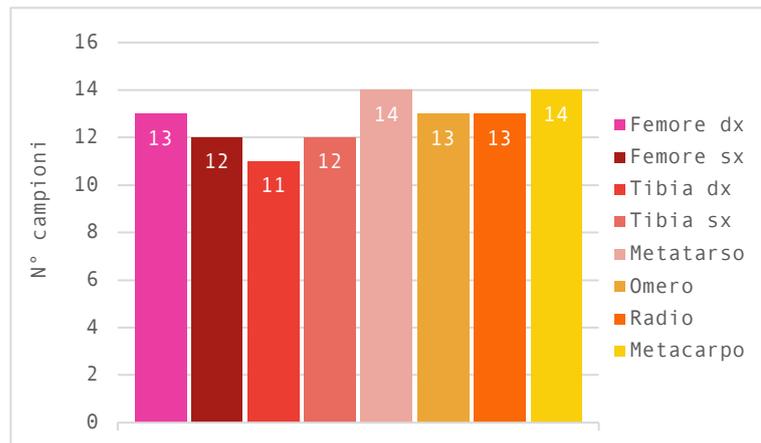


Figura 23: Il numero totale dei campioni rinvenuti da Novembre 2021 a Settembre 2022, suddivisi per categoria: femore destro e sinistro, tibia destra e sinistra, metatarso, omero, radio e metacarpo.

		N° di capi
Sesso	Maschi	4
	Femmine	10
Età	≥ 1	10
	< 1	2
	Indeterminati	2

Tabella 11: numero di capi rinvenuti suddivisi nelle rispettive classi di sesso ed età.

4.6.1. Colore, sostanza secca ed estratto etereo dei midolli ossei

I colori di ciascun campione di midollo fotografato sono stati definiti su scala RGB tramite il programma ImageJ (cfr Appendice B). La figura 24 mostra un'esemplificazione della foto e del rispettivo *output* ottenuti tramite il *plugin* "The Color Inspector 3D" del *software*.

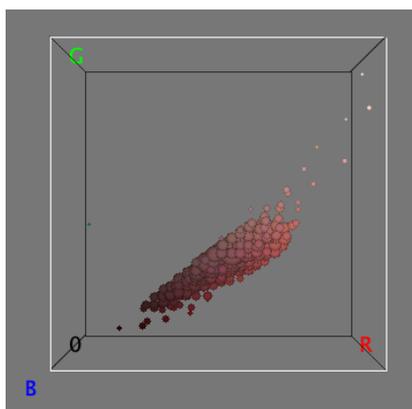


Figura 24: modello della rappresentazione dei colori del midollo osseo attraverso il *plugin* "The Color Inspector 3D" del *software* ImageJ.

Il colore definito dal sistema RGB, la cui frequenza media è più rappresentativa per ogni campione di midollo viene espresso insieme ai quantitativi ottenuti di sostanza secca ed estratto etereo per ogni femore (Tabella 12).

Colore	RGB (Wu Quant =1)	ID		SS	EE
	255, 110, 98	C220930CGCLF01	sx	75,50	91,37
	134, 77, 72	C220225CGCFP01	sx	77,06	90,94
	213, 88, 80	C220930CGCLF01	dx	77,00	90,32
	163, 79, 74	C220131CGCFG01	dx	70,65	88,65
	154, 83, 75	C220131CGCFG01	sx	69,30	88,32
	190, 100, 93	C211223CGCFG01	sx	73,40	88,31
	186, 93, 88	C211223CGCFG01	dx	70,60	87,07
	153, 93, 78	1912	dx	66,80	86,38
	161, 72, 73	C211124CGCFG01	sx	66,60	85,22
	166, 80, 78	C220413CGCFG01	sx	64,10	83,25
	141, 73, 72	C211124CGCFG01	dx	66,30	83,11
	161, 95, 90	C220201CGCFG01	dx	66,30	83,11
	167, 82, 74	C220201CGCFG01	sx	65,00	82,68
	119, 76, 72	C220130CGCFP01	sx	64,12	82,07
	174, 94, 86	C220225CGCFP01	dx	62,10	81,50
	118, 78, 74	C220130CGCFP01	dx	64,00	81,16
	190, 81, 81	C220413CGCFG01	dx	57,40	79,81
	192, 98, 86	C220416CGCFG01	sx	46,70	78,05
	186, 89, 77	C220416CGCFG01	dx	46,60	77,81
	153,88,77	1913	dx	48,87	63,99
	131, 58, 59	C220428CGCFR01	dx	38,00	51,76
	139, 59, 61	C220428CGCFR01	sx	42,70	50,73
	133, 59, 62	C220504CGCFG01	dx	23,50	5,24
	124, 60, 62	C220504CGCFG01	sx	22,60	4,79
	122, 63, 66	C220408CGCMM01	sx	12,50	4,15

Tabella 12: Ciascun femore sia destro che sinistro rappresentato nel suo colore RGB determinato dalle frequenze medie (Wu Quant =1), il codice identificativo (ID), la % di SS e la % di EE.

4.6.2. Sostanza secca dei midolli di differenti ossa lunghe

Al fine di indagare la presenza di differenze significative nel contenuto di SS tra le ossa lunghe e di EE nei femori delle due classi di sesso (maschi e femmine) e per le due classi d'età (> 1 anno e < 1 anno) si è applicato il test non parametrico Mann-Whitney. Tuttavia, data la disomogeneità dei dati, fortemente sbilanciati a favore del sesso femminile e della classificazione d'età superiore ad un anno, da quest'analisi non sono emersi risultati significativi.

Attraverso l'analisi dei test non parametrici per dati appaiati di Wilcoxon si è indagata la differenza significativa tra le varie ossa lunghe come indicato in Tabella 13.

Confronto ossa	V (Wilcoxon)	P-value
Femore dx VS Tibia dx	2	0,005
Femore dx VS Tibia sx	0	< 0,001
Femore sx VS Tibia dx	2	0,001
Femore sx VS Tibia sx	76	< 0,001
Metatarso VS Femore dx	87	< 0,001
Metatarso VS Femore sx	72	0,006
Omero VS Femore dx	31	0,339
Omero VS Femore sx	10	0,021
Radio VS Femore dx	91	< 0,001
Radio VS Femore sx	76	0,001
Metacarpo VS Femore dx	91	< 0,001
Metacarpo VS Femore sx	78	< 0,001
Metatarso VS Tibia dx	49	0,469
Metatarso VS Tibia sx	34	0,963
Omero VS Tibia dx	3	0,002
Omero VS Tibia sx	3	0,002
Radio VS Tibia dx	78	< 0,001
Radio VS Tibia sx	72	0,006
Metacarpo VS Tibia dx	45	0,677
Metacarpo VS Tibia sx	35	0,791

Tabella 13: Confronto della sostanza secca (SS) presente in ciascuna categoria di osso lungo e rispettive combinazioni. Viene indicato il valore di V (Wilcoxon) dell'omonimo test e il valore di significatività (p-value).

Secondo i risultati la mediana della maggior parte delle tipologie di ossa lunghe è significativamente differente l'una dall'altra, fatta eccezione per femore destro e sinistro confrontato con l'omero, tibia destra e sinistra confrontate con metacarpo e tibia destra e sinistra confrontate con metatarso. In Figura 25 vengono rappresentati i box-plot relativi al confronto tra tibia e metacarpo, metatarso.

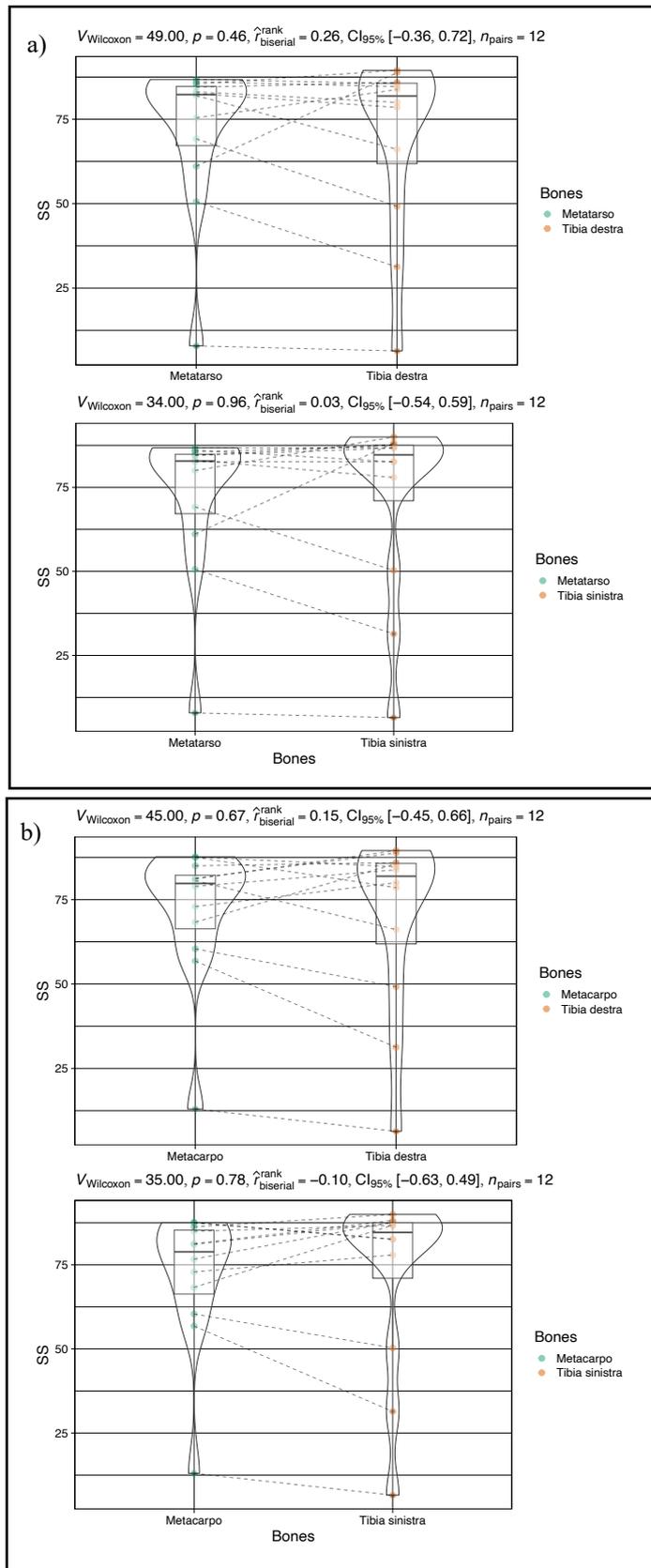


Figura 25: box-plot del test Wilcoxon per dati appaiati sulla SS:

a) confronto tra i valori mediани di tibia destra e metatarso e tibia sinistra e metatarso;
 b) confronto tra i valori mediани di tibia destra e metacarpo e tibia sinistra e metacarpo

4.6.1. Correlazione tra SS ed EE delle ossa lunghe

Attraverso l'analisi della correlazione effettuata tramite il test τ (tau) di Kendall (correlazione di tipo non parametrico) vengono quantificate le relazioni tra le variabili (Tabella 14).

			SS								EE	
			Fem. dx	Fem. sx	Tibia dx	Tibia sx	Metat.	Omero	Radio	Metac.	Fem. dx	Fem. sx
SS	Fem. dx	CC	1,000	,759**	,636**	,449	,211	,816**	,579**	,342	,921**	,722**
		p-Value		,001	,007	,059	,325	,000	,007	,110	,000	,002
		N	13	11	11	11	13	13	13	13	13	11
	Fem. sx	CC		1,000	,911**	,595**	,424	,758**	,788**	,364	,745**	,909**
		p-Value			,000	,007	,055	,001	,000	,100	,001	,000
		N		12	10	12	12	12	12	12	11	12
	Tibia dx	CC			1,000	,854**	,545*	,667**	,939**	,455*	,564*	,867**
		p-Value				,001	,014	,003	,000	,040	,016	,000
		N			12	10	12	12	12	12	11	10
	Tibia sx	CC				1,000	,321	,657**	,687**	,443*	,477*	,626**
		p-Value					,149	,003	,002	,046	,042	,005
		N				12	12	12	12	12	11	12
	Metat.	CC					1,000	,275	,495*	,319	,179	,394
		p-Value						,171	,014	,112	,393	,075
		N					14	14	14	14	13	12
	Omero	CC						1,000	,560**	,385	,821**	,727**
		p-Value							,005	,055	,000	,001
		N						14	14	14	13	12
	Radio	CC							1,000	,341	,513*	,818**
		p-Value								,090	,015	,000
		N							14	14	13	12
	Metac.	CC								1,000	,359	,394
		p-Value									,088	,075
		N								14	13	12
EE	Fem. dx	CC								1,000	,709**	
		p-Value										,002
		N									13	11
	Fem. sx	CC										1,000
		p-Value										
		N										12

Tabella 14: (pagina precedente): vengono rappresentati i coefficienti di correlazione (CC), la significatività (p-value e il numero di campioni utilizzati (N) della relazione della sostanza secca di ciascun osso lungo (suddivisi anche in destro e sinistro in femore e tibia).

Considerando coefficienti di correlazione elevati ($CC \geq 0,70$) e un valore di $p < 0,05$, vengono riportati di seguito le correlazioni più significative. In Figura 26, 27, 28, 29, 30 vengono rappresentati i grafici delle regressioni lineari relativi a tali correlazioni.

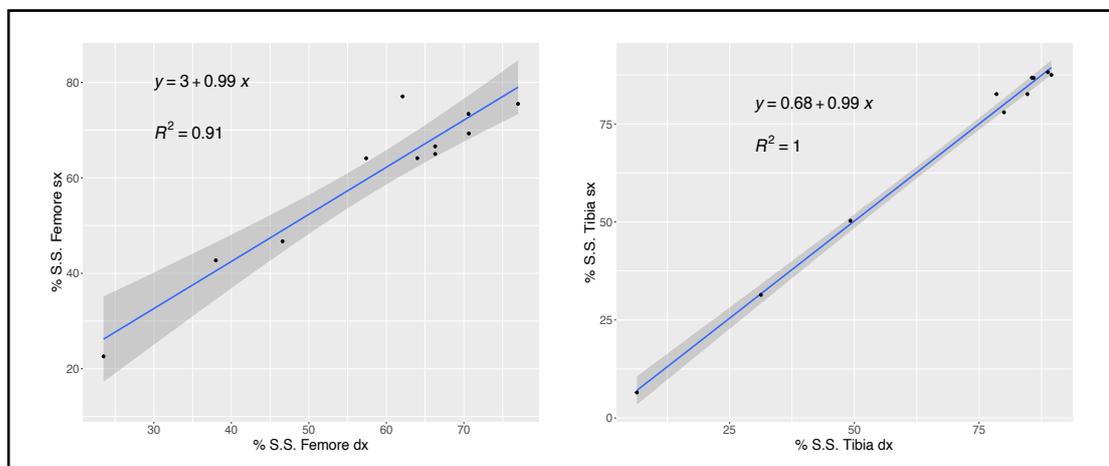


Figura 26: regressione lineare della sostanza secca del femore destro correlata alla sostanza secca del femore sinistro (a sinistra), regressione lineare della sostanza secca della tibia destra correlata alla sostanza secca della tibia sinistra (a destra).

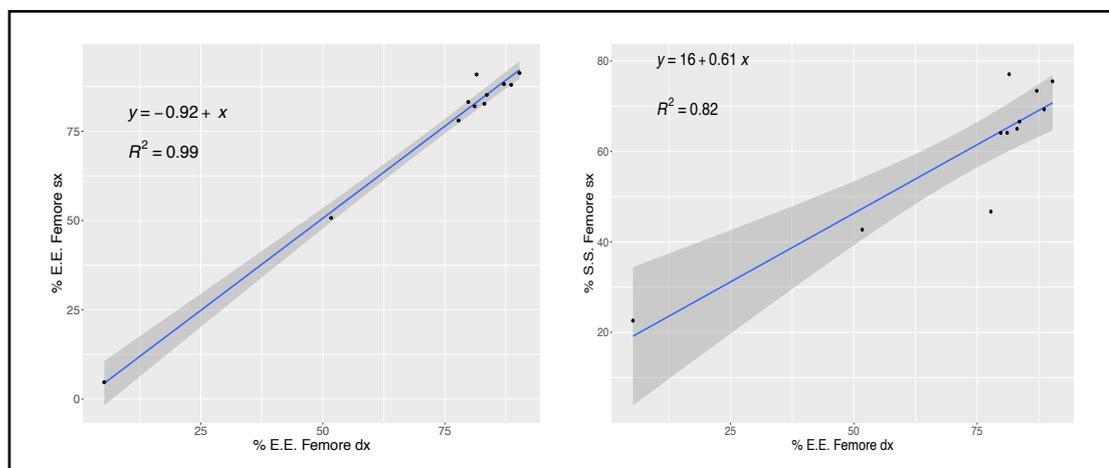


Figura 27: regressione lineare dell'estratto etereo del femore sinistro correlato all'estratto etereo del femore destro (a sinistra), regressione lineare della sostanza secca del femore destro correlata all'estratto etereo del femore destro (a destra).

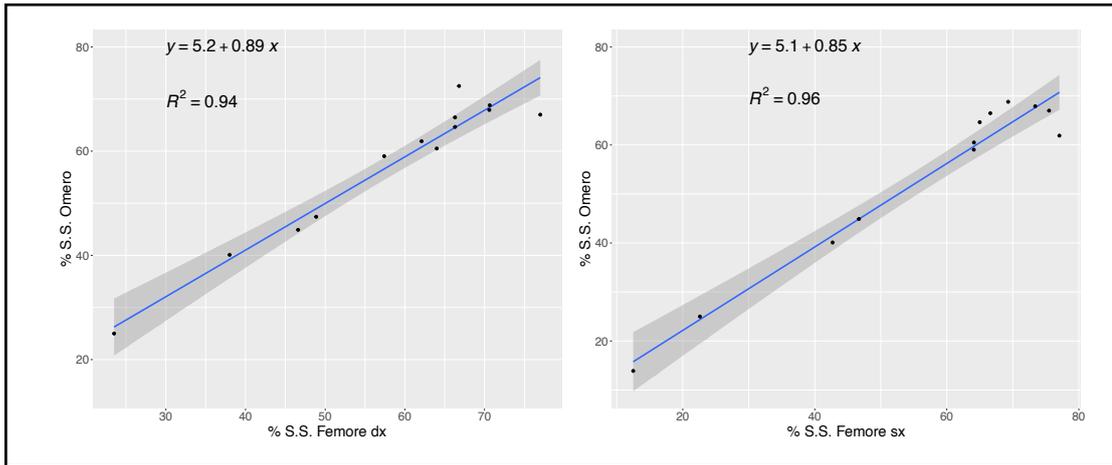


Figura 28: regressione lineare della sostanza secca dell'omero correlata alla sostanza secca del femore destro (a sinistra), regressione lineare della sostanza secca dell'omero correlata alla sostanza secca del femore sinistro (a destra).

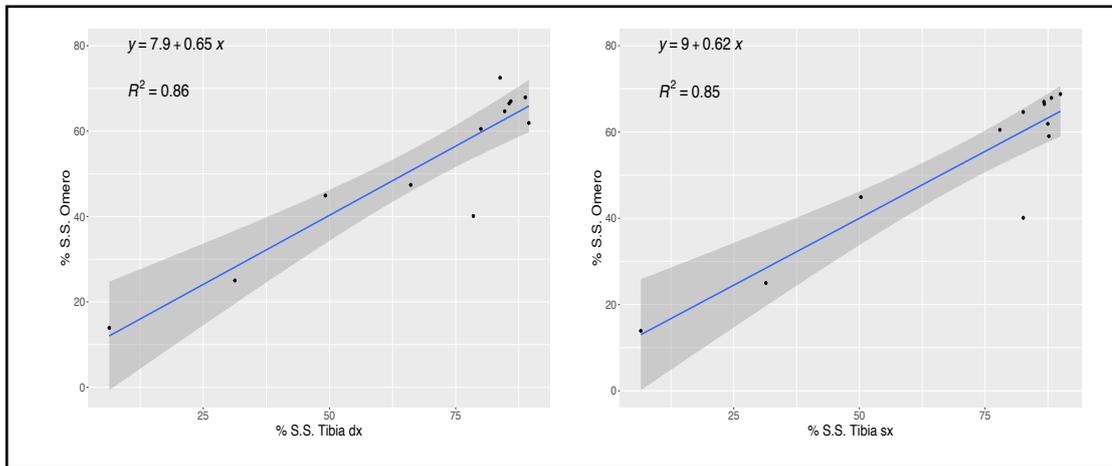


Figura 29: regressione lineare della sostanza secca dell'omero correlato alla sostanza secca della tibia destra (a sinistra), regressione lineare della sostanza secca dell'omero correlata alla sostanza secca della tibia sinistra (a destra).

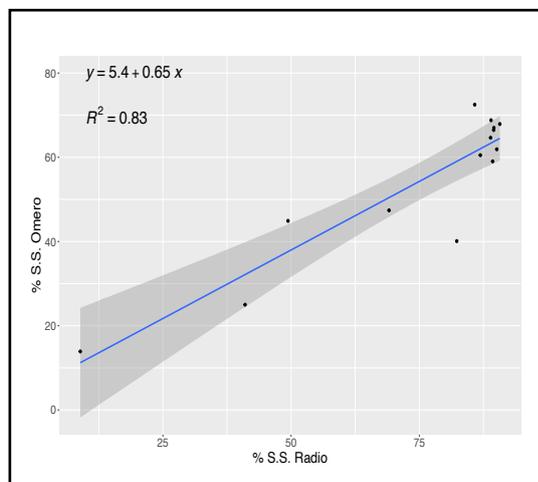


Figura 30: Regressione lineare della sostanza secca dell'omero correlato alla sostanza secca del radio.

5. DISCUSSIONE

Questo studio ha indagato sia a livello temporale sia a livello spaziale l'analisi della serie storica dei capi di capriolo abbattuti dal 2006 al 2021 all'interno del Comprensorio Alpino Cuneo 5 nelle Alpi Marittime, al fine di identificarne le dinamiche venatorie. Si è inoltre indagato lo stato di salute del piccolo cervide attraverso il metodo dell'analisi del midollo osseo presente all'interno delle ossa lunghe e il possibile confronto tra queste ultime.

5.1. Dinamiche venatorie

In questa tesi vengono esaminate le dinamiche venatorie, la cui attività si estende ben oltre il tradizionale approvvigionamento. Infatti, la caccia si trova nei costrutti sociali, alla base della cultura e dell'economia che variano nel tempo, nei luoghi e nelle comunità umane. È un atto ricreativo che può rendersi necessario alla conservazione della biodiversità, all'eradicazione di specie invasive o interessate in conflitti gestionali (Fischer et al., 2013; Van Vliet, 2018, Montgomery et al., 2022). È importante precisare che l'attività venatoria in Europa è gestita in modi diversi, con grandi differenze esistenti tra paesi differenti e all'interno degli stessi. Infatti, la gestione della caccia è solitamente delegata a livelli amministrativi locali dove diverse tradizioni e culture socio-economiche e politiche portano ad approcci diversi (Linnell et al., 2020) legati all'uso di armi, ai luoghi dove poterla esercitare, alla stagionalità e alla sua intensità (Parsons et al., 2022). Nella realtà italiana, in particolare dell'arco alpino piemontese, la caccia viene gestita come riportato nel capitolo 3.1.1. Pertanto, rispetto a tali osservazioni e ai risultati ottenuti è possibile effettuare le seguenti considerazioni.

Rispetto ai dati presentati della serie storica su base annuale del totale degli abbattimenti di capriolo sembrerebbe che a partire dagli anni 2015-2017 si sia verificato un brusco calo. Questo viene percettivamente associato ad un decremento della popolazione dell'ungulato selvatico. Tale percezione entra in contrasto con diversi studi che invece sostengono che le popolazioni in Europa siano aumentate notevolmente in numero e distribuzione geografica negli ultimi decenni (Burbaiteè & Csányi, 2009; Benjamin et al., 2022; Griesberger et al., 2023).

Infatti, dai risultati, il calo percepito non sembra essere legato alla presenza effettiva e reale dell'animale. A dimostrazione di ciò, basandosi sulla costruzione del piano di prelievo a

livello locale e sui risultati ottenuti, si evince che la serie storica dei capi prelevati ed i suoi *trend* sia sempre in diretta funzione dell'assegnato. Tale andamento si verifica sia per la serie storica dei totali, ma in modo analogo per tutte le sottocategorie considerate quali maschi, femmine e classe 0. Infatti, il modello di regressione lineare tra i capi prelevati e quelli assegnati mostra una forte correlazione. L'andamento di questo rapporto costante nel tempo è stato interpretato con la presenza del cervide sul territorio, in quanto se la popolazione fosse stata soggetta ad un brusco crollo allora anche il rapporto assegnato-prelevato sarebbe risultato mutevole nel tempo e in netto sfavore del prelevato.

Ad ulteriore dimostrazione vi sono i risultati relativi al *trend* delle serie storiche in funzione della percentuale di abbattimento ($\% \text{ Abb} = \text{animali abbattuti/animali assegnati}$). Questi non subiscono fluttuazioni rilevanti nel corso del tempo e acquisiscono un andamento piuttosto stazionario. Pertanto, si può affermare che il compimento del piano di prelievo si sia realizzato costantemente dal 2006 al 2021. Nel caso ipotetico in cui si fosse verificato un decremento della popolazione di capriolo sul territorio, la $\%$ di abbattimento relativa alla realizzazione del piano sarebbe al contempo notevolmente diminuita (Fanelli et al., 2021).

Inoltre, dall'analisi delle uscite dei cacciatori durante il periodo venatorio emerge che per poter abbattere l'animale assegnato siano in media necessarie solo due uscite (cfr Figura 18). Questo si verifica costantemente negli anni presi in considerazione dallo studio, fatta eccezione per l'anno 2013 e 2016 che risultano avere una media di tre uscite prima di portare a compimento il prelievo. Il rapido successo dell'abbattimento supporta ulteriormente l'ipotesi che i caprioli non siano in drastico calo, come invece viene percepito.

L'analisi della serie storica su base mensile scompone la serie storica in *data* (Y_t), *trend* (T_t), *seasonal* (S_t) e *remainder* (R_t). L'individuazione della componente stagionale (S_t) mette in risalto come il picco dell'attività venatoria si registri nei primi mesi d'apertura e diminuisca successivamente. Questo si verifica sia per la classe delle femmine, che per maschi e piccoli (classe 0) dipendentemente dalla data di apertura di caccia per ciascuna di queste categorie in modo costante ogni anno. Nuovamente, l'analisi evidenzia come non vi sia un'elevata ed effettiva difficoltà per il cacciatore di trovare l'animale ed abbatterlo in quanto il piano di prelievo viene quasi sempre completato nel primo mese di caccia sui quattro a disposizione.

L'argomentazione sinergica di tali analisi sui dati della caccia suggerisce quindi che la presenza del capriolo sia ben radicata su tale porzione di territorio, e pertanto altri potrebbero essere i fattori che possono aver contribuito alla percezione altamente alterata della presenza

dello stesso da parte del mondo venatorio. Ad esempio, la caccia così come la predazione potrebbero avere effetti indiretti sulle popolazioni di ungulati portando a modificazioni e adattamenti di modelli comportamentali (Griesberger et al., 2023). Numerosi studi sugli ungulati - come sul cervo dalla coda bianca (*Odocoileus virginianus*) negli Stati Uniti (Little et al., 2016), sul muflone (*Ovis gmelini*) in Francia (Marchand et al., 2014), il cinghiale (*Sus scrofa*) in Svezia (Thurfjell et al., 2013) e cervo (*Cervus elaphus*) in Austria (Griesberger et al., 2022), riportano che questi rispondono al disturbo antropico adattando il comportamento spazio-temporale per evitare il potenziale contatto con l'uomo. È plausibile quindi che i caprioli rispondano a questo rischio utilizzando un comportamento elusivo (Griesberger et al., 2023). Altri studi evidenziano invece che per evitare i predatori, quali ad esempio il lupo (*Canis lupus*) o cacciatori, le prede diminuiscono significativamente gli spostamenti (Frair et al. 2007, Ciuti et al. 2012, Marantz et al. 2016; Picardi et al., 2018) poiché spostarsi attraverso *habitat* frammentati è altamente rischioso (Cote et al., 2017). La diminuzione dello spostamento quando esposti ad un maggior rischio di mortalità (Gehr et al., 2020) in risposta alla caccia potrebbe addirittura essere selezionata dall'uomo favorendo nel tempo gli individui più sedentari (Ciuti et al. 2012). Gli adattamenti elusivi fanno sì che la maggior attività del capriolo segue un andamento crepuscolare che va dalle 17:00 alle 08:00 con un picco al tramonto e all'alba (Wevers et al., 2020). Inoltre, dai risultati di Jasińska et al. (2020), è stato visto che è maggiormente attivo nelle ore intorno all'alba, dalle 4:00 alle 5:00 del mattino, rispetto alle restanti ore del giorno dove vi è un maggior rischio di interazione con l'uomo. Il picco dell'attività del capriolo sembra quindi essere anticipata rispetto all'ora di inizio caccia che come definito dall'Articolo 18 comma 7 della legge 157/92 è consentita da un'ora prima dell'alba fino ad un'ora dopo il tramonto.

Pertanto, il rischio di predazione antropogenica potrebbe comportare un diverso utilizzo e selezione da parte della specie di determinate aree e orari all'interno dell'*habitat* (Griesberger et al., 2023) e quindi sfavorire la ricerca da parte del cacciatore nelle zone abituali enfatizzando la percezione della sua assenza. Inoltre, il rischio di predazione da parte del lupo potrebbe aggiungere un adattamento antipredatorio ulteriore (Bassi et al., 2020). Tuttavia, in uno studio di Gervasi et al. (2013) in Scandinavia è emerso che la predazione da parte del lupo si verifici maggiormente nelle aree boschive e lontano dai campi agricoli, ciò suggerisce che i caprioli cercano di ridurre al minimo i rischi di mortalità legati all'uomo anche a costo di un aumento del rischio di predazione legato al lupo.

In relazione a ciò si è analizzata all'interno del territorio del CACN5, la distribuzione dei capi abbattuti nell'arco della serie storica dal 2006 al 2021. Dai risultati cumulativi dell'intero periodo preso in analisi si evince che la pressione venatoria è omogeneamente distribuita nel distretto venatorio, fatta eccezione per alcune zone di *hot spot*.

All'interno del comprensorio alpino vi sono alcune zone che mostrano una tendenza negativa nella serie storica degli abbattimenti per cella: questo potrebbe essere collegato anche ad una diminuzione del numero dei cacciatori che esercitano la caccia al capriolo in quest'area. La tendenza alla diminuzione della popolazione venatoria non è fenomeno solo locale ma continentale come dimostrato dal lavoro di Fanelli et al. (2021).

La preferenza del luogo dell'abbattimento potrebbe essere dipendente sia dalle caratteristiche individuali del cacciatore (età, forma fisica, esperienza) sia dagli atteggiamenti, i quali possono definire gli obiettivi, la motivazione e la volontà (Stedman et al., 2004). Le caratteristiche individuali e i diversi atteggiamenti potrebbero agire sinergicamente o dipendentemente rispetto a variabili di tipo morfologico del territorio o legate a comodità di tipo antropico. Infatti, in accordo con quanto emerso nel lavoro di Griesberger et al. (2023), i risultati dell'analisi spaziale supportano l'ipotesi che afferma che i luoghi di abbattimento dei caprioli non siano distribuiti casualmente nel paesaggio ma guidati da specifiche preferenze da parte dei cacciatori. Dai risultati del miglior modello GLM, è emerso che esiste un effetto altamente significativo per la presenza di strade e di aree urbanizzate, per l'altimetria media e per le aree aperte seminativi e colture permanenti. In particolare, si evince che la vicinanza alle aree urbanizzate ha un effetto negativo sugli abbattimenti, e che quindi si ha una maggiore tendenza da parte del cacciatore ad abbattere l'animale lontano dai centri abitati. Nonostante si sia ipotizzato che la vicinanza ai centri abitati possa in qualche modo giovare per quanto riguarda la riduzione dello spostamento, il fatto che durante l'attività venatoria il cacciatore si allontani da questi ultimi potrebbe essere legato ad un fattore di rischio e ad una ridotta presenza dell'animale in tali aree rispetto ad altre. Nello studio di Bonnot et al. (2012) si è messo in evidenza che i caprioli sono in grado di tollerare un'elevata vicinanza agli insediamenti ma che durante le ore diurne rimangono all'interno del vicino *habitat* forestale che ha una maggiore funzione protettiva. Diversamente, la presenza di strade per cella, in accordo con l'ipotesi iniziale, ha un effetto positivo sulla realizzazione del tiro. La scelta del luogo d'abbattimento da parte del cacciatore è quindi influenzata dalla possibilità di potersi spostare sul territorio comodamente, di raggiungere luoghi riducendo lo sforzo fisico nonché un risparmio in termini di tempo. Essendo la caccia maggiormente favorita in luoghi aperti si è quindi voluto

indagare la significatività della macrocategoria “Seminativi e colture permanenti”. Sebbene in tali aree possa essere favorita la presenza del capriolo, si è visto avere un effetto negativo sugli abbattimenti. Questo potrebbe essere collegato all’Art. 842 del Codice Civile che recita: “*Il proprietario di un fondo non può impedire che vi si entri per l’esercizio della caccia, a meno che il fondo sia chiuso nei modi stabiliti dalla legge sulla caccia o vi siano colture in atto suscettibili di danno*”. Pertanto, potrebbe essere possibile che il maggior numero di seminativi e colture permanenti presenti sul territorio siano recintate o suscettibili al danno e che quindi non permettano l’accesso al cacciatore.

Infine, la quota sembra il più significativo tra i fattori ambientali e nel modello ha un’influenza negativa. Questo è in linea con quanto ci si poteva aspettare, infatti, gli abbattimenti vengono realizzati maggiormente a quote più basse rispetto a quelle più elevate. Le quote inferiori possono essere vantaggiose per il cacciatore che, analogamente a quanto detto per le strade, potrebbero permettere un risparmio in termini di tempo e fatica. Tuttavia, va tenuto in considerazione che nelle valli Pesio e Gesso le aree a quote più elevate ricadono all’interno dei confini amministrativi del Parco Alpi Marittime e che pertanto questo potrebbe aver influenzato il modello.

5.2. Midollo osseo indicatore dello stato di salute

Il grasso del midollo osseo nel *post mortem* è stato quantificato per aiutare a dimostrare la condizione corporea *ante mortem*, specialmente quando l’intera carcassa non è disponibile per la valutazione forense veterinaria (Raglus et al., 2019). Inoltre, la barriera fisica fornita dall’osso riduce la contaminazione esogena *post mortem*, oltre che essere soggetto ad una migliore conservazione istologica rispetto ad altri organi (Tattoli et al., 2014).

L’analisi del midollo osseo può solo confermare che un animale sia in cattive condizioni, ma un alto contenuto di grasso del midollo osseo potrebbe non indicare necessariamente che un animale sia sano. In generale, nessuna singola riserva di tessuto adiposo può offrire tutte le risposte riguardanti lo stato di salute prima della morte (Fong, 1981; Nieminen & Laitinen, 1986). Pertanto, l’analisi del midollo dovrebbe essere utilizzata come strumento di supporto per fornire una diagnosi accurata insieme ad altre valutazioni. Le analisi presenti in questa tesi si basano soprattutto sulla sostanza secca presente all’interno del midollo osseo di tutte le ossa lunghe, mentre considerano l’estratto etereo e quindi il contenuto di grasso unicamente per quanto riguarda i femori degli animali. Il femore è stato utilizzato in modi

studi come *standard* per valutare il contenuto di grasso del midollo osseo perché ha un abbondante contenuto di midollo e un abbondante apporto di sangue (Meyerholtz et al., 2011). Tuttavia, dal momento che l'acqua e il contenuto di grasso sono inversamente correlati, il peso a secco del midollo osseo (SS) fornisce un metodo conveniente e accurato per la stima del contenuto di grassi (Cowan, 1985).

Nella condizione di *starvation*, quando i grassi del midollo osseo vengono mobilitati esso subisce una trasformazione gelatinosa, dove il grasso viene sostituito dall'acqua e dal mucopolisaccaride acido ialuronico (Seaman et al., 1978), con conseguente cambiamento del colore e della consistenza del midollo. Come precedentemente detto, il midollo delle ossa prossimali di un animale emaciato tenderà ad una colorazione più rossa, i midolli di animali sani sono caratterizzati da un colore rosa tendente al bianco (Raglus et al., 2019). Rispetto ai 14 animali esaminati, suddividendo femori destri e sinistri di ciascuna carcassa, i quantitativi di SS e di EE elevati, che indicano un discreto stato nutrizionale dell'animale, non mostrano con chiara evidenza una tendenza ad una colorazione chiara. Diversamente accade per i campioni con quantitativi molto bassi di SS (< 42,7 %) e EE (< 51,76). Questi indicano una possibile estremizzazione negativa della condizione dello stato di salute, e infatti si evince maggiormente una tendenza costante a colorazioni rosso/violacee. L'eterogeneità dei colori in relazione a quantitativi di sostanza secca ed estratto etero elevato può essere associata ad un numero di campioni troppo basso e poco rappresentativo o eventualmente dovuta alle metodiche di conservazione degli stessi che possono differire anche notevolmente per le diverse specie. I campioni hanno una tendenza alla disidratazione durante l'intervallo *post mortem*, il che potrebbe comportare un valore del grasso del midollo osseo gonfiato e fuorviante all'analisi (Raglus et al., 2019). A temperatura ambiente (9,9-34,4°C) i campioni di midollo umano subiscono pochissimi cambiamenti autolitici entro le prime 140 ore *post mortem* (Roll et al., 2009; Tattoli et al., 2014), così come si verifica un'influenza ridotta sulle specie equine e bovine rimanendo inalterato dai 30 ai 60 giorni, mentre un effetto pronunciato lo si verifica nei canidi (Lamoureux et al., 2011). Il congelamento delle ossa destinate all'analisi può aiutare ad alleviare la disidratazione del campione (Lamoureux et al., 2011). Inoltre, andrebbe anche considerata, l'influenza della stagionalità sui valori di grasso del midollo osseo, in quanto negli ungulati selvatici le riserve di grasso possono accumularsi durante le stagioni primaverili ed estive, in modo che le quantità massime di grasso corporeo siano disponibili nelle stagioni durante le quali il cibo risulta essere di norma scarso (Nicholson et al., 2009). Tuttavia, i dati raccolti provengono per maggioranza quasi totalitaria dal periodo invernale e, anche in base anche ai risultati

ottenuti in altri studi in cui non sono state riscontrate differenze significative tra le stagioni (Bear, 1971; Fong, 1981; Spears et al., 2003), quest'aspetto non è stato indagato.

Si è ipotizzato potesse esserci una differenza tra i sessi e in base all'età. Nonostante il forte sbilanciamento tra le classi (Maschi = 4; Femmine = 10; Età maggiore o uguale ad 1 anno = 10; Età minore di un anno = 2) l'analisi è stata effettuata ugualmente a scopo esplorativo. Non sono emersi risultati significativi. In altri studi dove viene analizzato il midollo osseo in alci, bovini, cavalli e cani, i maschi hanno valori di SS e EE più bassi rispetto alle femmine della stessa età (Cederlund et al., 1986; Meyerholtz et al., 2011). Mentre è ben noto che la quantità di grasso presente nel midollo osseo aumenta nel corso della vita attraverso un processo di normale conversione (Blebea et al., 2007; Cartiser et al., 2011).

Sul territorio vi è una grande difficoltà nel reperire carcasse di specie selvatiche in condizioni sufficientemente buone e aventi un numero discreto di ossa lunghe, specialmente a seguito di un evento predatorio da lupo dove tendenzialmente le carcasse non hanno più il femore (Fuller et al., 1986) o per incompleta concessione del cacciatore che tenderà a lasciare più volentieri la parte più distale (metatarso e metacarpo) dell'arto dell'animale rispetto al femore. Per cercare di ovviare tale problematica si è indagato quale potesse essere la relazione tra la SS e l'EE tra le varie ossa al fine di poter stimare la qualità del midollo di un osso partendo da un altro, e avvantaggiare in questo modo la ricerca.

In prima analisi dalla verifica della differenza tra mediane di SS delle categorie di ossa lunghe (femore destro, femore sinistro, tibia destra, tibia sinistra, metatarso, omero, radio, metacarpo) si evince che per ogni gruppo comparato vi è una differenza significativa, ad esclusione di tibia destra/sinistra – metatarso ($p = 0,469$ e $p = 0,963$) e tibia destra/sinistra – metacarpo ($p = 0,677$ e $p = 0,791$) e quindi si può concludere che queste ossa abbiano in media un contenuto di midollo simile.

Dall'analisi della correlazione si nota come sia sempre evidente la corrispondenza tra SS femore destro e sinistro ($\tau = 0,759$; $p\text{-Value} = 0,001$; $R^2 = 0,91$) e tibia destra e sinistra ($\tau = 0,854$; $p\text{-Value} = 0,001$, $R^2 = 1$). Inoltre, la SS del femore è altamente correlata al suo stesso EE e a quello dell'arto opposto ($R^2 = 0,82$; cfr Tabella 14). In accordo a quanto descritto da Fuller et al. (1986) in uno studio sul rapporto di grasso del midollo tra le ossa lunghe degli arti del cervo dalla coda bianca, anche i nostri risultati mettono in evidenza una significativa correlazione della SS tra femore e omero (femore destro – omero: $\tau = 0,816$, $p\text{-Value} < 0,001$, $R^2 = 0,94$; femore sinistro – omero: $\tau = 0,758$; $p\text{-Value} = 0,001$, $R^2 = 0,96$). Inoltre,

la correlazione tra femore e le altre ossa lunghe diminuisce nelle ossa distali rispetto a quelle prossimali.

Dai risultati di questo studio si evince che la SS dell'omero presenta una discreta correlazione con quella della tibia, sia destra che sinistra ($\tau = 0,667$; p-Value = 0,003, $R^2 = 0,86$; $\tau = 0,657$; p-Value = 0,003, $R^2 = 0,85$), mentre quest'ultima una correlazione altamente significativa con la SS del radio ($\tau = 0,939$; p-Value < 0,001; $\tau = 0,687$; p-Value = 0,002; $R^2 = 0,83$). La significatività viene raggiunta anche per la correlazione tibia destra/sinistra – femore destro/sinistro ma con dei coefficienti di correlazioni molto differenti. Plausibile quindi che la correlazione vi sia, ma sarebbe necessaria una verifica con un dataset di dati più ampio. Allo stesso modo, anche se a livelli di correlazione minore la relazione femore - radio. Mentre invece, non si evincono correlazioni con metacarpo e metatarso (ossa più distali). Pertanto, non sembra possibile attraverso la SS del metatarso arrivare a stimare la SS della tibia, nonostante la mediana del gruppo di tibie e metatarso non sia significativamente diversa.

6. CONCLUSIONI

Questo studio multidisciplinare, tra i primi nel suo genere, mira a comprendere le dinamiche venatorie all'interno di uno degli ambiti di caccia in cui è suddiviso il territorio della Regione Piemonte (Alpi occidentali italiane), sia da un punto di vista temporale che spaziale. Inoltre, utilizzando l'analisi del midollo osseo come *proxy* dello stato di salute, si pone l'obiettivo di stabilire un protocollo sperimentale adeguato per consentire di ampliare gli studi e di indagare sull'efficacia di ogni ossa lunga nel definire le condizioni fisiche di tali animali.

I risultati in riferimento ai dati venatori suggeriscono che:

- nel periodo preso in analisi gli abbattimenti si verificano sempre in funzione dell'assegnato, senza che vi siano influenze negative;
- la % di abbattimento ha un andamento stazionario;
- mediamente i cacciatori necessitano solo di due uscite per effettuare l'abbattimento;
- il picco degli abbattimenti e il quasi completamento del piano di prelievo si ha nel primissimo periodo a seguito dell'apertura della caccia.

Questi risultati portano a concludere che il capriolo sia una specie presente e ben radicata sul territorio. Se così non fosse gli abbattuti non risulterebbero in funzione degli assegnati e si presenterebbero negli anni *trend* opposti e in netto distacco da quelli dell'assegnato, la % di prelievo sarebbe caratterizzata da intense fluttuazioni, i cacciatori impiegherebbero un numero sostanzialmente maggiore di uscite prima di trovare l'animale ed abbattearlo e il piano non arriverebbe al quasi compimento nelle prime giornate di caccia in quanto si faticerebbe a rinvenire l'animale sul territorio. In conferma rispetto a quanto detto, nello studio di Rolle (2023), emerge come la presenza del capriolo nell'area della valle Pesio sia piuttosto diffusa, anche se non esistono dati di presenza di anni passati per valutare eventuali variazioni di distribuzione o densità nel tempo. L'indicazione sulla presenza diffusa della specie ha portato ad indagare rispetto alla georeferenziazione degli abbattimenti dei cacciatori, i cui risultati evidenziano che:

- negli anni gli abbattimenti si distribuiscono in modo piuttosto omogeneo sul territorio, in alcune zone si verifica una tendenza, ma sono poche rispetto alla totalità dell'area;
- gli abbattimenti sono influenzati da variabili morfologiche, ambientali e di tipo antropico, che soprattutto risultano governate dalle comodità offerte al cacciatore piuttosto che da un ambiente particolarmente vocato per la specie.

Dai risultati dell'analisi del midollo osseo attraverso la sostanza secca e l'estratto etereo si può ottenere un indice sulla condizione dell'animale, ma come esplicitato anche in studi precedenti per determinare lo stato di salute devono essere prese in considerazione anche altre analisi (es. parassitarie, patologiche, ecc.). L'utilità di poter comparare il contenuto di SS di ciascun osso risiede nel fatto che non sempre le condizioni di raccolta dati permettono il recupero di un'intera carcassa. La correlazione è compatibile tra porzione destra e sinistra dell'animale, nonché tra sostanza secca ed estratto etereo dello stesso osso. La possibilità di utilizzare la SS per stimare l'EE rappresenta già un enorme vantaggio, sia in termini di tempistiche che in termini di costi legati alle analisi. Di grande rilievo risulta essere la correlazione decisamente marcata di femore e omero, seguita da quella tra omero - tibia e tibia - radio. La robustezza della correlazione tra femore e le altre ossa lunghe diminuisce all'aumentare della distalità dell'osso. Le ossa maggiormente rinvenute (sia a seguito di atti predatori che per concessione dal cacciato) sono quelle più distali, metacarpo per l'arto anteriore e metatarso per l'arto posteriore, il cui contenuto tuttavia non risulta correlabile con quello di altre ossa.

Le indagini sulle dinamiche venatorie forniscono importanti spunti al fine di poter replicare, ampliare e integrare tali analisi sulla caccia in altre porzioni di Alpi o in altre realtà e contesti come ad esempio in Ambiti Territoriali di Caccia (A.T.C.) in pianura. Con l'augurio, inoltre, che tali contenuti possano essere utili ad una maggior consapevolezza e gestione delle attività venatorie. Analogamente i metodi ed i risultati riguardanti lo studio sui midolli ossei possono costituire la base per futuri approfondimenti che consentano di raggiungere conoscenze sempre maggiori sullo studio dello stato di salute delle prede.

RINGRAZIAMENTI

Un sentito grazie va alla Professoressa Francesca Marucco, relatrice di questa tesi, per avermi dato l'opportunità di vivere quest'esperienza, per i suoi indispensabili consigli, per la sua energia, per la sua passione e per tutte le conoscenze trasmesse.

Desidero ringraziare Dario Airaudo per il supporto, le raccomandazioni e l'immane aiuto nei momenti di bisogno. Desidero inoltre ringraziare la Professoressa Joana Nery per avermi seguita con interesse e dedizione.

Un sentito grazie va a tutti i guardiaparco del Parco Alpi Marittime per il loro infinito supporto durante le attività di campo e la raccolta dati, in particolare a Davide Sigauo che ci ha guidato fin dall'inizio in questa avventura.

Sono grata all'insostituibile sostegno di Alberto che mi spinge a credere di poter puntare in alto sempre, in montagna e nella vita. Grazie alla mia famiglia e al suo l'instancabile supporto che mi ha permesso di continuare il mio cammino. Infine, ma non per importanza, voglio ringraziare i miei amici: Francesca (Frolle), Filippo, Luca e Michela, che hanno reso questo percorso unico ed indimenticabile.

7. BIBLIOGRAFIA

AOAC International. Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th ed.; Gaithersburg, Association of Official Analytical Chemists: Rockville, MD, USA, 2000.

Apollonio M., Andersen R. & Putman R. (2010). European ungulates and their management in the 21st century. *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom.

Barja, I., & Rosellini, S. (2008). Does habitat type modify group size in roe deer and red deer under predation risk by Iberian wolves?. *Canadian Journal of Zoology*, 86(3), 170-176.

Barthel, K. U. (2006, May). 3D-data representation with ImageJ. In *ImageJ Conference*.

Bassi, E., Gazzola, A., Bongi, P., Scandura, M., & Apollonio, M. (2020). Relative impact of human harvest and wolf predation on two ungulate species in Central Italy. *Ecological Research*, 35(4), 662-674.

Bear, G.D., (1971). Seasonal trends in fat levels of pronghorns, *Antilocapra americana*, in Colorado. *J. Mammal.* 52, 583–589.

Benjamin, C. S., Uphus, L., Lüpke, M., Rojas-Botero, S., Dhillon, M. S., Englmeier, J., ... & Peters, W. (2022). Modelling the Relative Abundance of Roe Deer (*Capreolus capreolus* L.) along a Climate and Land-Use Gradient. *Animals*, 12(3), 222.

Berger, J. (2007). Fear, human shields and the redistribution of prey and predators in protected areas. *Biology letters*, 3(6), 620-623.

Blebea, J.S., Houseni, M., Torigian, D.A., Fan, C., Mavi, A., Zhuge, Y., Iwanaga, T., Mishra, S., Udupa, J., Zhuang, J., et al., 2007. Structural and functional imaging of normal bone marrow and evaluation of its age-related changes. *Semin. Nucl. Med.* 37, 185–194.

Bonelli, S., Cerrato, C., Barbero, F., Boiani, M. V., Buffa, G., Casacci, L. P., ... & Balletto, E. (2022). Changes in alpine butterfly communities during the last 40 years. *Insects*, 13(1), 43.

- Bonnot, N., Morellet, N., Verheyden, H., Cargnelutti, B., Lourtet, B., Klein, F., & Hewison, A. M. (2013). Habitat use under predation risk: hunting, roads and human dwellings influence the spatial behaviour of roe deer. *European journal of wildlife research*, 59, 185-193.
- Bontardelli, L., Geremia, R., & Meriggi, A. (2003). Struttura di popolazione del Capriolo (*Capreolus capreolus*) in relazione a habitat, densità e rischio predatorio. *Hystrix*, 14(1-2).
- Borgo, C., Dotta, R., & Rotelli, L. (2007). *Valutazione e rilievi biometrici della fauna selvatica. Ungulati, galliformi alpini e Lepre variabile*. Regione Piemonte, Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente. Ipla Spa.
- Bongiorno, V., Schiavone, A., Renna, M., Sartore, S., Soglia, D., Sacchi, P., ... & Dabbou, S. (2022). Carcass yields and meat composition of male and female italian slow-growing chicken breeds: Bianca di Saluzzo and Bionda Piemontese. *Animals*, 12(3), 406.
- Burbaiteè, L., & Csányi, S. (2009). Roe deer population and harvest changes in Europe. *Estonian Journal of Ecology*, 58(3).
- Cartiser, N., Bévalot, F., Fanton, L., Gaillard, Y., & Guitton, J. (2011). State-of-the-art of bone marrow analysis in forensic toxicology: a review. *International journal of legal medicine*, 125, 181-198.
- Cederlund, G.N., Bergström, R.J., Stålfelt, F.V., Danell, K. (1986). Variability in mandible marrow fat in 3 moose populations in Sweden. *J. Wildl. Manag.* 50, 719–726.
- Chan E. (27 November 2012). Harvard Business School Confidential: Secrets of Success. John Wiley & Sons. pp. 185-. ISBN 978-1-118-58344-9.
- Ciuti, S., T. B. Muhly, D. G. Paton, A. D. McDevitt, M. Musiani, and M. S. Boyce. (2012). Human selection of elk behavioural traits in a landscape of fear. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279:4407–4416.
- Cleveland, R.B.; Cleveland, W.S.; McRae, J.E.; Terpenning, I. (1990). STL: A Seasonal-Trend Decomposition Procedure Based on Loess. *J. Off. Stat.*, 6, 3–73.
- Cote, J., Bestion, E., Jacob, S., Travis, J., Legrand, D., & Baguette, M. 2017. Evolution of dispersal strategies and dispersal syndromes in fragmented landscapes. *Ecography*, 40(1), 56-73.

Cowan, P. E. (1985). Weight of dried marrow as an indicator of femur fat in brushtail possums *Trichosurus vulpecula*. *New Zealand journal of zoology*, 12(3), 349-352.

Creel, S., Winnie Jr, J., Maxwell, B., Hamlin, K., & Creel, M. (2005). Elk alter habitat selection as an antipredator response to wolves. *Ecology*, 86(12), 3387-3397.

Creel, S., Christianson, D., Liley, S., & Winnie Jr, J. A. (2007). Predation risk affects reproductive physiology and demography of elk. *Science*, 315(5814), 960-960.

Cromsigt, J. P., Kuijper, D. P., Adam, M., Beschta, R. L., Churski, M., Eycott, A., ... & West, K. (2013). Hunting for fear: innovating management of human–wildlife conflicts. *Journal of Applied Ecology*, 50(3), 544-549.

DGR 94-3804: Deliberazione della Giunta Regionale 27 aprile 2012, n. 94-3804. L.r. 70/1996, art. 44, comma 1, lett. e) ed f). Revoca della D.G.R. n. 76-2075 del 17.5.2011. Approvazione delle linee guida per la gestione ed il prelievo degli ungulati selvatici e della tipica fauna alpina.

Dickie, M., Serrouya, R., McNay, R. S., & Boutin, S. 2017. Faster and farther: wolf movement on linear features and implications for hunting behaviour. *Journal of Applied Ecology*, 54(1), 253-263.

Fanelli A., Tizzani P., Belleau E. (2020b). Gastrointestinal parasitic infestation in the Rock ptarmigan *Lagopus muta* in the French Alps and French Pyrenees based on long-term sampling (1987–2018). *Parasitology* 147(7):828–834.

Fanelli, A., Perrone, A., & Ferroglio, E. (2021). Spatial and temporal dynamics of wild boars *Sus scrofa* hunted in Alpine environment. *European Journal of Wildlife Research*, 67, 1-10.

Ferretti, F., Lovari, S., & Stephens, P. A. (2019). Joint effects of weather and interspecific competition on foraging behavior and survival of a mountain herbivore. *Current Zoology*, 65(2), 165-175.

Fischer, A., Sandström, C., Delibes-Mateos, M., Arroyo, B., Tadie, D., Randall, D., ... & Majić, A. (2013). On the multifunctionality of hunting—an institutional analysis of eight cases from Europe and Africa. *Journal of Environmental Planning and management*, 56(4), 531-552.

- Fong, D.W., (1981). Seasonal variation of marrow fat content from Newfoundland moose. *J. Wildl. Manag.* 45, 545–548.
- Frair, J. L., E. H. Merrill, J. R. Allen, and M. S. Boyce. (2007). Know thy enemy: experience affects elk translocation success in risky landscapes. *Journal of Wildlife Management* 71:541–554.
- Franchini, M., Peric, T., Frangini, L., Prandi, A., Comin, A., Rota, M., & Filacorda, S. (2023). You're stressing me out! Effect of interspecific competition from red deer on roe deer physiological stress response. *Journal of Zoology*.
- Frid, A., & Dill, L. (2002). Human-caused disturbance stimuli as a form of predation risk. *Conservation ecology*, 6(1).
- Fuller, T. K., Coy, P. L., & Peterson, W. J. (1986). Marrow fat relationships among leg bones of white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, 14(1), 73-75.
- Gaynor, K. M., Hojnowski, C. E., Carter, N. H., & Brashares, J. S. (2018). The influence of human disturbance on wildlife nocturnality. *Science*, 360(6394), 1232-1235.
- Gazzola, A., Avanzinelli, E., Bertelli, I., Tolosano, A., Bertotto, P., Musso, R., & Apollonio, M. (2007). The role of the wolf in shaping a multi-species ungulate community in the Italian western Alps. *Italian Journal of Zoology*, 74(3), 297-307.
- Gehr, B., Bonnot, N. C., Heurich, M., Cagnacci, F., Ciuti, S., Hewison, A. M., ... & Keller, L. (2020). Stay home, stay safe—Site familiarity reduces predation risk in a large herbivore in two contrasting study sites. *Journal of Animal Ecology*, 89(6), 1329-1339.
- Griesberger, P., Kunz, F., Reimoser, F., Hackländer, K., & Obermair, L. (2023). Spatial Distribution of Hunting and Its Potential Effect on Browsing Impact of Roe Deer (*Capreolus capreolus*) on Forest Vegetation. *Diversity*, 15(5), 613.
- Griesberger, P., Obermair L., Zandl J., Stalder G., Arnold W., & Hackländer K. (2022). Hunting suitability model: a new tool for managing wild ungulates. *Wildl. Biol.* 2022, e01021.

Hagen, R., Ortmann, S., Elliger, A., & Arnold, J. (2021). Advanced roe deer (*Capreolus capreolus*) parturition date in response to climate change. *Ecosphere*, *12*(11), e03819.

Hartig S.M. (2013). Basic image analysis and manipulation in ImageJ. *Curr Protoc Mol Biol*. Chapter 14: Unit14.15.

Hebblewhite, M., White, C. A., Nietvelt, C. G., McKenzie, J. A., Hurd, T. E., Fryxell, J. M., ... & Paquet, P. C. (2005). Human activity mediates a trophic cascade caused by wolves. *Ecology*, *86*(8), 2135-2144.

Hewison A. J. M., Vincent J. P., Joachim J., Angibault J. M., Cargnelutti B. & Cibien C., (2001). The effects of woodland fragmentation and human activity on roe deer distribution in agricultural landscapes. *Canadian Journal of Zoology*, *79* (4): 679-689.

Hofmann, R. R. (1989). Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, *78*(4), 443-457.

Holman, B. W., Bailes, K. L., Meyer, R. G., & Hopkins, D. L. (2019). Effect of modified Soxhlet (Soxtec) and Folch extraction method selection on the total lipid determination of aged beef. *Journal of food science and technology*, *56*, 3957-3961.

Hopkins, D. L., Clayton, E. H., Lamb, T. A., Van de Ven, R. J., Refshauge, G., Kerr, M. J., ... & Ponnampalam, E. N. (2014). The impact of supplementing lambs with algae on growth, meat traits and oxidative status. *Meat Science*, *98*(2), 135-141.

Hua, T. C., Liu, B. L., & Zhang, H. (2010). *Freeze-drying of pharmaceutical and food products*. Elsevier.

Iacopelli F., Fanelli A., Tizzani P., Berriatua E., Prieto P., Martínez-Carrasco C., Leon L., Rossi L., Candela M.G. (2020). Spatio-temporal patterns of sarcoptic mange in red deer and Iberian ibex in a multi-host natural park. *Res Vet Sci* *128*:224–229

ISPRA, 2013: ISPRA, Manuali e Linee Guida 91/2013

Jasińska, K. D., Jackowiak, M., Gryz, J., Bijak, S., Szyc, K., & Krauze-Gryz, D. (2020). Occurrence and activity of roe deer in urban forests of Warsaw. *Environmental Sciences Proceedings*, *3*(1), 35.

- Kuijper, D. P., Bubnicki, J. W., Churski, M., Mols, B., & Van Hooft, P. (2015). Context dependence of risk effects: wolves and tree logs create patches of fear in an old-growth forest. *Behavioral Ecology*, 26(6), 1558-1568.
- Lamoureux, J. L., Fitzgerald, S. D., Church, M. K., & Agnew, D. W. (2011). The effect of environmental storage conditions on bone marrow fat determination in three species. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 23(2), 312-315.
- Lima, S. L., & Dill, L. M. (1990). Behavioral decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. *Canadian journal of zoology*, 68(4), 619-640.
- Linnell, J. D., Cretois, B., Nilsen, E. B., Rolandsen, C. M., Solberg, E. J., Veiberg, V., ... & Kaltenborn, B. (2020). The challenges and opportunities of coexisting with wild ungulates in the human-dominated landscapes of Europe's Anthropocene. *Biological Conservation*, 244, 108500.
- Little, A. R., Webb, S. L., Demarais, S., Gee, K. L., Riffell, S. K., & Gaskamp, J. A. (2016). Hunting intensity alters movement behaviour of white-tailed deer. *Basic and Applied Ecology*, 17(4), 360-369.
- Liu, Y., Zhang, Z., & Hu, L. (2022). High efficient freeze-drying technology in food industry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(12), 3370-3388.
- Lone, K., Loe, L. E., Meisingset, E. L., Stamnes, I., & Mysterud, A. (2015). An adaptive behavioural response to hunting: surviving male red deer shift habitat at the onset of the hunting season. *Animal Behaviour*, 102, 127-138.
- Lovari S., Serrao G. & Mori E. (2017). Woodland features determining home range size of roe deer. *Behavioural Processes*, 140: 115- 120.
- Marantz, S. A., J. A. Long, S. L. Webb, K. L. Gee, A. R. Little, and S. Demarais. 2016. Impacts of human hunting on spatial behavior of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*). *Canadian Journal of Zoology* 94:853–861.
- Marchand, P., Garel, M., Bourgoïn, G., Dubray, D., Maillard, D., & Loison, A. (2014). Impacts of tourism and hunting on a large herbivore's spatio-temporal behavior in and around a French protected area. *Biological Conservation*, 177, 1-11.

- McCue M.D. (2010). Starvation physiology: reviewing the different strategies animals use to survive a common challenge. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*.156(1):1-18.
- Meyerholtz, K. A., Wilson, C. R., Everson, R. J., & Hooser, S. B. (2011). Quantitative assessment of the percent fat in domestic animal bone marrow. *Journal of forensic sciences*, 56(3), 775-777.
- Montgomery, R. A., Raupp, J., Miller, S. A., Wijers, M., Lisowsky, R., Comar, A., ... & Hayward, M. W. (2022). The hunting modes of human predation and potential nonconsumptive effects on animal populations. *Biological Conservation*, 265, 109398.
- Morellet, N., Klein, F., Solberg, E., & Andersen, R. (2010). The census and management of populations of ungulates in Europe. *Ungulate management in Europe: problems and practices*, 106-143.
- Oberosler, V., Groff, C., Iemma, A., Pedrini, P., & Rovero, F. (2017). The influence of human disturbance on occupancy and activity patterns of mammals in the Italian Alps from systematic camera trapping. *Mammalian Biology*, 87, 50-61.
- Ossi, F., Hebblewhite, M., Rocca, M., Nicoloso, S., Gaillard, J. M., & Cagnacci, F. (2014). Walking on the snow, feeding at the box: drivers of winter habitat selection by roe deer (*Capreolus capreolus*): an empirical assessment in the Alps. In S. Imperio, S. Mazzaracca, DG Preatoni (edited by) *IX Congresso Italiano di Teriologia, Civitella Alfedena (AQ), 7-10 Maggio 2014* (pp. 17-C148).
- Ougahi, J. H., EJ Cutler, M., & J. Cook, S. (2022). Assessment of climate change effects on vegetation and river hydrology in a semi-arid river basin. *Plos one*, 17(8).
- Palmer, M.S., Gaynor, K.M., Becker, J.A., Abraham, J.O., Mumma, M.A., & Pringle, R.M. (2022). Dynamic landscapes of fear: understanding spatiotemporal risk. *Trends in Ecology & Evolution*, 37(10), 911-925
- Parsons, A. W., Wikelski, M., von Wolff, B. K., Dodel, J., & Kays, R. (2022). Intensive hunting changes human-wildlife relationships. *PeerJ*, 10, e14159.
- Picardi S., Basille M., Peters W., Ponciano J.M., Boitani L., Cagnacci F. (2018). Movement Responses of Roe Deer to Hunting Risk. *The Journal of Wildlife Management*, 9999().

Proffitt, K. M., Grigg, J. L., Hamlin, K. L., & Garrott, R. A. (2009). Contrasting effects of wolves and human hunters on elk behavioral responses to predation risk. *The Journal of Wildlife Management*, 73(3), 345-356.

QGIS.org. 2020. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. URL <http://www.qgis.org/>.

Raglus, T. I., De Groef, B., Rochfort, S., Rawlin, G., & McCowan, C. (2019). Bone marrow fat analysis as a diagnostic tool to document ante-mortem starvation. *The Veterinary Journal*, 243, 1-7.

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Regione Piemonte. 2008. Modello digitale del terreno da CTRN 1:10000 (passo 10 m) - STORICO. www.geoportale.piemonte.it

Regione Piemonte (2021). Land Cover Piemonte. www.geoportale.piemonte.it

Richter, L., Balkenhol, N., Raab, C., Reinecke, H., Meißner, M., Herzog, S., ... & Signer, J. (2020). So close and yet so different: The importance of considering temporal dynamics to understand habitat selection. *Basic and Applied Ecology*, 43, 99-109.

Roll, P., Beham, A., Beham-Schmid, C., (2009). Post-mortem histopathological investigations of the bone marrow in forensic medicine: an important issue for both the forensic and clinical pathologist. *Forensic Sci. Int.* 186, 17–20.

Rolle F., 2023. Anthropogenic Disturbances and Wildlife Co-occurrence: Spatial Interactions between Wild Ungulates, Humans and Wolves in the Maritime Alps. Università di Torino.

Schneider C.A., Rasband W.S., Eliceiri K.W. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nat Methods*. 9(7):671-5.

Seaman, J.P., Kjeldsberg, C.R., Linker, A., (1978). Gelatinous transformation of the bone marrow. *Hum. Pathol.* 9, 685–692.

Simon, R. N., & Fortin, D. (2020). Crop raiders in an ecological trap: optimal foraging individual-based modeling quantifies the effect of alternate crops. *Ecological Applications*, 30(5), e02111.

Sönichsen, L., Bokje, M., Marchal, J., Hofer, H., Jędrzejewska, B., Kramer-Schadt, S., & Ortmann, S. (2013). Behavioural Responses of European Roe Deer to Temporal Variation in Predation Risk. *Ethology*, 119(3), 233-243.

Spears, B.L., Peterson, W.J., Ballard, W.B., 2003. Bone marrow fat content from moose in Northeastern Minnesota, 1972-2000. *Alces* 39, 273–285.

Stedman, R., Diefenbach, D. R., Swope, C. B., Finley, J. C., Luloff, A. E., Zinn, H. C., ... & Wang, G. A. (2004). Integrating wildlife and human-dimensions research methods to study hunters. *The Journal of Wildlife Management*, 68(4), 762-773.

Tattoli, L., Tsokos, M., Sautter, J., Anagnostopoulos, J., Maselli, E., Ingravallo, G., ... & Solarino, B. (2014). Postmortem bone marrow analysis in forensic science: Study of 73 cases and review of the literature. *Forensic science international*, 234, 72-78.

Thurfjell, H., Spong, G., & Ericsson, G. (2013). Effects of hunting on wild boar *Sus scrofa* behaviour. *Wildlife Biology*, 19(1), 87-93.

Tosi G., S. Toso. (1992). Indicazioni generali per la gestione degli ungulati. Istituto Nazionale di Biologia della Selvaggina. Documenti Tecnici 11.

Van Vliet, N. (2018). “Bushmeat crisis” and “cultural imperialism” in wildlife management? Taking value orientations into account for a more sustainable and culturally acceptable wildmeat sector. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6, 112.

Wagenmakers, E. J., & Farrell, S. (2004). AIC model selection using Akaike weights. *Psychonomic bulletin & review*, 11, 192-196.

Wevers, J., Fattbert, J., Casaer, J., Artois, T., & Beenaerts, N. (2020). Trading fear for food in the Anthropocene: How ungulates cope with human disturbance in a multi-use, suburban ecosystem. *Science of the total environment*, 741, 140369.

Werner, E. E., & Peacor, S. D. (2003). A review of trait-mediated indirect interactions in ecological communities. *Ecology*, *84*(5), 1083-1100.

Wu, X. (1992). Color quantization by dynamic programming and principal analysis. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, *11*(4), 348-372.

Žele Vengušt, D., Kuhar, U., Jerina, K., & Vengušt, G. (2021). Twenty Years of Passive Disease Surveillance of Roe Deer (*Capreolus capreolus*) in Slovenia. *Animals*, *11*(2), 407.

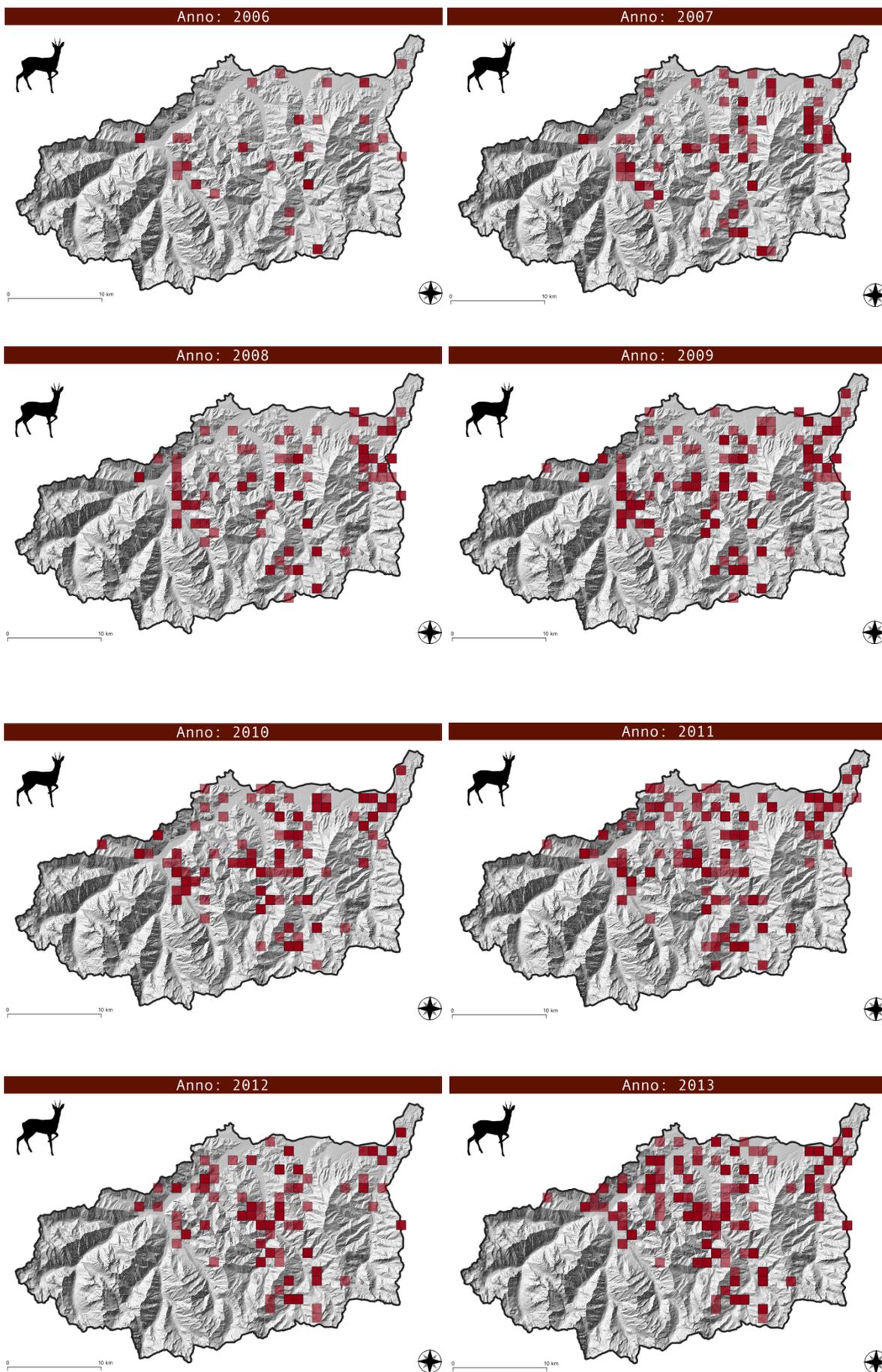
Zbyryt, A., Bubnicki, J. W., Kuijper, D. P., Dehnhard, M., Churski, M., & Schmidt, K. (2018). Do wild ungulates experience higher stress with humans than with large carnivores?. *Behavioral Ecology*, *29*(1), 19-30.

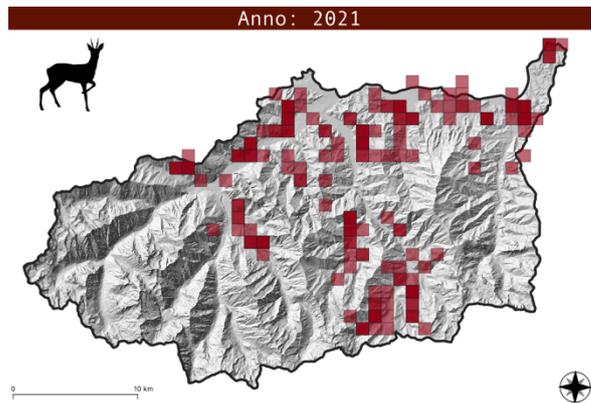
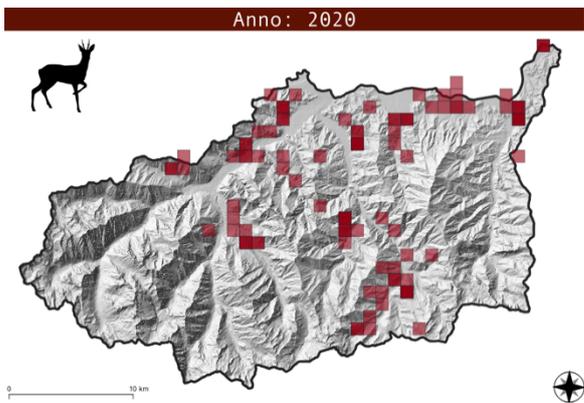
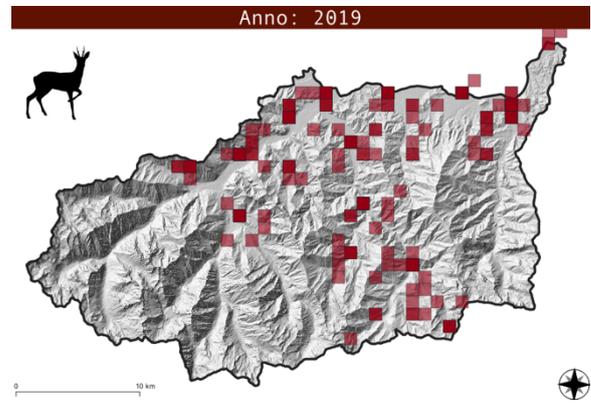
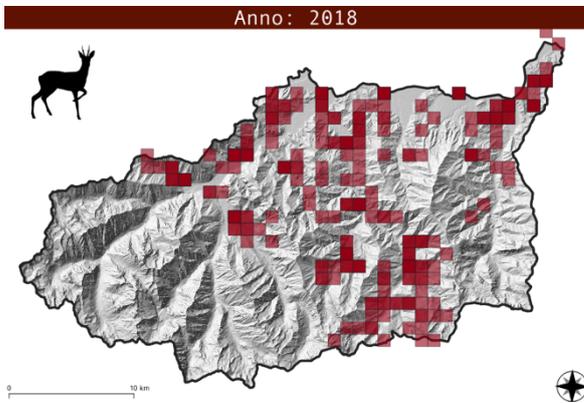
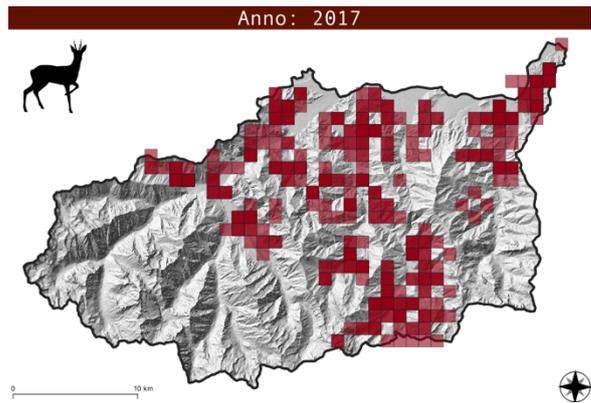
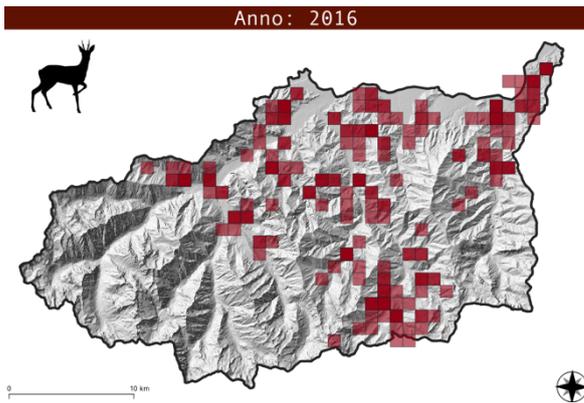
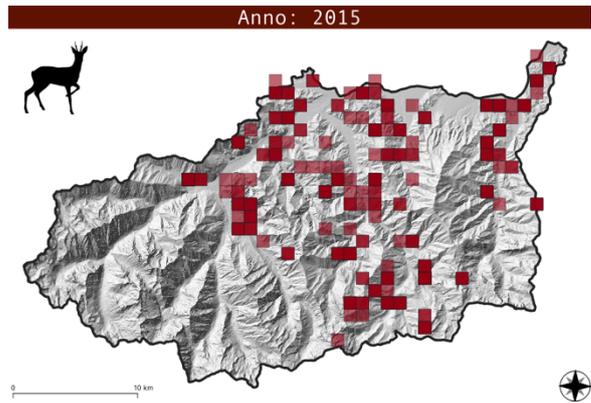
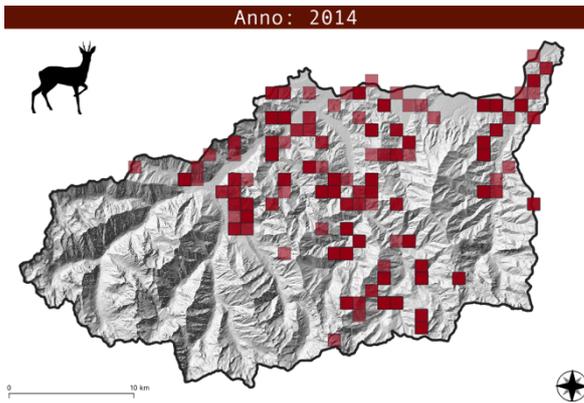
SITOGRAFIA

www.lifewolfalps.eu

www.compensorioalpinocn5.it

APPENDICE A: carte degli abbattimenti suddivise per anno.





APPENDICE B: colorazione midolli (RGB), Wu Quant = 256.

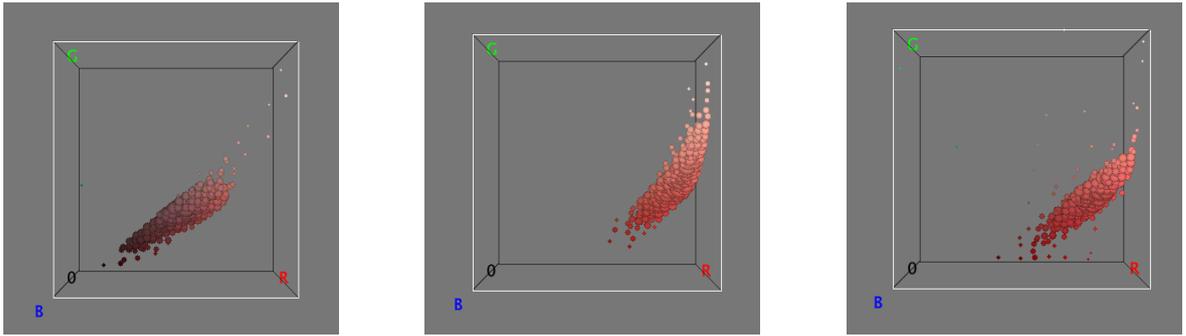


Figura 1: Foto midollo C220225CGCFG01 SX (a sinistra), foto midollo C220930CGCLF01 SX (al centro), foto midollo C220930CGCLF01 DX

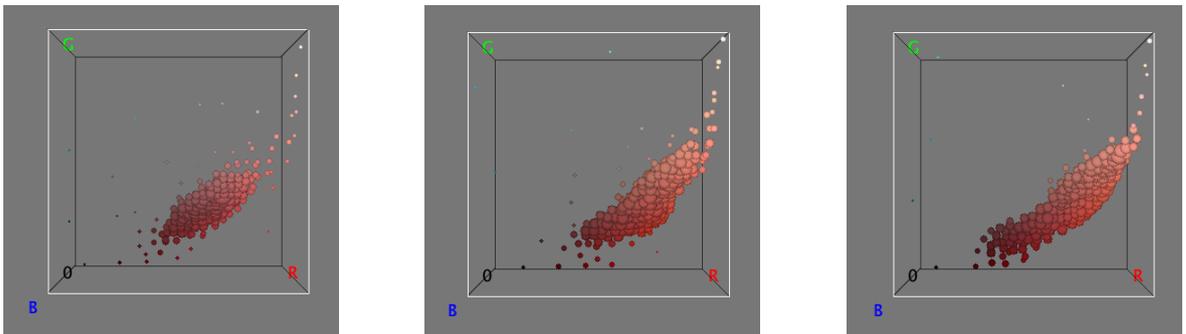


Figura 2: Foto midollo C220413CGCFG01 SX (a sinistra), foto midollo C220416CGCFG01 SX (al centro), foto midollo C220416CGCFG01 DX (a destra).

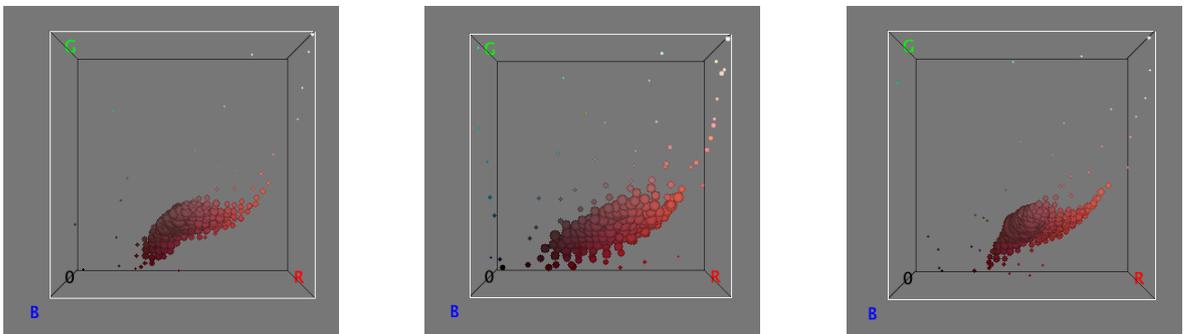


Figura 3: Foto midollo C2200504CGCFG01 SX (a sinistra), foto midollo C220428CGCFG01 SX (al centro), foto midollo C220504CGCFG01 DX (a destra).

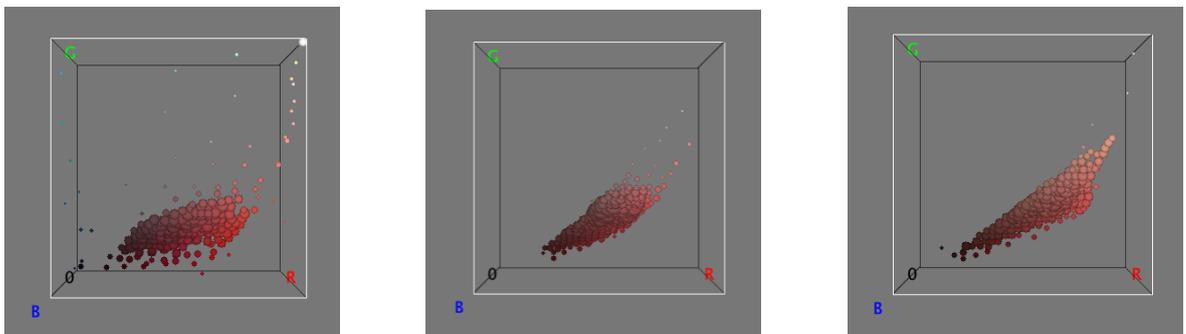


Figura 4: Foto midollo C220428CGCFR01 DX (a sinistra), foto midollo C211124CGCFG01 DX (al centro), foto midollo C211124CGCFG01 SX (a destra).

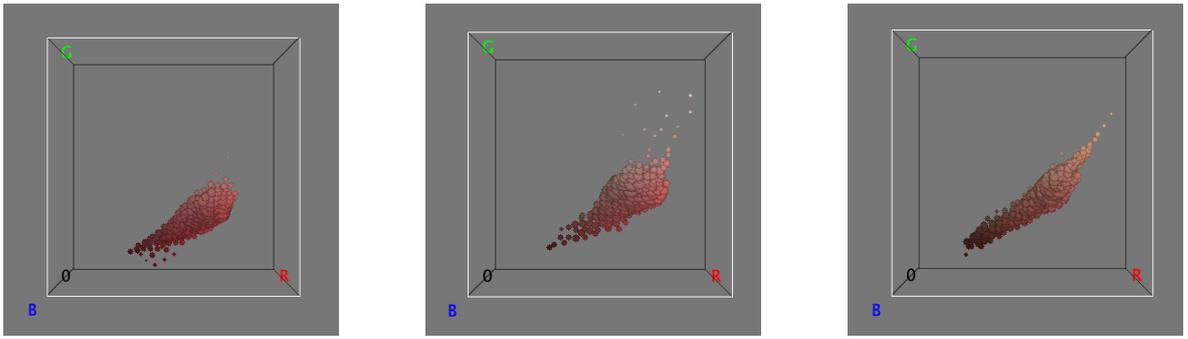


Figura 5: Foto midollo C220131CGCFG01 SX (a sinistra), foto midollo C220131CGCFG01 DX (al centro), foto midollo C220225CGCFP01 DX (a destra).

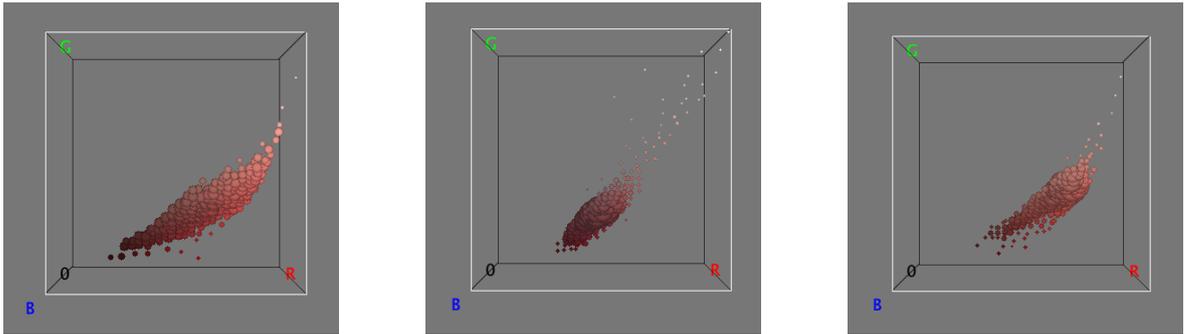


Figura 6: Foto midollo C220201CGCFG01 DX (a sinistra), foto midollo C220201CGCFG01 SX (al centro), foto midollo 1912 (a destra).

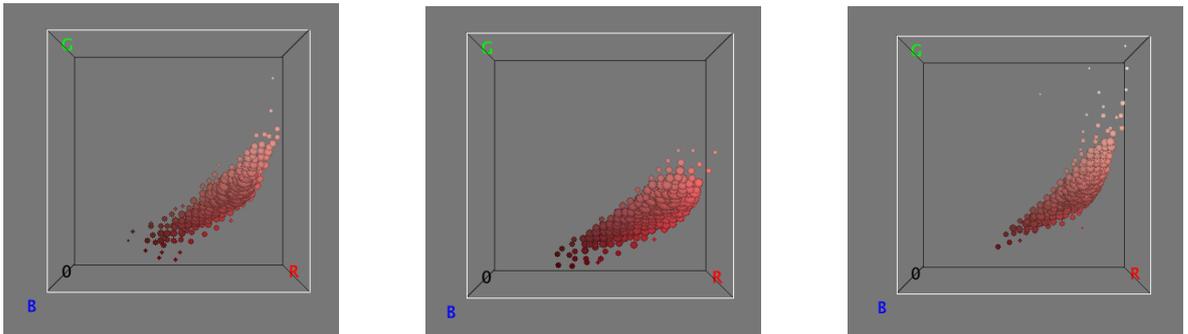


Figura 7: Foto midollo C220408CGCMM01 SX (a sinistra), foto midollo C211223CGCFG01 DX (al centro), foto midollo C211223CGCFG01 SX (a destra).

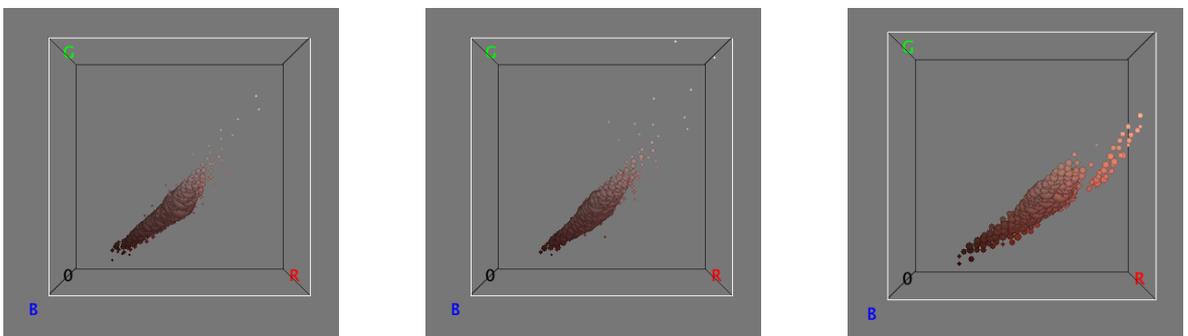


Figura 8: Foto midollo 1913 SX (a sinistra), foto midollo C220130CGCFP01 DX (al centro), foto midollo C220130CGCFP01 SX (a destra).

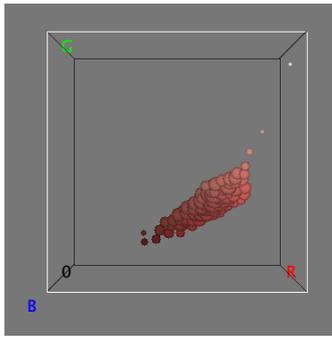


Figura 9: Foto midollo C220413CGCFG01 DX.