



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL' INSUBRIA

Dipartimento di Scienze Teoriche e Applicate

Corso di Laurea in Scienze dell'Ambiente e della Natura

Tesi di laurea

**Effetti del cambiamento climatico sulle popolazioni di
Mammiferi selvatici e Tetraonidi nel Parco Naturale Adamello-Brenta**

**Relatori: Dott. Adriano Martinoli
Dott. Damiano Preatoni**

**Correlatori: Dott. Andrea Mustoni
Dott. Marco Armanini**

Tesi di laurea di GEORGIA SALINA

Matricola n° 721103

Anno accademico 2015/2016

INDICE

1. Riassunto - - - - -	
2. Introduzione - - - - -	
3. Area di studio- - - - -	
3.1. Inquadramento geografico - - - - -	
3.2. PNAB- - - - -	
3.3. Inquadramento geologico - - - - -	
3.3.1. Gruppo Dolomiti di Brenta- - - - -	
3.3.2. Gruppo Adamello-Presanella - - - - -	
3.4. Inquadramento vegetazionale- - - - -	
3.5. Inquadramento faunistico- - - - -	
4. Clima e cambiamento climatico sulle alpi centrali - - - - -	
4.1. Clima in Trentino - - - - -	
4.2. Cambiamento climatico - - - - -	
4.3. Dati attuali e dati storici del Trentino a confronto- - - - -	
4.3.1. Variazione della temperatura - - - - -	
4.3.2. Variazioni della piovosità- - - - -	
4.3.3. Variazioni della copertura nevosa e ghiacciai- - - - -	
5. Mammiferi selvatici e Tetraonidi del parco, biologia e habitat - p.xx	
5.1. Arvicola - - - - -	
5.2. Camoscio- - - - -	
5.3. Ermellino- - - - -	
5.4. Gallo cedrone- - - - -	
5.5. Lepre alpina- - - - -	
5.6. Marmotta - - - - -	

5.7.	Orso-	- - - - -
5.8.	Pernice bianca	- - - - -
5.9.	Stambecco-	- - - - -
6.	Materiali e metodi-	- - - - -
6.1.	Tecniche di monitoraggio-	- - - - -
6.2.	GIS	- - - - -
6.3.	Monitoraggio faunistico mirato-	- - - - -
6.3.1.	Serie storica di monitoraggi mirati a confronto-	- - - - -
6.4.	Monitoraggio faunistico occasionale-	- - - - -
7.	Risultati e discussione-	- - - - -
7.1.	Specie che risentono di una variazione altitudinale	- - - - -
7.2.	Specie che subiscono scompensi biologici o alterazione dei ritmi naturali	- - - - -
7.3.	Specie che traggono vantaggio dal cambiamento climatico	- - - - -
7.4.	Confronto tra 2 studi effettuati a distanza di 20 anni per le arvicole	- - - - -
7.5.	Possibili effetti del cambiamento climatico per i grandi carnivori	- - - - -
8.	Conclusioni-	- - - - -
9.	Bibliografia	- - - - -

1. Riassunto

2. Introduzione

Lo scopo di questa tesi è quello di far trasparire una panoramica generale degli adattamenti e i cambiamenti biologici della fauna presente nel Parco Naturale Adamello-Brenta, in concomitanza con le

variazioni climatiche che si stanno verificando negli ultimi anni. L'importanza delle relazioni in un ecosistema è fondamentale e questo fa sì che l'aspetto vegetazionale di un'area sia inscindibile dalla sua composizione faunistica, e dunque anche l'aspetto climatico, che regola la distribuzione e la presenza o meno di vegetali, non può essere tralasciato. Gli ambienti alpini come vedremo sono particolarmente vulnerabili alle variazioni climatiche e la salute di questi habitat è, perciò, considerata un importante indicatore dei trend di riscaldamento globale. Dando uno sguardo generale al clima, al suo andamento nel passato e focalizzandosi sull'andamento attuale, si metteranno a confronto dati climatici con dati di monitoraggi faunistici entrambi relativi all'area di studio scelta per trovare relazioni sensate tra scompensi nel clima e adattamenti biologici. Si analizzeranno poi dati riportati nella letteratura effettuati sull'arco alpino e non solo, che per analogia potrebbero essere veritieri anche per quanto riguarda la fauna del parco.

3. Area di studio

3.1. Inquadramento geografico

L'area di lavoro che è stata utilizzata per le analisi inserite in questa tesi è il Parco Naturale Adamello-Brenta situato in Trentino, nelle alpi centrali d'Italia. Le Alpi fanno parte di un più ampio complesso orogenico, la catena alpino Himalayana di età terziaria che si estende dall' Europa occidentale all'Asia. La catena alpina viene divisa convenzionalmente in alpi occidentali, centrali e orientali, per motivi prevalentemente geologici, con valli disposte sia perpendicolarmente allo sviluppo complessivo della catena, sia parallelamente, come la Valtellina e la val d'Aosta. (P. Canavesi, Priuli, Verlucca, 2005). Complessivamente abbiamo la presenza di rocce prevalentemente silicee nella parte Ovest delle alpi e maggiormente carbonatiche nella zona Est delle alpi. Vi sono importanti linee tettoniche che suddividono le alpi in aree diverse, una tra queste la linea Linea Insubrica, sviluppata con orientamento

prevalente Est-Ovest attraverso tutte le Alpi, questa linea rappresenta il contatto in superficie tra le vecchie placche tettoniche Adria ed Eurasia. (M. Stefan, Schmid, 2004). A nord della linea insubrica si riconoscono tre grandi domini paleogeografici: l'Elvetico, il Pennidico e l'Austro-alpino, caratterizzati da diverso grado di metamorfismo. Questa suddivisione risulta anche in accordo rispetto alle originarie aree paleogeografiche delle rocce: la zona elvetica contiene rocce provenienti dalla placca europea, la zona austroalpina contiene rocce provenienti dalla placca apula, mentre la zona pennidica contiene rocce provenienti da un vecchio bacino oceanico di sedimentazione compreso tra le prime due zone. A sud di questa linea si trovano le unità piegate e sovrascorse del Subalpino, costituito da falde di rocce sedimentarie, e con un basso grado di metamorfismo. (M. Stefan, Schmid, 2004).

Oltre alla particolare struttura geologica che vedremo nel dettaglio parlando nello specifico dell'area Trentina nel paragrafo 3.3. , le alpi negli ultimi millenni sono state un elemento determinante per la distribuzione della biodiversità in Europa. La loro altitudine combinata con la loro posizione relativamente centrale nella penisola europea è stata nei millenni sia un ostacolo, sia un rifugio, sia un'opportunità di salvezza per molte specie animali e vegetali. Tutto questo è stato reso possibile dalle fluttuazioni climatiche che hanno reso valicabili o meno la catena nel suo complesso. La distribuzione della flora e della fauna attuale in queste zone è frutto del ruolo che hanno avuto le alpi in particolare durante l'ultimo massimo glaciale. Infatti specie con areale esclusivamente boreale, durante l'ultima glaciazione si sono trovate ad occupare oltre alla zona artica anche tutta l'Europa fino all'Italia, Spagna e Croazia. Con il ritiro dei ghiacci verso Nord, nei periodi interglaciali, le zone ad elevata altitudine presenti nell'Europa meridionale come le Alpi, i Pirenei, i Carpazi, gli Appennini e i Balcani sono diventate delle zone rifugio che continuavano a presentare un habitat adatto a consentire la sopravvivenza fino ai giorni nostri di quelle specie vegetali e animali. (M. Zunino, A. Zullini, 2004)

Per proteggere l'ambiente e la biodiversità di questo territorio così unico, il trentino ha istituito innumerevoli zone protette. Oltre un terzo del territorio è posto sotto tutela e da quasi trent'anni tutto questo garantisce il mantenimento della biodiversità (ben 3724 sono le specie animali e vegetali censite) e qualità della vita.

Tre parchi "storici" formano per estensione l'ossatura di questo sistema: il Parco Nazionale dello Stelvio nel suo settore Trentino, il Parco Naturale Adamello Brenta, e il Parco Naturale Paneveggio Pale di San Martino. A questi vanno aggiunte due aree di eccellenza oggetto di importanti riconoscimenti a livello internazionale: le Dolomiti, iscritte tra i patrimoni naturali dell'umanità dall'Unesco(2009) e la nuova Biosfera UNESCO "Alpi Ledrensi e Giudicaria, dalle Dolomiti al Garda" riconosciuta nel 2015. (M. Eccheli, 1999). Il grande pregio naturalistico del Trentino ha fatto inoltre individuare ed istituire una moltitudine di altre aree protette: 148 zone di Natura 2000, 75 Riserve naturali provinciali, 222 riserve locali. All'interno di questo sistema, vi è inoltre una Rete di riserve (ad oggi sono 9), un istituto previsto dalla L.P. 11/07 per gestire le riserve attraverso una delega ai Comuni e alle Comunità, regolata da un Accordo di programma, in base al principio della sussidiarietà responsabile e con l'obiettivo di integrare politiche di conservazione e sviluppo sostenibile locale. (F. Fabrizio, T. Monica,2000)

3.2. PNAB

I principali motivi che portarono alla formazione del Parco Naturale Adamello-Brenta (figura 1) furono la tutela degli ultimi esemplari autoctoni di Orso Bruno situate nella valle di Spormaggiore; la salvaguardia del gruppo del Brenta con tutela particolare alla valle di Tovel con il suo omonimo lago tanto discusso nei decenni passati per il famoso fenomeno del "lago rosso"; e la val Genova, con la sua enorme quantità di acqua e cascate derivanti principalmente dallo scioglimento dei ghiacciai del gruppo dell' Adamello-Presanella. Oltre alle attività di tutela, il parco svolge il ruolo di promotore della ricerca

scientifica. Nel fare ciò, tende ad incrementare ed approfondire le conoscenze sugli ecosistemi presenti in modo da poter orientare gli interventi per salvaguardia dell'ambiente.

Nel 1967, anno della sua individuazione all'interno del territorio trentino, aveva una superficie di 504 km² e dopo il suo ampliamento nel 1987 è arrivato a misurare 618 km². Nel 1988 è stato istituito ufficialmente "l'ente parco Adamello-Brenta" che aveva lo scopo di occuparsi appunto della gestione di quest'area. All'interno



Figura 1: DTM dell'area relativa al Parco Adamello Brenta, con indicazioni sulle valli, i laghi e le principali strade.

dell'organismo assembleare fanno parte anche i servizi referenti all'amministrazione provinciale, i comprensori della valle dell'Adige, della valle di Non, di Sole e Giudicarie, inoltre anche le associazioni ambientaliste come il CAI-SAT, WWF, Italia Nostra, i cacciatori, i pescatori, e il Museo Tridentino di Scienze Naturali. Essendo la più vasta area protetta del Trentino ha un dislivello compreso tra i 500 metri di Spormaggiore, e i 3558 metri della cima Presanella. Durante gli anni sono state istituite delle case del Parco, dei centri visitatori e dei punti Info. (F. Pedrotti, 2008)

Uno tra i progetti maggiormente rinominati a scala oltre che nazionale anche europea è stato quello sulla reintroduzione dell'Orso Bruno. Infatti, su tutto l'arco Alpino, nel corso del XX secolo, la popolazione di orso bruno registrò una lenta e inesorabile diminuzione numerica, fino ad arrivare alla quasi estinzione. All'inizio degli anni novanta la situazione era drammatica, ridotta a solamente 3 esemplari censiti

attraverso analisi genetiche e solamente nella valle dello Sporeggio situata nel lato Est del parco. Per far fronte all'inevitabile rischio di estinzione il Parco naturale Adamello Brenta, la Provincia autonoma di Trento e l'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica, con il supporto di diversi enti, riuscirono ad avviare, nel 1996 mediante finanziamenti Life dell'Unione europea, il «Progetto Life Ursus – tutela della popolazione di orso bruno del Brenta», un ambizioso progetto di ripopolamento. Tra il 1999 e il 2002 vennero rilasciati 10 orsi (3 maschi e 7 femmine) provenienti dalla Slovenia, di età compresa tra i 3 e i 6 anni. Nel 2002 si ebbe la prima riproduzione accertata dall'inizio del progetto di reintroduzione. Tra il 2002 e il 2007 vi sono stati 13 eventi riproduttivi accertati. A partire dal 2005 si è registrata una maggiore tendenza all'espansione della piccola popolazione, favorita certamente dal discreto numero di soggetti giovani (1,5 - 4 anni d'età) presenti. Grazie al progetto di reintroduzione, si stima che (alla fine del 2014) la consistenza del nucleo trentino di orso bruno sia tra i 40 ed i 50 individui, (oltre a tre esemplari custoditi presso il Parco faunistico di Spormaggiore) numero che ad oggi sembra essersi stabilizzato. (F. Zibordi, A. Mustoni, V. Viviani, S. Liccioli, G. Stefani, 2010). Oltre al progetto relativo all'orso bruno il parco è stato impegnato in una ricerca pluriennale sul gallo cedrone e annualmente dal 2005 vengono svolti monitoraggi faunistici.

Per quanto concerne l'aspetto ambientale il parco è impegnato nel promuovere un turismo sostenibile nel fare questo, le valli altamente frequentate da turisti come per esempio la val Genova, la val di Tovel sono state chiuse al traffico. Questa decisione ha evitato soprattutto nei periodi estivi e in determinate ore del giorno un via vai frenetico che crea disturbo sia alla fauna sia ai visitatori stessi. Il raggiungimento di queste vallate che sono un patrimonio importantissimo per il parco e non solo, sono raggiungibili quindi solo a piedi o con una viabilità regolata da bus navetta. Per questo ed altri motivi, il 25 ottobre 2012, in Belgio, il Parco Naturale Adamello Brenta ha ottenuto, per la seconda volta, la rivalidazione della Carta Europea del Turismo Sostenibile, certificazione che attesta la validità del lavoro portato avanti dall'area

protetta insieme alle "sue" 38 municipalit  e ad oltre 30 partner territoriali nell'ambito della strategia di turismo sostenibile definita in questi anni.

Oltre all'aspetto della conservazione faunistica e territoriale il parco   attivo anche sotto altri aspetti, dalla didattica per le scuole, ai corsi di formazione per insegnanti, agli eventi escursionistici, ai progetti di carattere nazionale condotti in partnership con altri parchi, e infine alla formazione professionale (Master e tirocini).

3.3. Inquadramento geologico

Guardando una mappa del territorio del parco salta subito all'occhio il differente numero di laghi che possiamo trovare nelle 2 aree del parco; solo 3 di dimensioni maggiori nell'area Est, e ben pi  di 40 con un'area decisamente minore nella zona Ovest. La principale e determinante causa di questo fenomeno   la diversa geologia che possiamo apprezzare all'interno del territorio del parco. Si parla di geodiversit . I principali affioramenti dell'area Est sono costituiti da Dolomia, Calcarea, Scaglia rossa, e Rosso ammonitico; quelli dell'area Ovest sono composti da Tonalite, Granodiorite e Scisti di Rendena. Il fondo valle essendo una faglia   costituito da porfidi quarziferi, arenarie, Graniti del Doss del Sabion e Scisti (figura 2). Tale faglia detta linea delle Giudicarie si sviluppa verso sud-ovest da Merano, quindi con orientamento NE-SW proseguendo per la parte inferiore della Val di Sole, lungo la Val Rendena e quindi lungo la valle del Chiese fino al lago d'Idro. Il piano di faglia con immersione nord-ovest funziona sia come faglia trasforme destra che come faglia inversa. Presso Mal , la faglia si congiunge alla Linea Insubrica che corre da ovest a est lungo la catena alpina e separa le Alpi meridionali dalle falde dell'austroalpino appartenenti alle Alpi propriamente dette. (G. Prosser, 1998)

Figura 2: rappresentazione grafica degli affioramenti presenti all'interno dell'area del parco.

3.3.1. Gruppo Dolomiti di Brenta

Il gruppo del Brenta, situato nella parte occidentale del Trentino ed unico gruppo dolomitico ad ergersi ad Ovest del fiume Adige, è racchiuso dalla val di Non a Est, dalla val di Sole a Nord, dalla val Rendena a Ovest, dalla valle delle Giudicarie a Sud e dalla depressione di Andalo e Molveno a Sud-Est. Questo affioramento ha una direzione Nord-Sud per una lunghezza di circa 42 km con 2 catene quasi parallele che hanno una larghezza Est-Ovest di circa 12 km. L'area totale è di circa 400 km² e al suo interno sono presenti delle vallate che interrompono la continuità dell'affioramento. Per esempio la val di Tovel (a Nord) e la val d'Ambiez (a Sud) tutte e 2 in direzione Nord-Sud, e le bocche del Brenta situate nella parte centrale che incidono la catena con direzione Est-Ovest. La cima più alta è cima Tosa (3.173 m) ma ben più di 20 sono le cime che superano i 2000 metri.

Abbiamo detto che la diversa composizione delle rocce all'interno dell'area del parco, determina la propensione alla permeabilità o la tendenza all'erosione ed il motivo è di natura chimica. Nell'area Est, la presenza dominante di rocce sedimentarie carbonatiche costituite da dolomite $MgCa(CO_3)_2$ e calcare $Ca(CO_3)_2$ svela la causa della poca presenza idrica superficiale; infatti l'acqua su questi composti ha un potere acidificante che scioglie la roccia, facilitando l'infiltrazione al suo interno lungo le linee di frattura criogenica formando grotte gallerie e doline. A quote più basse su queste formazioni abbiamo infatti la presenza di numerose sorgenti carsiche e cascate (come per esempio la cascate della Vallesinella e la sorgente del Rio Bianco). Queste rocce si sono formate da 220 ai 50 milioni di anni fa nell'antico mare Tetide che durante il Mesozoico occupava l'attuale area della catena himalayana. (G. Buscaini, E. Castiglioni, 1977).

Il geologo francese (da quale prendono il nome le Dolomiti) Déodat de Dolomieu (1750-1801) fu il primo a studiare le origini di questi affioramenti. La dolomia principale (220-200 milioni di anni fa), costituita appunto da Dolomite, ha avuto origine dalla compattazione e la diagenesi dalle piattaforme marine e delle zone lagunari di bassa profondità. Lo spessore così accentuato che hanno le stratificazioni (che raggiungono anche i 1000 m in alcune zone) è spiegato attraverso il fenomeno della subsidenza. Strato dopo strato, la piattaforma sprofondava sotto il proprio peso lasciando spazio, nella zona pelagica, alla formazione di altri strati. Caratteristici molto particolare della dolomia principale è la sua ciclicità nella formazione, causata dall'abbassamento e l'innalzamento del livello del mare. Questo portò la piattaforma all'emersione, o all'inabissamento con conseguente traccia di questo processo sugli strati. Abbiamo infatti l'alternarsi di brecce e mega brecce di scarpata tipiche della zona marginale della laguna che franava nel mare profondo; un secondo strato di calcari marnosi neri tipici del bacino intra piattaforma ricchi di idrogeno solforato (H₂S) caratteristico dell'ambiente anossico; un terzo strato di dolomie massive del margine biocostruito della piattaforma (barriera corallina) dove organismi come alghe, foraminiferi, gasteropodi, bivalvi e echinodermi vivevano. Infine un quarto strato anch'esso ciclico dovuto alle variazioni della marea (piana di marea) composto dall'alternarsi di 3 strati ognuno rappresentante uno stadio di livello del mare. Strato a Megalodonti per i periodi di sommersione, strato algale di Stromatoliti riferiti a periodi di marea a pelo d'acqua e strati a argille rosse e verdi simboleggianti periodi di emersione e conseguente essiccamento sopra il livello del mare. (L. Vezzoli, 2010)

I Calcari di età Giurassica e il Rosso Ammonitico (170-150 milioni di anni fa) hanno invece una zona di formazione prevalentemente di mare aperto e profondo. La stratificazione è sempre ben evidente e al suo interno abbiamo tracce di Ammoniti e Brachiopodi. Anche la Scaglia Rossa deriva da fanghi depositi in ambiente di mare profondo, ma contiene una frazione apprezzabile di argilla e presenta frequenti

tracce fossili lasciate da grossi vermi che setacciavano il fondale. Ma essendo di età più recente (120-50 milioni di anni fa) la presenza di argilla è un segnale che denota apporti detritici da aree emerse a seguito delle prime fasi dell'orogenesi Alpina. Terremoti e frane sottomarine sono rimasti scolpiti negli strati e sono oggi visibili nella zona del Pian della nana. Tutti questi strati dunque portano al loro interno la traccia della loro formazione con numerosi fossili, scheletri e gusci di organismi marini che vivevano in prossimità di queste barriere coralline. (G. Buscaini, E. Castiglioni, 1977)

Il vento, l'attività dell'acqua e dei ghiacciai negli anni hanno modellato queste rocce sedimentarie facendole diventare come le vediamo noi oggi. Proprio per la sua peculiarità, il gruppo delle Dolomiti di Brenta è entrato a far parte, nel 2009, del patrimonio naturale mondiale dell'umanità, come affioramento più occidentale del complesso UNESCO. (figura 3)

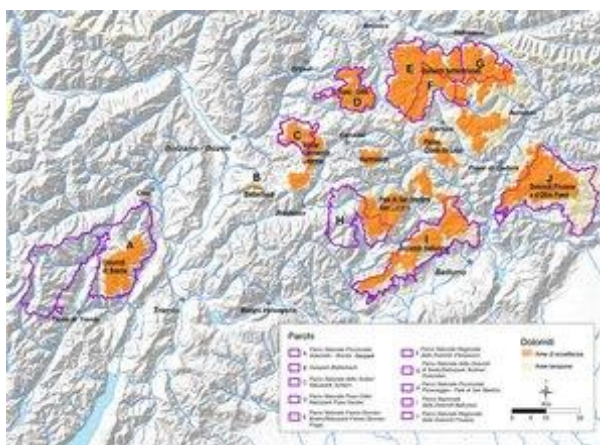


Figura 3: in giallo, le dolomiti facenti parte del patrimonio UNESCO.

3.3.2. Gruppo Adamello-Presanella

Il massiccio dell'Adamello-Presanella situato a cavallo tra Lombardia e il Trentino è delimitato ad Est dalla val Rendena e dalla valle delle Giudicarie, a Ovest e Nord-Ovest dalla val Camonica, a Nord dalla val di Sole e a Sud dalla valle del Caffaro e dalla valle di Campolaro. Il massiccio è compreso nell'area di 2 parchi, parco dell'Adamello a Ovest e nel Parco Naturale Adamello-Brenta a Est seguendo la linea di divisione regionale. Il massiccio è solcato da diverse vallate che ne delimitano la morfologia. Tra le più importanti, la val Genova e la Val Nambrone a Est, la Val di Fumo a Sud. Sulla cima di queste ed altre

vallate abbiamo la presenza di numerosi ed importanti ghiacciai, raggruppati nel ghiacciaio dell'Adamello, la più grande area glaciale delle alpi che occupa quasi 28 Km² di superficie. Tra le più importanti lingue glaciali abbiamo quella del Mandron-Adamello, del Carè Alto, del Lares e delle Lobbie, che con il loro scioglimento contribuiscono a rendere la zona ricca di acque. La val Genova inoltre divide il massiccio in 2 sottogruppi; il Gruppo della Presanella (3.558m) a Nord-Est e il Gruppo dell'Adamello (3.539m) a Sud-Ovest. Dal punto di vista geologico il massiccio è delimitato a Nord dalla linea Insubrica e a Est dalla linea delle Giudicarie.

Questo affioramento è costituito essenzialmente da rocce cristalline di origine magmatica, definite il Plutone dell'Adamello e sono tra le più giovani nell'ambito dell'orogenesi alpina. Intrusioni avvenute durante la formazione delle Alpi sono relativamente rare infatti questo tipo di roccia magmatica sull'arco alpino si trova oltre che nel gruppo dell'Adamello-Presanella anche nell'alto lago di Como con il plutone del Masino-Bregaglia ed entrambe sono situate lungo la linea Insubrica. Il magma raffreddato molto lentamente al di sotto della superficie terrestre ha permesso la formazione dei cristalli minerali molto evidenti se si osserva lo spaccato di questa roccia. Oltre alla temperatura di raffreddamento molto lenta si sono aggiunte temperature e pressioni molto elevate, queste hanno dato luogo ad un metamorfismo di contatto, nella zona appunto di confine tra il magma e la roccia che lo circondava, formando altre rocce di tipo metamorfico (visibili nel settore meridionale del massiccio). Queste rocce metamorfiche dette incassanti, in quanto avvolgono il complesso cristallino, sono rappresentate da scisti del basamento subalpino e da rocce ricristallizzate derivanti dalla copertura sedimentaria (calcare e dolomia) permo-mesozoica.

I motivi che portarono alla formazione di questo cuneo cristallino sono riconducibili, secondo alcuni studi magmatogenici, alla fusione di una zona di mantello sovrastante il piano di subduzione. Il plutone che osserviamo oggi è il prodotto di una serie di intrusioni magmatiche

che si sono susseguite una dopo l'altra con una direzione Sud-Ovest, Nord-Est. Attraverso datazioni radiometriche si è capito che la più antica è la massa intrusiva del Re di Castello situata nella zone Sud Ovest e datata 40-42 milioni di anni fa. Successivamente la massa centrale dell'Adamello datata 36-42 milioni di anni fa e per ultima la più a Nord-Est la massa della Presanella datata 29-33 milioni di anni fa. Nel dettaglio queste rocce cristalline si distinguono in Tonaliti (nome derivante dalla sua scoperta presso il passo del Tonale) e Granodioriti in base alla presenza di Anfibolo. Esse sono composte dalla maggior parte di quarzo (più del 20%), plagioclasio, feldspato, anfibolo (maggiore nella tonalite), pirosseno. Il limite di separazione odierno tra i 2 litotipi è situato in corrispondenza della Val Genova, solo una piccola parte di tonalite si trova nel gruppo dell'Adamello (costituito per la maggior parte da Granodiorite) , in quando esso prevale nella zona tra il passo del Tonale e la Presanella. Pur trovandosi incluso tra le 2 linee di faglia e dunque strutturalmente compreso nelle alpi Meridionali, la sua geomorfologia e la geologia lo fanno rientrare di fatto nelle vere e proprie Alpi in senso stretto.

La forma attuale è però frutto di un erosione dovuta in prima causa al vento, l'acqua e gli agenti atmosferici e le frane che intaccarono la roccia nel Miocene, dopo un primo sollevamento della crosta terrestre. Come seconda causa, più significativa per i giorni nostri fu l'azione erosiva e modellante dei ghiacciai che si formarono circa 1,8 milioni di anni fa e durante periodi glaciali e interglaciale alternarono l'espansione e il ritiro plasmando la forma delle vallate (tipicamente a U). Queste glaciazioni quaternarie, nel dettaglio in ordine cronologico sono; Günz, Mindel, Riss e Würm, la più recente, avvenuta circa 11.000 anni fa. I ghiacciai presenti oggi sulle Alpi rappresentano solo una minuscola testimonianza dell'estensione in età glaciale. Le testimonianze delle oscillazioni stadiali dell'ultimo periodo glaciale che si è manifestato sulle Alpi, si possono tuttora individuare grazie alle numerose rocce montonate presenti per esempio in val Camonica e archi e cordoni morenici ben conservati che sboccano sulla pianura

padana come per esempio la grande morena al di sotto del lago di Garda.

3.4. Inquadramento vegetazionale

L'area del parco conserva una diversità geologica che rispecchia la diversità vegetale, a questo fattore si somma il dislivello presente, e quindi la quota, l'orografia, l'idrografia e il clima. Tutti questi fattori creano un paesaggio molto vario da quello mediterraneo a quello alpino d'alta quota. È possibile fare una distinzione solamente di tipo geologico che schiera le vegetazioni di rocce sedimentarie quindi a carattere basico nel gruppo di Brenta, mentre ad Ovest viene raggruppata la vegetazione acidofila. (G.Sartoti, A. Mancabelli, U. Wolf, F. Corradini, 2005) Oppure è possibile dividere la vegetazione del parco in base alla fascia climatica che essa occupa e qui avremo una zona a clima più mite che racchiude la parte Nord-Est, Est e Sud del gruppo del Brenta; e un'altra zona a carattere più alpino e montano che racchiude la parte Est dell'Adamello-Presanella e la parte Ovest del Brenta.

Osservando la cartina dell'uso del suolo (figura 4) si può notare come i boschi di latifoglie siano disposti prevalentemente nei versanti Sud e Est sulle Dolomiti di Brenta, e nella Val Rendena solamente a macchie nei versanti esposti a Sud nella Val Genova. I boschi misti sono situati nelle zone più umide lungo la val Genova e la Vallesinella e ovviamente distribuiti uniformemente lungo tutto il versante Est e Sud del Brenta. Le conifere, dominanti nelle valli laterali della val Rendena sono presenti in minore percentuale nella zona est del Brenta, che qui compongono solo le vallate più fredde ed esposte a Nord come per esempio l'alta val di Tovel. Le praterie d'alta quota hanno un'estensione maggiore nella zona del Brenta, questo forse dovuto ad una maggiore presenza di altopiani che seguono le stratificazioni della roccia. Al contrario nel massiccio nell'Adamello-Presanella abbiamo la presenza di piccole praterie molto frammentate questo

dovuto alla ripidità e al dislivello dei versanti che non danno la possibilità alle praterie di potersi sviluppare.

Come nota importante va però specificato che la scarsa presenza di boschi di latifoglie è un effetto secondario del tipo sfruttamento effettuato dall'uomo negli anni passati, infatti i boschi cedui venivano rimpiazzati da conifere perché a più elevata velocità di accrescimento e per questioni di edilizia. (Dirnböck T., Dullinger S. and Grabherr G., 2003)

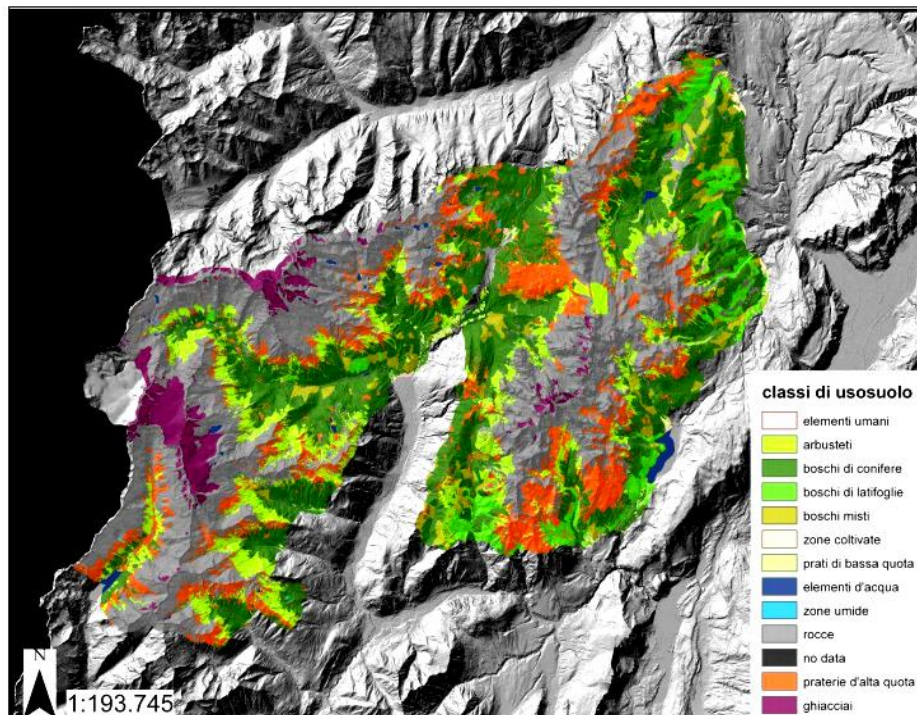


Figura 4: Immagine dello strato raster relativo ai valori di uso del suolo per l'area del parco (buffer di 500 metri dal confine del Parco).

Nella zona del Gruppo dell'Adamello-presanella e della parte Nord-Ovest del Brenta, salendo di quota dal fondovalle fino ai 1000 metri possiamo incontrare un vegetazione di tipo collinare. Abbiamo la presenza di boschi cedui misti di frassino maggiore (*Fraxinus excelsior*), tiglio, faggio (*Fagus sylvatica*), castagno (*Castanea sativa*), ontano (*Alnus glutinosa*), acero (*Acer pseudopatanus*), nocciolo (*Corylus avellana*), laburno (*Laburnum anagyroides*), betulla (*Betula pendula*), salice (*Salix alba*), robinia (*Robinia pseudoacacia*) e anche rovere (*Quercus petraeae*) e roverella (*Quercus pubescens*).). Queste

specie presenti nel fondo valle le troviamo a quote un po' più elevate solo nelle zone ben esposte come nella sinistra orografica della Val Genova. Qui e nelle zone più umide abbiamo la presenza talvolta anche del carpino bianco (*Carpinus betulus*) e olmo montano e il tasso (*Taxus baccata*). Le associazioni più comuni sono il Savio-Fraxineto e il Carpinetum-Betuli. (E. Pignatti, S. Pignatti, 2015).

A quote maggiori dai 1300 ai 1900 metri incontriamo la fascia di vegetazione montana con la presenza dominante di boschi di conifere con peccete di abete rosso (*Picea excelsa*), abetine con l'abete bianco (*Abies alba*) anche se meno diffuse, pino silvestre (*Pinus sylvestris*), pino mugo (*Pinus mugo*) e il sorbo degli uccellatori (*Sorbus aucuparia*). Nelle zone più elevate dai 1900 ai 2100 metri abbiamo la presenza del larice (*Larix decidua*) e molto raro è il pino cembro (*Pinus cembra*) localizzato solamente nella val di Fumo che con l'aumentare della quota si presenta sempre meno fitto e con una struttura più imponente. Le associazioni più comuni sono l'Oxali-Piceetum. Il limite superiore del bosco è individuabile a circa 1900 m e quello dei singoli alberi intorno ai 2.100 m di quota in questa zona abbiamo la prevalenza di arbusti nani con l'ontano verde (*Alnus viridis*), il rododendro (*Rhododendron ferrugineum*), il pino montano (*Pinus montana*), e il ginepro (*Juniperus communis*). (M. Odasso, 2002)

Il sottobosco nella zona montana è rappresentato, alle quote più basse e fino a 1400 metri, da biancospino (*Crataegus monogyna*), dal sambuco nero (*Sambucus nigra*), dal salicione (*Salix caprea*), dalla madreselva alpina (*Lonicera alpigena*), e dal caprifoglio nero (*Lonicera nigra*). Nel sottobosco a zone più elevate abbiamo invece la presenza di ericacee acidofile favorite appunto dall'acidificazione del terreno dovuta agli aghi delle conifere presenti. Tra queste abbiamo il mirtillo nero (*Vaccinium myrtillus*), l'erica (*Erica carnea*), il mirtillo rosso (*Vaccinium vitis-idaea*) e di piante comuni da sottobosco come l'acetosella (*Oxalis acetosella*).

Tra la fascia montana e la fascia alpina a diverse altezze abbiamo le zone antropizzate dei pascoli con associazioni a seslerieti-sempervireti,

curvuleti (*Carex curvula*), e festuceti con la comparsa della flora nitrofila a testimonianza del pascolo come il *Rumex sp.*, l'ortica (*Urtica sp.*) e il senecio (*Senecio sp.*). Oltre ai pascoli, un' enorme importanza è attribuita alle torbiere. Queste zone umide sempre più rare e spesso di origine glaciale nella zone dell'Adamello-Presanella, sono di diversa estensione e a diversi stadi di livello evolutivo. Negli ultimi anni con l'avanzare della ricerca scientifica hanno assunto un ruolo fondamentale di serbatoio di dati storici inglobando al loro interno pollini e spore che consentono di risalire al tipo di vegetazione esistente nella zona all'epoca della loro deposizione (S. Frattini, 1997). Nel parco le zone più importanti sono la torbiera Stella Alpina in Val Genova e la torbiera di Pian degli Uccelli. Le specie vegetali peculiari di queste zone sono le Drosere insettivore come la *D.rotundifolia* e *D. anglica*, il raro giuncastrello delle torbiere (*Scheuchzeria palustris*) e la *Lycopodiella inundata*.

Su questo limite si incontra la fascia della vegetazione alpina sviluppata tra i 2200 e i 3000 metri frammentata dai macereti e dalle rocce nude. In questa zone abbiamo la presenza di ranuncolo dei ghiacciai (*Ranunculus glacialis*), crisantemo alpino (*Chrysanthemum alpinum*), linaiola d'alpe (*Linaria alpina*), e l'*Achillea moschata*, tutte specie di zone di morena, mentre sulle rupi e sulle zone più scoscese abbiamo la presenza di sassifraghe (*Saxifraga sp.*), androsace (*Androsace alpina*), seneci (*Senecio carniolicus*) e fiteuma (*Phyteuma hedraianthifolium*). A quote più alte l'associazione a festuceto (associazione a *Festuca scabriculum*), il nardeto (associazione a *Nardus stricta*) e il curvuletum (*Carex curvula*) tipico di suoli acidi e rocce cristalline si estende fino al limite delle nevi perenni e alle rocce nude dove cede il posto all'associazione a Elynetum (*Elyna myosuroides*).

L'epoca Quaternaria con le sue glaciazioni ha dato la possibilità a piante derivanti dal Nord Europa di insediarsi e rimanere sulle Alpi fino ai giorni nostri, creando preziosi endemismi. Tra questi abbiamo la rarissima triennialis (*Triennialis europea*) e la primula della val Daone

(*Primula daonensis*). Sopra i 3000 metri incontriamo la fascia nivale dove la vegetazione adattata a climi rigidi è formata da licheni e piccole alghe. (M. Odasso, 2002)

Molto diversa risulta la vegetazione della zona Sud e Est del Brenta, non tanto per specie presenti, ma per diversa abbondanza di quelle appena viste. Partendo dalla zona collinare, abbiamo innanzitutto la presenza di un'elevata quantità di meleti (*Malus domestica*) con una coltivazione estrema ma che caratterizza la val di Non anche per l'elevata qualità del prodotto. Troviamo inoltre, anche se più rari, i cipressi (*Cupressus sempervirens*), che preludono alla vegetazione di tipo extramediterraneo presente nei pressi del lago di Garda. Salendo di quota troviamo la predominanza di latifoglie già citate prima e che in quest'area del parco sono la parte predominante. Tra queste dunque l'acero, il corniolo, il sorbo, il nocciolo, il salicome, i carpini, la roverella, l'orniello. Ad un'altitudine più elevata assieme alle faggete abbiamo la presenza iniziale di un bosco misto fino ad arrivare alle conifere che in questa zona come detto in precedenza sono confinate alle alte vallate caratterizzate da climi più rigidi. Sopra il limite degli alberi, i pascoli alpini al contrario della parte Ovest del parco a carattere siliceo, sono composti dal firmeto (associazione a *Carex firma*) e dal seslerio-sempervireto (associazione a *Carex sempervirens* e *Sesleria caerulea*) tipici appunto di suoli calcarei. Nei macereti e nelle rupi calcareo-dolomitiche abbiamo il *Ranunculus seguieri*, il camedrio alpino (*Dryas octopetala*), la sassifraga sempreviva (*Saxifraga aizoon*). Tra le specie con areale "artico-alpino" (areale disgiunto a seguito delle grandi glaciazioni rispetto alle zone di provenienza ben più estese), esempi tipici sono la *sella alpina* e la *linnea borealis*, piante di derivazione siberiana presenti sulle Alpi e nel Parco in territori geografici limitati, solitamente alle quote più elevate. (M. Eccheli, 1999) (M. Odasso, 2002)

3.5. Inquadramento faunistico

Come citato in precedenza, le Alpi durante le oscillazioni delle 4 ere glaciali del Quaternario sono state delle zone rifugio per la fauna artica e boreale, infatti l'espansione e il ritiro delle calotte glaciali ha plasmato le popolazioni attuali.

Tra gli invertebrati, che costituiscono la maggior parte della diversità ecologica, sono presenti, oltre alle maggiori specie di insetti con areale cosmopolita, anche specie endemiche tra queste *Rosalia alpina* un Coleottero della famiglia delle Cerambycidae ed *Euplagia quadripunctaria* un Lepidottero della famiglia delle Arctiidae inserite nella Direttiva Habitat e segnalate per le aree SIC del Parco Naturale Adamello Brenta.

Per quanto riguarda l'erpeto fauna si ha la presenza del tritone alpestre (*Triturus alpestris*), la rana di montagna (*Rana temporaria*), il rospo comune (*Bufo bufo*) e la salamandra pezzata (*Salamandra salamandra*) tipici dei torrenti o specchi d'acqua. Per quanto riguarda invece gli ambienti più aridi abbiamo la presenza del ramarro (*Lacerta viridis*), il marasso (*Vipera berus*), la vipera (*Vipera aspis*) e la lucertola (*Lacerta vivipara*). (S. Bovero, L. Canalis, S. Crosetto, 2013)

L'avifauna molto varia raggruppa diverse famiglie di volatili tra cui, tra i galliformi tipi dell'ambiente alpino e di derivazione artica si ha il gallo cedrone (*Tetrao urogallus*), il gallo forcello (*Tetrao tetrix*), la pernice bianca (*Lagopus mutus*) e il francolino di monte (*Bonasa bonasia*). Tra i rapaci notturni si ha la presenza del gufo comune (*Asio otus*), del gufo reale (*Bubo bubo*), l'allocco (*Strix aluco*), la civetta nana (*Glaucidium passerinum*), e la civetta caporosso (*Aegolius funereus*). Tra i rapaci diurni invece si ricordano l'aquila reale (*Aquila chrysaetos*), la poiana (*Buteo buteo*), l'astore (*Accipiter gentilis*), lo sparviere (*Accipiter nisus*), il gheppio (*Falco tinnunculus*), il nibbio bruno (*Milvus migrans*), il nibbio reale (*Milvus milvus*), il falco pecchiaiolo (*Pernis apivorus*), il falco pellegrino (*Falco peregrinus*) e il gipeto (*Gypaetus barbatus*). Proprio quest'ultimo considerato estinto in tutto il territorio italiano in quanto non nidificante, è stato

protagonista nel 1986 di un progetto di reintroduzione da parte del WWF e dalla IUCN e nel 1998 si sono verificate le prime nidificazioni. Altri volatili osservabili sono per esempio il corvo imperiale (*Corvus corax*), la cornacchia (*Corvus corone*), il picchio nero (*Dryocopus martius*), il picchio rosso maggiore (*Picoides major*), la nocciolaia (*Nucifraga caryocatactes*), altri passeriformi come la cinga bigia alpestre (*Parus montanus*), il picchio muraiolo (*Thicodroma muraria*), il fringuello alpino (*Montifringilla nivalis*) e il crociere (*Loxia curvirostra*).

Per quanto riguarda i mammiferi invece, tra le specie di carnivori abbiamo la presenza estesa della volpe (*Vulpes vulpes*), la lince (*Lynx lynx*) che era presente fino a qualche anno fa ora si trova spostata in Svizzera, la donnola (*Mustela nivalis*), l'ermellino (*Mustela erminea*), il tasso (*Meles meles*), la faina (*Martes foina*), e la martora (*Martes martes*), il ghiro (*Mysotis glis*) e infine l'orso bruno (*Ursus Arctos*). A proposito dell'orso come già accennato nel paragrafo 3.2. da una popolazione di 3 individui e 8 reintrodotti, si è arrivati, con il progetto Life Ursus ad una popolazione stabile di circa 50 individui. Il monitoraggio da parte del parco è attivo e continuo attraverso il controllo e il campionamento dei grattatoi, il rintracciamento delle impronte, e l'analisi genetica delle fatte ritrovate. Tra i lagomorfi e i roditori abbiamo la presenza della lepre comune (*Lepus europaeus*), la lepre alpina (*Lepus timidus*) in forte aumento nella zona del parco, lo scoiattolo (*Sciurus vulgaris*), la marmotta (*Marmota marmota*), l'arvicola rossastra (*Clethrionomys glareolus*), l'arvicola delle nevi (*Chionomys nivalis*), l'arvicola campestre (*Microtus arvalis*), il toporagno alpino (*Sorex alpinus*), il toporagno comune (*Sorex araneus*), il topo selvatico (*Apodemus sylvaticus*) e il topo selvatico dal collo giallo (*Apodemus flavicollis*). Tra gli ungulati, caratterizzati da un elevato interesse venatorio (trattandosi di un parco regionale è consentita la caccia all'interno dell'area del parco), troviamo il camoscio (*Rubicapra rubicapra*) ungulato più diffuso nel territorio, il cervo nobile (*Cervus elaphus*), il capriolo (*Capreolus capreolus*), muflone (*Ovis musimon*) introdotto proprio per scopi venatori a partire dagli anni '70. Infine come ultimo non per importanza lo stambecco

(*Capra ibex*). In tutto il trentino sono state avviate numerose operazioni di reintroduzione negli ultimi 30 proprio riguardanti questo ungulato di forte rappresentazione alpina. Nel parco ne sono stati liberati circa una 50ina provenienti dal Parco Nazionale del Gran Paradiso negli anni tra il 1995 e il 1999. (A. Mustoni, L. Pedrotti, E. Zanon, G. Tosi, 2002), (AA.VV., 2002).

4. Clima e cambiamento climatico sulle alpi centrali

4.1. Clima in Trentino

Con il termine "clima" si intende l'insieme delle condizioni meteorologiche e ambientali che caratterizzano una regione geografica in un tempo sufficientemente lungo, In particolare l'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) ha stabilito che la durata minima delle serie storico-temporali di dati continui per poter individuare le caratteristiche climatiche di una data località è di minimo 30 anni. Dal punto di vista fisico, chimico e biologico, il clima è un sistema dinamico straordinariamente attivo e complesso, che include molte componenti distinte; oceano, atmosfera, criosfera, biosfera, litosfera. Il variare del clima in una data zona è determinato sia dai cambiamenti dell'irraggiamento solare, quindi da fattori che risultano esterni, sia dalla variabilità intrinseca del sistema climatico stesso. Essa è determinata da fattori morfologici come l'esposizione, l'altitudine, la pendenza, sia da temperatura, precipitazione, venti, umidità e nuvolosità. La radiazione solare rappresenta la principale fonte di energia del sistema climatico e la superficie del nostro pianeta la assorbe in maniera differente in base all'inclinazione dell'asse terrestre e di conseguenza dalla distanza rispetto al sole.

La presenza di circa 400 km di atmosfera attorno alla Terra introduce una significativa redistribuzione del calore fra la superficie terrestre, la bassa atmosfera e gli strati atmosferici più alti. I raggi solari incidenti attraversano l'atmosfera (che risulta quasi trasparente alla radiazione luminosa visibile) e vengono in parte riflessi e in parte assorbiti dalla

superficie terrestre e dall'oceano, che si scaldano e riemettono, a loro volta, parte dell'energia assorbita in forma di radiazione infrarossa. Una frazione di questa è assorbita da alcuni gas presenti in atmosfera: innanzitutto il vapore d'acqua, a cui si aggiungono (in ordine di importanza) il biossido di carbonio (anidride carbonica, CO₂), il metano (CH₄) e l'ozono (O₃). Insieme, queste sostanze costituiscono i "gas serra" (GHG, "Green House Gases"). L'energia assorbita dai gas serra viene riemessa in tutte le direzioni, contribuendo a riscaldare la superficie terrestre. In conseguenza di questo, la temperatura della superficie terrestre raggiunge in media i +15 °C (ben 33 °C in più rispetto ai -18 °C della temperatura di equilibrio radiativo in assenza di atmosfera). Questo fenomeno, del tutto naturale, è chiamato "effetto serra"; in prima approssimazione è tanto maggiore quanto più grande è la quantità di gas serra presenti in atmosfera.

La presenza dell'atmosfera e dell'oceano permette anche un efficiente trasporto di calore dall'equatore verso i poli. I tropici e le regioni equatoriali ricevono infatti più radiazione solare di quanta radiazione infrarossa riemettono, mentre il contrario avviene alle medie ed alte latitudini. Il sistema climatico trasporta calore dalle regioni tropicali verso i poli, grazie alle correnti oceaniche come la Corrente del Golfo nell'Oceano Atlantico, che sposta acqua calda dai tropici verso nord, ed al sistema della circolazione generale dell'atmosfera.

In particolare sulle Alpi abbiamo la presenza di un clima in stretta relazione all'altitudine, infatti abbiamo un aumento di circa 0,7°C/1°C ogni 100 m di quota. Essendo la più vasta ed elevata catena montuosa d'Europa, con una superficie di circa 250.000 km², pur essendo situata ad una latitudine relativamente bassa, compresa tra i 43° e i 48° di latitudine N, le alpi al loro interno presentano lo spettro dei biomi terrestri (figura 5). L'altitudine arriva oltre i 4000 metri, per esempio sulle vette del Monte Bianco, Monte Rosa e Bernina, ma molto più numerose sono le cime che superano i 3000 metri. Per questo motivo dunque, seguendo la regola generale che salendo in altitudine è come aumentare i gradi di latitudine, sulle pendici di una montagna elevata

si assiste alla successione di fasce vegetazionali ciascuna delle quali ha i caratteri dei biomi terrestri, passando dalla taiga alla prateria alla tundra fino alle nevi perenni.

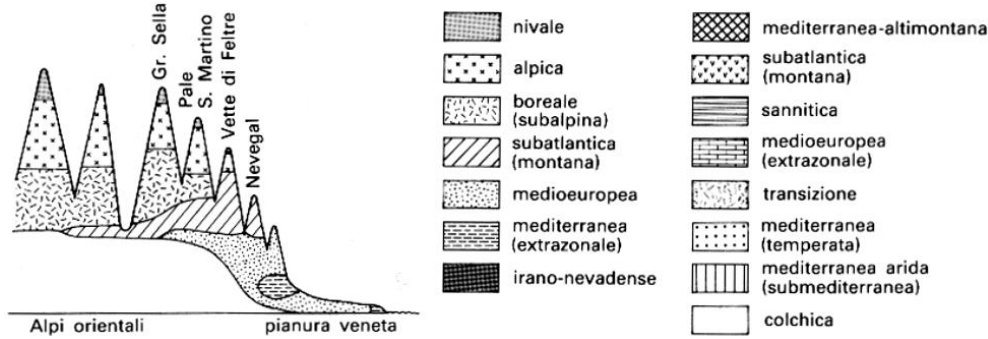


Figura 5: biomi altitudinali in una sezione delle alpi.

Il versante meridionale italiano delle Alpi gode in genere di un clima più mite rispetto ai versanti settentrionali e orientali grazie, oltre alla latitudine, anche all'azione schermante della catena montuosa rispetto ai venti da nord (tramontana) che in caduta sottovento possono provocare il tipico effetto fohn. A parità di altitudine Alpi orientali e centrali tendono ad essere più fredde rispetto a quelle occidentali per allontanamento dall'Atlantico e Mediterraneo e avvicinamento al blocco Euroasiatico, risentendo a volte delle correnti meridionali (scirocco e libeccio) schermate invece dall'Appennino settentrionale nel caso delle Alpi occidentali.

Il clima soprattutto dal punto di vista della piovosità risulta generalmente oceanico a causa del vicino Mediterraneo e dell'Atlantico, fanno eccezione le valli dell'alto Adige e della val d'Aosta (figura 6), caratterizzate da un clima continentale. Le masse d'aria umida tendono a scaricare l'acqua nelle zone prealpine rendendo secca l'aria una volta arrivata nel cuore delle Alpi, infatti le precipitazioni in alcune zone non superano i 600 mm all'anno a causa della posizione centrale che esse occupano all'interno della catena. L'inverno è generalmente rigido e moderatamente nevoso, l'estate è fresca e umida a causa dell'anticiclone delle Azzorre dunque non manca di frequenti rovesci e temporali.

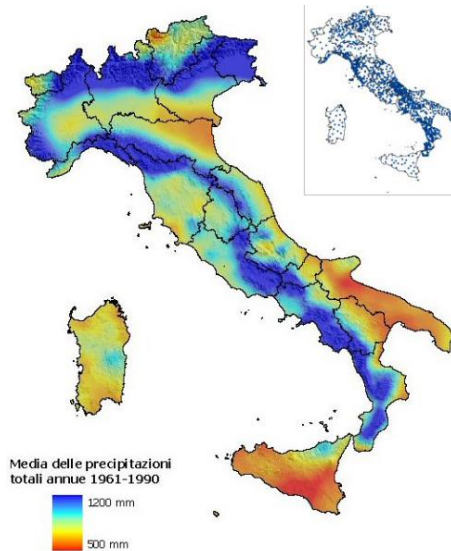


Figura 6: Medie delle precipitazioni totali annue del 1961-1990. Dal rosso 500mm al blu 1200mm

Andando in dettagli sul clima regionale del Trentino abbiamo un'ampia variabilità in quanto la

presenza del lago di Garda ha un effetto mitigatore che porta ad un clima a tratti anche mediterraneo nelle zone più meridionali, e le valli interne settentrionali dell'Alto Adige portano un clima di carattere continentale quindi generalmente freddo e secco. Queste 2 tipologie di clima sono molto diverse e contrastanti e sono la causa dell'alta variabilità climatica della zona. Il territorio del parco subisce entrambe le sue diverse sfumature. (C. Mennella, 1967-1973). La vegetazione come specchio del clima riporta queste diverse tipologie climatiche (paragrafo 3.4.) con una vegetazione più tendente al mediterranea nelle zone dove il clima risente dell'influenza del lago di Garda e una vegetazione alpina alle alte quote e nelle valli più isolate.

Il clima in quanto soggetto ad oscillazioni, che negli ultimi anni stanno aumentando, sta attirando l'attenzione soprattutto per i suoi effetti nelle zone fredde della terra. Recentemente soprattutto per quanto

riguarda i poli, i cambiamenti climatici sono ben evidenti sia dal ritiro degli imponenti ghiacciai, sia dagli effetti sulla fauna artica. E proprio parlando di clima artico, le alpi come tutte le altre catene montuose che presentano clima simili sono tirate in causa come dimostrazione ben visibile dei cambiamenti climatici. Come dimostrano svariati studi, a livello globale i sistemi naturali caratterizzati da ghiacci o nevi perenni hanno già subito influenze significative che vanno dall'allargamento all'incremento del numero dei laghi glaciali, all'aumento dell'instabilità del suolo nelle regioni con permafrost, delle valanghe e delle frane nelle regioni montuose, ai cambiamenti di alcuni ecosistemi artici ed antartici. Nel nostro paese e soprattutto in habitat simili a quelli boreali, potrebbe verificarsi e in parte si sta già verificando, un generale aumento dei limiti altitudinali di distribuzione di molte specie montane, con il loro potenziale spostamento a quote maggiori, sin dove queste specie hanno "spazio altitudinale" a disposizione. Questo porterebbe alla frammentazione degli habitat, distribuendo così le popolazioni sull'arco alpino in modo "insulare", portando alla destrutturazione delle comunità e all'avvio nelle zone più esterne degli areali all'estinzione. (AA.VV, 2009). Questo è solo uno degli effetti del cambiamento climatico che dimostrano che gli ecosistemi d'alta quota come quelli boreali hanno un destino comune, ma ne parleremo più dettagliatamente nel paragrafo 4.2.

4.2. Cambiamento climatico

Il clima quindi abbiamo detto che non deve essere considerato come qualcosa di statico ed invariabile, perché le caratteristiche climatiche di ciascuna regione e dell'intera Terra variano nel tempo anche in modo molto evidente. Tali variazioni sono principalmente legate a cambiamenti nei flussi di energia che agiscono sul sistema climatico; in primo luogo, la quantità di energia solare che incide sulla Terra. Questa può variare sia a causa di cambiamenti nella quantità di energia emessa dal Sole, che per la variazione delle principali caratteristiche dell'orbita della Terra come l'eccentricità, l'obliquità, e il posizione degli equinozi, (cicli di Milanković). Infatti l'alternanza fra

periodi glaciali e interglaciali è associata, almeno in parte, a queste variazioni dei parametri dell'orbita terrestre. Un'altra causa è associata alla presenza di vapor d'acqua in atmosfera e alla dinamica delle nubi. Sia il vapor d'acqua che l'acqua liquida delle goccioline di nube sono molto efficaci nell'assorbire e riemettere radiazione infrarossa e quindi generare effetto serra.

Un'aspetto sicuramente importante è lo studio del clima passato proprio per avere un confronto con i dati che la scienza negli ultimi anni ha saputo dedurre. Una disciplina che ha proprio questo scopo è la Paleoclimatologia che studia i climi del passato e le fluttuazioni climatiche che si sono succedute sul nostro pianeta. Per esempio, si utilizza il contenuto di isotopi radioattivi nei sedimenti marini per ricavare informazioni sulla temperatura e sulla precipitazione nei climi del passato. Altri esempi importanti sono lo studio degli anelli degli alberi, l'analisi dei contenuti isotopici dei coralli marini e dei pollini nei sedimenti lacustri, che forniscono preziose informazioni paleoclimatologiche. Importantissime indicazioni vengono poi dalla misura del contenuto di isotopi nei ghiacci polari e dall'analisi chimica della composizione dei gas racchiusi negli strati profondi di ghiaccio. Più precisamente vengono riportate in maniera indiretta la variazione della temperatura stimata dalla misura della concentrazione di deuterio (isotopo dell'idrogeno) nel ghiaccio e della concentrazione di CO₂ nelle bolle d'aria intrappolate nel ghiaccio, ricavate dall'analisi delle carota di ghiaccio antartico. (AA.VV,2009. ISAC-CNR)

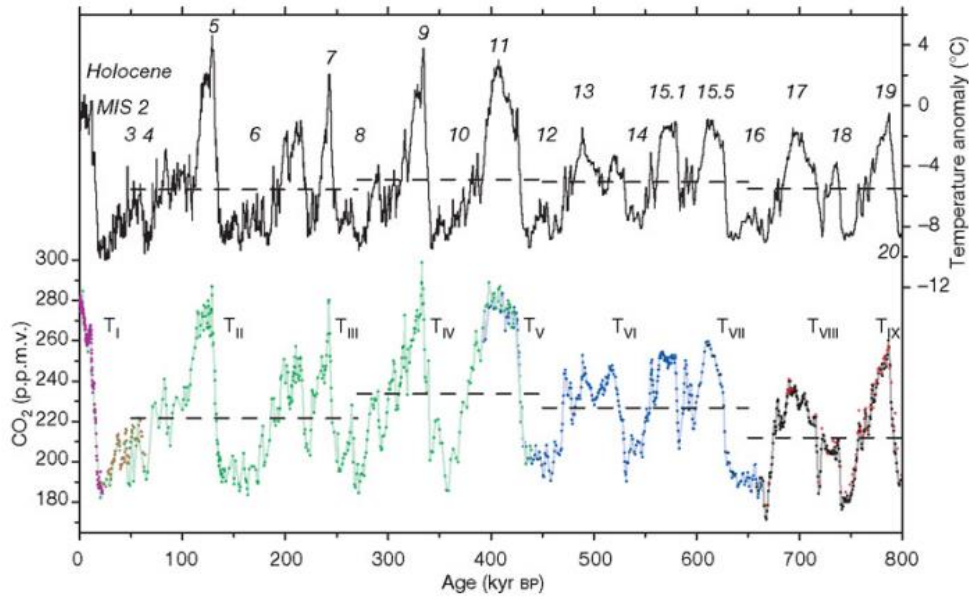


Figura 7: andamento di temperatura e CO2 negli ultimi 800.000 anni.

Le misure di CO₂ e radioisotopi nei ghiacci antartici suggeriscono (come in figura 7) che al termine di un periodo glaciale la crescita della concentrazione di CO₂ atmosferica segue, con un ritardo di circa 600-1000 anni, la crescita della temperatura in Antartide. Il meccanismo della deglaciazione sembra dunque molto complesso; con l'aumento della temperatura in Antartide seguito dall'aumento di CO₂ atmosferica, seguito a sua volta dall'aumento della temperatura nell'emisfero nord. Questo risultato è stato talvolta considerato un'indicazione del fatto che la concentrazione di biossido di carbonio in atmosfera sia sempre un prodotto del riscaldamento e non viceversa. Tuttavia, occorre tenere conto delle scale di tempo che si stanno considerando. Su scale di tempo paleoclimatiche, la crescita della temperatura in una fase di deglaciazione impiega circa 5000 anni per essere completata. In questo caso, la situazione più probabile è che la crescita iniziale della temperatura sia innescata da fattori diversi rispetto alla concentrazione di CO₂ atmosferica, che inizia effettivamente a crescere in seguito all'aumento di temperatura. Dopo il periodo iniziale, le maggiori concentrazioni di CO₂ atmosferica aumentano l'effetto serra e dunque amplificano e accelerano il riscaldamento. Sulle scale di tempo più recenti, invece, la crescita della concentrazione di CO₂ atmosferica iniziata con l'era industriale,

di gran lunga più rapida di quella osservata al termine di un periodo glaciale, è stata indotta dall'attività umana, indipendentemente dallo stato climatico, e l'effetto netto dell'aumentata concentrazione di gas serra è un evidente riscaldamento.

Su periodi di tempo più vicini a noi quindi, è da notare come sia i dati paleoclimatici che le ricostruzioni delle temperature negli ultimi millenni mostrino sia fluttuazioni di lungo periodo, su scale di tempo di centinaia di anni, che variabilità su scale più brevi, di poche decine di anni. Molto evidente risulta inoltre la crescita della temperatura globale negli ultimi 150 anni,

Il riscaldamento globale sta inducendo importanti effetti sull'atmosfera, sull'idrosfera, sulla criosfera, sulla biosfera e sulla complessa rete di interazioni e di cicli biogeochimici che intercorrono fra loro. Le temperature globali più alte sono associate ad un maggior contenuto di calore delle acque oceaniche, sia in superficie che in profondità. A causa della dilatazione termica dell'acqua e della fusione dei ghiacci terrestri, nell'ultimo secolo il livello del mare è aumentato di circa 1.8 mm/anno, con notevoli differenze da un bacino ad un altro e una forte tendenza all'accelerazione della crescita nelle ultime decadi. Nei prossimi decenni, l'aumento del livello dell'acqua potrà portare alla scomparsa di numerosi territori abitati in prossimità di coste basse o dei grandi delta fluviali. Questo aspetto risulta preoccupante anche per quanto riguarda le coste del Mediterraneo, ove vi sono grandi concentrazioni di popolazione proprio nella zona passibile di sommersione marina o di danni da parte delle onde. Inoltre, l'analisi dei dati relativi al nord Atlantico ha indicato che la maggiore temperatura oceanica ha portato ad un aumento dell'intensità degli uragani, con ovvie conseguenze negative sulle regioni da essi colpite e possibili estensioni dei danni anche a regioni abitualmente immuni. Infine, la quantità di ghiaccio marino nella regione polare artica è diminuita fortemente, sia in copertura totale che in spessore. (J.T. Hardy, 2003)

Nonostante la grande variabilità naturale del clima, il confronto quantitativo fra le variazioni attuali e i dati storici e paleoclimatici

indica che i cambiamenti in atto rappresentano un evento nuovo rispetto a quanto si conosce relativamente al periodo precedente l'era industriale. Negli ultimi 150 anni, la temperatura superficiale globale del nostro pianeta è aumentata di un valore compreso fra 0.6 e 0.8 °C. Le analisi condotte dal Goddard Institute for Space Studies (NASA) hanno mostrato che gli otto anni più caldi dell'ultimo secolo si sono verificati tutti dopo il 1998, e come nel 2015 per la prima volta sia stata superata la soglia di +1°C rispetto alla media del 19°secolo (1880-1899). Un'apposita commissione scientifica dell'Accademia Nazionale delle Scienze degli USA, su richiesta del Congresso statunitense, ha riconsiderato i dati storici e di ricostruzione climatica degli ultimi mille anni (mediante l'analisi di pollini, anelli degli alberi, estensione dei ghiacciai ecc.) ed ha concluso che quasi sicuramente le temperature globali medie delle ultime decadi sono state più alte che in qualunque altro periodo, di lunghezza confrontabile, negli ultimi quattrocento anni. Inoltre, è plausibile che, nelle ultime decadi, l'emisfero nord del nostro pianeta sia stato addirittura più caldo che in qualunque altro periodo, di lunghezza confrontabile, negli ultimi mille anni. Il lavoro del Comitato Intergovernativo per lo studio dei Cambiamenti Climatici (IPCC), dopo un attento esame degli articoli pubblicati nella letteratura scientifica internazionale con procedura di "peer-review" ed un'ampia discussione scientifica che ha coinvolto migliaia di ricercatori, ha concluso nel 4° rapporto tecnico pubblicato nel 2007 che "il riscaldamento globale è inequivocabile".

La copertura dei ghiacciai terrestri nell'area polare dell'emisfero nord diminuisce di 160 miliardi di tonnellate all'anno, ed è stato toccato il minimo storico di 4.1 milioni di km², una perdita di circa la metà rispetto ai valori degli anni '50. Dal 1975 al 2000, lo spessore medio del ghiaccio marino artico è diminuito di circa il 33%, da 3.7 a 2.5 metri circa. L'aumento delle temperature ha avuto conseguenze rilevanti su molte specie animali e vegetali, sia terrestri che acquatiche, che negli ultimi decenni hanno modificato i propri areali di distribuzione, spostandosi verso nord nell'emisfero boreale e/o verso altitudini maggiori nelle zone montane. Non tutte le specie rispondono allo

stesso modo al riscaldamento globale, con il rischio di sfasamento ("mismatch") fra le varie componenti delle comunità biologiche naturali. Ad esempio, se i fiori sbocciano precocemente ma gli insetti impollinatori non si attivano prima, si crea uno sfasamento fra queste due componenti dell'ecosistema, con conseguenze potenzialmente gravi per la sopravvivenza sia delle piante che degli impollinatori. Effetti ulteriori possono essere la perdita di biodiversità e cambiamento radicale, o eventualmente collasso, di alcuni ecosistemi. Questo problema è amplificato dalla attuale forte frammentazione degli habitat naturali dovuta ad ostacoli di origine antropica (città, autostrade e linee ferroviarie, alvei fluviali artificiali), che possono impedire gli spostamenti di piante ed animali e indurre estinzioni locali o globali di molte specie. (AA.VV., 2009). (J.T. Hardy, 2003).

4.3. Dati attuali e dati storici del Trentino a confronto

Uno sguardo all'andamento delle temperature e della piovosità in Trentino, confrontandole con 2 serie storiche di dati relativi al ventesimo secolo, può aiutare a capire se anche in questa regione alpina, come nel resto del mondo, è percepibile un cambiamento climatico. Le seguenti tabelle sono state riportate dalle pubblicazioni del sito di meteo trentino (www.meteotrentino.it) e si è scelto di prendere in considerazione temperatura, piovosità e valori di neve/ghiaccio perché considerati i fattori principali di maggiore influenza sulla fauna, ma anche la flora.

4.3.1. Variazione della temperatura

il grafico (figura 8) delle temperature medie registrate in trentino dal 1816 al 2002 mostra la variabilità climatica degli ultimi 200 anni, dalla fine della piccola età glaciale nel 1850 alle temperature sopra la media degli ultimi anni (R. Rea, G. Rampanelli, D. Zardi, 2004). Focalizzandosi proprio sull'ultimo anno trascorso, le tabelle sottostanti mostrano le medie di temperatura nelle stagioni recenti di autunno 2015 (figura 8), inverno 2016 (figura 9), primavera 2016 (figura 10) e estate 2106 (figura 11) confrontate con le stesse stagioni ma riferite ai periodi 1961-1990 e 1981-2010. Come prima osservazione generale si

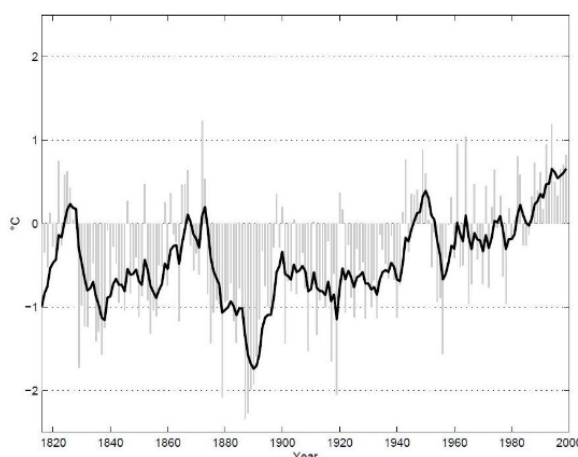


Figura 8: grafico relativo alle temperature in trentino dal 1820 al 2002(dati standardizzati)

può notare come il periodo 1961-1990 risulta in tutte e 4 le tabelle con medie di temperatura più basse rispetto al periodo 1981-2010, e come questo di conseguenza, risulti con medie di temperatura più basse rispetto all'autunno, inverno, primavera ed estate appena trascorse. Un trend che dimostra quindi che le temperature dal '61 al 2016 sono in aumento leggero (di circa un grado) ma costante. Un altro dato che risulta comune in tutte le tabelle è quello relativo agli eventi estremi di temperature massime e minimi, dall'inizio del rilevamento in ogni stazione, risalente nella maggior parte dei casi agli anni prima del '50. Si può notare come la maggior parte degli eventi estremi di temperatura massima, si siano registrati negli anni posteriori al 2000. Al contrario, la maggior parte degli eventi di temperatura minima si sono registrati intorno agli anni '50 -'70. In generale dunque negli ultimi anni tutte le stagioni risultano anche se di poco, più calde della media e i contributi maggiori in particolare vengono dati dai mesi di gennaio, luglio e successivamente novembre e dicembre.

Autunno		2015		Temperatura [°C]			Rank	Eventi estremi MAX [°C]		Rank	Eventi estremi MIN [°C]	
Nome	Quota m	Anno inizio	Media stagionale	Anomalia 1961-1990	Anomalia 1981-2010	Superiore	Tmax	Anno	Inferiore	Tmin	Anno	
Pieve Tesino ¹	775	1955	9.9	0.6	0.3	18/61	11.5	2014	44/61	6.8	1955	
Lavarone	1155	1925	9.2	1.2	1.0	9/91	10.8	2011	83/91	4.6	1952	
Trento (Laste)	312	1920	13.2	1.0	1.2	24/94	14.8	2014	71/94	10.1	1972	
Cavalese	958	1935	9.3	0.4	0.4	21/81	11.0	2006	61/81	4.9	1952	
Tione	533	1975	11.2	--	0.5	14/38	13.0	1982	25/38	8.8	1978	
Rovereto	203	1935	14.1	1.4	1.1	9/77	15.5	2014	69/77	9.6	1952	
Predazzo	1000	1925	9.7	0.6	0.4	25/91	13.6	1926	67/91	4.6	1952	

Figura 9: tabella relativa alle temperature medie stagionali dell'autunno 2015, confrontate con le medie stagionali del periodo 1961-1990 e 1981-2010 con i relativi eventi estremi.

Inverno 2016			Temperatura [°C]			Rank	Eventi estremi MAX [°C]		Rank	Eventi estremi MIN [°C]	
Nome	Quota m	Anno inizio	Media stagionale	Anomalia 1961-1990	Anomalia 1981-2010	Superiore	Tmax	Anno	Inferiore	Tmin	Anno
Pieve Tesino ¹	775	1955	2.1	1.8	1.1	7/62	3.5	2007	56/62	-3.1	1963
Lavarone	1155	1925	1.9	2.6	2.1	3/91	2.9	2007	89/91	-4.0	1963
Trento (Laste)	312	1920	4.3	2.1	1.8	7/94	5.4	2007	88/94	-1.3	1929
Cavalese	958	1935	1.8	2.2	1.7	6/82	2.8	1989	77/82	-3.8	1963
Tione	533	1975	2.4	--	1.0	10/39	3.4	2007	30/39	-1.3	1991
Rovereto	203	1935	4.7	2.0	1.8	8/81	5.4	2015	74/81	-0.3	1963
Predazzo	1000	1925	2.1	2.7	1.7	9/91	3.1	1989	83/91	-6.6	1963

Figura 10: tabella relativa alle temperature medie stagionali dell'inverno 2016, confrontate con le medie stagionali del periodo 1961-1990 e 1981-2010 con i relativi eventi estremi.

Primavera 2016			Temperatura [°C]			Rank	Eventi estremi MAX [°C]		Rank	Eventi estremi MIN [°C]	
Nome	Quota m	Anno inizio	Media stagionale	Anomalia 1961-1990	Anomalia 1981-2010	Superiore	Tmax	Anno	Inferiore	Tmin	Anno
Pieve Tesino ¹	775	1955	8.8	1.2	0.4	18/62	10.8	2007	45/62	5.6	1970
Lavarone	1155	1925	7.1	1.0	0.3	27/91	9.7	2011	65/91	3.4	1951
Trento (Laste)	312	1920	13.3	0.4	-0.1	42/94	15.1	1999	53/94	10.7	1970
Cavalese	958	1935	8.2	1.0	0.2	22/82	9.8	2007	61/82	4.3	1958
Tione	533	1975	10.9	--	0.2	19/38	12.7	2007	20/38	8.8	1987
Rovereto	203	1935	14.1	1.5	1.0	12/80	15.3	2015	69/80	10.9	1970
Predazzo	1000	1925	8.2	0.8	-0.1	32/91	12.0	1927	60/91	3.1	1962

Figura 11: tabella relativa alle temperature medie stagionali della primavera 2016, confrontate con le medie stagionali del periodo 1961-1990 e 1981-2010 con i relativi eventi estremi.

Estate 2016			Temperatura [°C]			Rank	Eventi estremi MAX [°C]		Rank	Eventi estremi MIN [°C]	
Nome	Quota m	Anno inizio	Media stagionale	Anomalia 1961-1990	Anomalia 1981-2010	Superiore	Tmax	Anno	Inferiore	Tmin	Anno
Pieve Tesino ¹	775	1955	17.8	1.4	0.4	12/62	20.2	2003	51/62	13.7	1955
Lavarone	1155	1925	16.7	1.5	0.1	16/91	19.4	2003	76/91	12.9	1954
Trento (Laste)	312	1920	22.2	0.3	0.0	34/94	24.9	2003	61/94	19.0	1977
Cavalese	958	1935	17.6	1.3	0.3	14/82	20.3	2003	69/82	13.6	1956
Tione	533	1975	19.4	--	-0.3	21/40	22.8	2003	20/40	16.9	1977
Rovereto	203	1935	23.4	1.4	0.5	12/76	26.5	2003	65/76	20.6	1968
Predazzo	1000	1925	17.5	1.0	-0.1	25/91	20.6	1928	67/91	13.5	1957

Figura 12: tabella relativa alle temperature medie stagionali dell'estate 2016, confrontate con le medie stagionali del periodo 1961-1990 e 1981-2010 con i relativi eventi estremi.

4.3.2. Variazioni della piovosità

Proprio come per i valori di temperatura, anche in questo caso si sono presi in considerazione i valori di piovosità degli stessi periodi (figura

Tabelle di precipitazione

Autunno		2015		Precipitazione [mm]		Rank	Eventi estremi MAX [mm]		Rank	Eventi estremi MIN [mm]	
Nome	Quota m	Anno inizio	Cumulata stagionale	Anomalia 1961-1990	Anomalia 1981-2010	Superiore	P max	Anno	Inferiore	P min	Anno
Pieve Tesino ¹	775	1942	306.6	-6%	-15%	44/70	719.2	1976	27/70	120.0	1954
Lavarone	1155	1921	292.0	-20%	-32%	65/95	988.1	1960	31/95	25.0	1921
Male'	720	1921	234.6	-6%	-15%	56/95	634.6	1960	40/95	26.3	1921
Trento (Laste)	312	1921	235.4	-15%	-23%	61/95	732.4	2000	35/95	13.6	1921
Tione	533	1921	317.4	-13%	-17%	59/95	1098.8	1976	37/95	42.3	1921
Cavalese	958	1921	199.4	-4%	-14%	58/95	577.7	2000	38/95	73.2	1977
Rovereto	203	1921	203.2	-23%	-31%	71/95	631.8	1976	25/95	31.7	1921
Predazzo	1000	1921	221.4	-5%	-22%	57/95	674.6	2002	39/95	46.7	1972

Figura 13: tabella relativa alla piovosità stagionali cumulata dell'autunno 2015, confrontate con le medie stagionali del periodo 1961-1990 e 1981-2010 con i relativi eventi estremi.

Tabelle di precipitazione

Inverno		2016		Precipitazione [mm]		Rank	Eventi estremi MAX [mm]		Rank	Eventi estremi MIN [mm]	
Nome	Quota m	Anno inizio	Cumulata stagionale	Anomalia 1961-1990	Anomalia 1981-2010	Superiore	P max	Anno	Inferiore	P min	Anno
Pieve Tesino ¹	775	1942	198.8	-2%	11%	31/71	828.8	2014	41/71	29.4	2012
Lavarone	1155	1921	233.0	0%	18%	36/96	732.5	1951	61/96	35.0	1981
Male'	720	1921	146.4	-4%	8%	34/96	501.8	2014	63/96	16.1	1932
Trento (Laste)	312	1921	163.4	3%	19%	29/96	531.4	2014	68/96	8.2	1981
Tione	533	1921	216.4	3%	15%	36/96	731.6	2014	61/96	14.4	1981
Cavalese	958	1921	81.8	-24%	-11%	52/96	374.7	1951	45/96	20.3	1932
Rovereto	203	1921	187.0	3%	17%	29/95	516.2	1951	67/95	21.8	1981
Predazzo	1000	1921	91.4	-20%	-17%	58/96	530.0	2014	39/96	17.1	1942

Figura 14: tabella relativa alla piovosità stagionali cumulata nell'inverno 2016, confrontate con le medie stagionali del periodo 1961-1990 e 1981-2010 con i relativi eventi estremi.

Tabelle di precipitazione

Primavera		2016		Precipitazione [mm]		Rank	Eventi estremi MAX [mm]		Rank	Eventi estremi MIN [mm]	
Nome	Quota m	Anno inizio	Cumulata stagionale	Anomalia 1961-1990	Anomalia 1981-2010	Superiore	P max	Anno	Inferiore	P min	Anno
Pieve Tesino ¹	775	1942	306.0	-9%	-8%	37/72	731.4	2013	36/72	108.4	2003
Lavarone	1155	1921	302.2	-14%	-8%	55/96	667.8	2013	42/96	88.6	1997
Male'	720	1921	239.0	-4%	6%	38/96	507.6	1983	59/96	62.4	1945
Trento (Laste)	312	1921	214.0	-9%	-6%	51/96	496.4	2013	46/96	71.8	1944
Tione	533	1921	272.4	-22%	-12%	60/96	883.2	1927	37/96	108.4	1997
Cavalese	958	1921	213.2	4%	13%	29/96	386.7	1926	68/96	76.0	2003
Rovereto	203	1921	200.0	-18%	-12%	65/95	479.7	1926	31/95	81.8	1997
Predazzo	1000	1921	246.4	12%	6%	36/96	493.2	2013	61/96	36.2	1960

Figura 15: tabella relativa alla piovosità stagionali cumulata nella primavera 2016, confrontate con le medie stagionali del periodo 1961-1990 e 1981-2010 con i relativi eventi estremi.

4.3.3. Variazioni della copertura nevosa e dei ghiacciai

Dagli anni '80 ad oggi come si vede nella figura 16 e nella figura xxx del paragrafo 5.1.1. ad essere variata non è tanto l'apporto di neve cumulato, ma quanto più le nevicate improvvise ed abbondanti, come quella registrata nel mese di febbraio 2016 la quali hanno contribuito in modo prevalente sul totale invernale. Dati particolarmente rilevanti invece sono quelli relativi alla figura 17 dove si vede che dal '81 al 2010 la durata media della copertura nevosa è diminuita di circa 50 giorni. (A. Bellin, G. Marcolini, G. Chiogna, 2015)

Figura 16: dettaglio delle nevicate totali dei singoli mesi (esprese in cm) dell'inverno 2015/2016

Località	Dicembre cm	Gennaio cm	Febbraio cm	Inverno cm
Passo Tonale (1880 m)	0	89	244	333
M.te Bondone - Viote (1495 m)	0	11	163	174
Passo Rolle (1995 m)	0	54	223	277
Pampeago (1760 m)	0	12	99	111
Malga Bissina (1780 m)	0	57	206	263

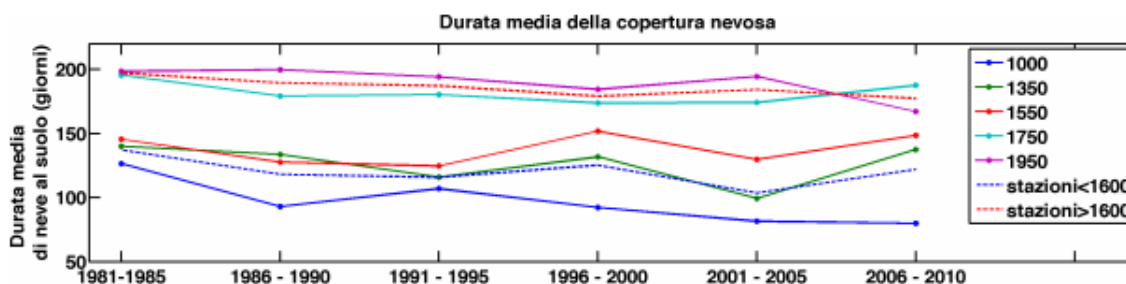


Figura 17 Media quinquennale (nei quinquenni indicati) della durata standardizzata di neve al suolo rappresentativa delle stazioni appartenenti alle 5 classi di quota indicate nella legenda.

Queste anomalie di temperatura e precipitazione in combinazione con la minor durata della neve al suolo contribuiscono a causare il ritiro dei ghiacciai sulle Alpi. Come si vede dalla figura 18 e 19 infatti dal 1800 al 1990 circa, i ghiacciai trentini sono diminuiti da 130 a 51 Km² per una riduzione dello -0,3% all'anno e un arretramento di circa un metro all'anno. Dal 1990 ai primi anni 2000 i invece si nota una riduzione di massa da 51 a 39 Km², 1,8% all'anno corrispondenti a circa 10 metri di arretramento all'anno. (A. Trenti, 2011)

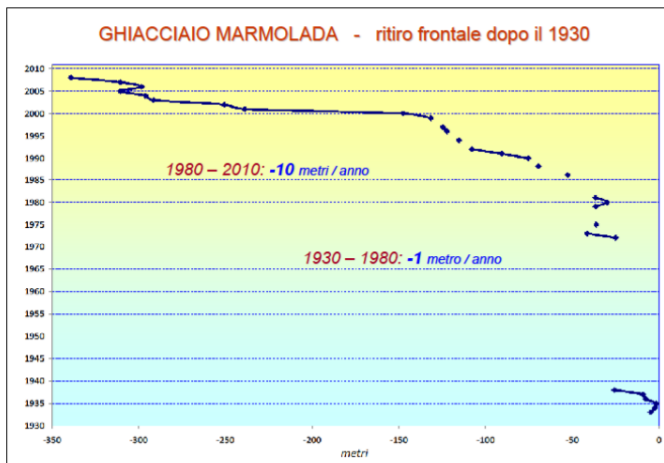


Figura18: arretramento in metri del ghiacciaio della Marmolada in Trentino dal 1930 al 2010.

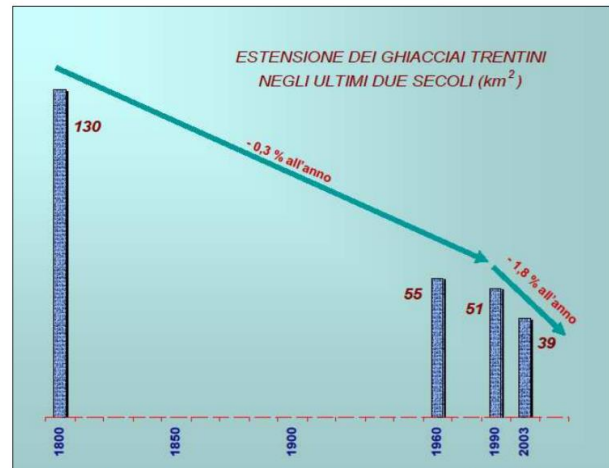


Figura19: estensione in km² dei ghiacciai trentini dall'800 al 2003

5. Mammiferi selvatici e Tetraonidi, biologia e loro habitat

Per gli scopi di questa tesi sono state prese in considerazione alcune tra le innumerevoli specie presenti nel Parco Adamello-Brenta, in quanto considerate per loro biologia e adattamento, le specie più a rischio per quanto riguarda i cambiamenti climatici.

5.1. Arvicola

Classe: Mammalia
 Ordine: Rodentia
 Sottordine: Myomorpha
 Famiglia: Cricetidae
 Sottofamiglia: Arvicolinae

Per gli scopi di questa tesi verranno trattate in particolare le specie di Arvicola Rossastra (*Clethrionomys glareolus* o *Myodes glareolus*), Arvicola delle Nevi (*Chionomys nivalis*), Arvicola campestre (*Microtus arvalis*), e topo selvatico (*Apodemus sylvaticus*).

Per quanto riguarda il genere *Microtus*, queste arvicole vivono tipicamente in zone erbose calde e asciutte, dove scavano sistemi di gallerie molto estesi anche in profondità (oltre il mezzo metro). Pur

potendo raggiungere densità di popolazione elevatissime in annate particolarmente propizie, le gallerie delle varie tane non comunicano mai con quelle di altri esemplari. Durante l'inverno, scavano tunnel sotto la neve, che spesso rinforzano con erbe e muschio. Sono roditori dalla forma tozza, con orecchie, zampe e coda molto brevi. Le orecchie in particolare sono poco pelose e arrotondate, il muso è corto, il dorso bruno giallastro, e ventre grigio bruno. Si nutrono esclusivamente di vegetali: erba e semi in estate e carioidi, semi, radici e germogli nelle altre stagioni. (R. Locatelli, P. Paolucci, 1998)

Per quanto riguarda il genere *Myodes* o *Clethrionomys* anche se predilige gli ambienti boschivi, non amando il caldo si trova comunemente sulle fasce montane o anche alpine. Ha coda e orecchie di maggiori dimensioni in proporzione al corpo, il pelo è bruno-rossiccio sul dorso e bruno-giallastro sui fianchi mentre sul ventre e sulle zampe il pelo è invece biancastro. Come le altre arvicole vive in gallerie scavate appena sotto la superficie del suolo e se si tratta di un terreno roccioso sfrutta gli interstizi presenti. Colloca il nido sotto le radici di alberi, ceppaie o tronchi abbattuti. Le arvicole sono animali essenzialmente erbivori: nei mesi primaverili si nutrono di erbe, radici, e germogli, mentre d'estate e d'autunno lo spettro alimentare dell'animale si amplia, andando ad includere anche frutti e semi, assieme anche a noci, bacche, grano, orzo e semi di graminacee, insetti e larve, lumache ed altri piccoli invertebrati.

Per quanto riguarda invece il genere *Chionomys* esso è un roditore relativamente grande e dalla coda lunga. Le arvicole adulte in media pesano 50 grammi ed hanno una coda lunga circa 10 centimetri. Hanno una pelliccia folta, fine e dal pelo lungo di colore grigio chiaro. Le arvicole delle nevi hanno zampe posteriori piuttosto lunghe. Attorno al naso gli animali hanno un pelo chiaro lungo fino a 6 cm. I padiglioni auricolari sono molto piccoli e fuoriescono di poco dalla folta pelliccia che ricopre l'animale. Questi animali si trovano al di sopra della fascia climatica degli alberi. L'habitat ideale per la specie è costituito da un sottosuolo pietroso, che spiega perché li si trova su fasce detritiche e

moreniche con molti anfratti nelle rocce. (R. Locatelli, P. Paolucci, 1998)

Infine il genere *Apodemus* è caratterizzato dall'aver orecchie molto grandi, occhi sporgenti, muso appuntito, coda molto lunga, zampe grandi. Tipico di zone aperte collinari e montane, generalmente granivori ma con un'alimentazione molto adattabile alle circostanze. Durante la ricerca effettuata nel 1997 dal Parco Naturale Adamello Brenta (paragrafo 7.4.) era stata rilevata la presenza del topo selvatico sull'alta Val Nambrone, mentre nella ricerca effettuata nel 2016 non ne è stato trovato nessun esemplare.

Di seguito una rappresentazione grafica degli habitat maggiormente utilizzati dagli Arvicolidi. (figura 20)

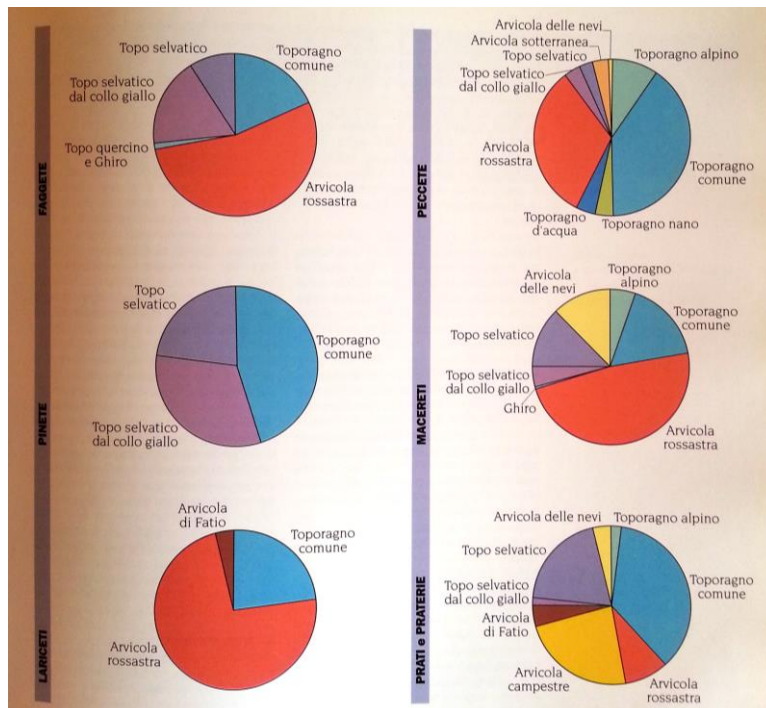


Figura 20: densità delle specie di Arvicolidi rinvenuti in ciascuna tipologia ambientale.

5.2. Camoscio

Classe: Mammalia
 Clade: Ungulata
 Ordine: Artiodactyla
 Sottordine: Ruminantia
 Famiglia: Bovidae

Sottofamiglia: Caprinae
Genere: Rupicapra
Specie: Rupicapra rupicapra

Questo ungulato ruminante è un animale di media taglia, il peso di un maschio adulto si aggira mediamente tra i 30-40 kg, mentre quello di una femmina un poco inferiore, sui 20-30 kg. La colorazione del mantello varia a seconda della stagione: si presenta infatti più chiaro con una colorazione bruno-rossiccia e la presenza di una striscia nera lungo la spina dorsale nella stagione estiva, mentre in inverno il mantello diventa bruno scuro tendente al nero; in entrambi i casi l'animale presenta sul muso una mascherina caratteristica, formata da due bande nere che dalla zona nasale risalgono verso le orecchie passando sopra gli occhi e che contrastano in modo spiccato sul bianco delle guance, della gola e della parte centrale del muso. Dal punto di vista morfologico femmine e maschi sono molto simili e si differenziano solo per la diversa mole somatica, per pochi altri piccoli particolari del corpo e delle corna, di cui entrambi sono portatori. Queste sono a crescita continua, possono raggiungere uno sviluppo fino a 30 cm di lunghezza e hanno uno sviluppo verticale che poi termina in un uncino rivolto all'indietro. Grazie ad esse è possibile stimare l'età dell'animale: ogni anno trascorso è evidenziato da un anello di crescita che si forma quando avviene l'arresto della crescita annuale dovuto al sopraggiungere della stagione avversa (solo nei primi due anni di vita le crescite non sono ben marcate da anelli incisi nel corno). La stagione riproduttiva cade nei mesi di novembre e la prima metà di dicembre quando i maschi dominanti si contendono le femmine, le quali partoriranno il proprio piccolo nel mese di maggio, dopo 170-175 giorni di gestazione. Il comportamento gregario della specie fa sì che si possano incontrare gruppi numerosi di animali (anche alcune decine di esemplari), composti da femmine e giovani; i maschi invece rimangono per lo più solitari o al massimo formano gruppetti di poche unità, fino alla stagione degli amori, quando vanno alla ricerca dei branchi di femmine ai quali si uniscono. L'alimentazione

del Camoscio comprende le erbe delle praterie alpine e altre parti vegetali come apici vegetativi, foglie, muschi, licheni.

L'habitat di questo ungulato è costituito da praterie alpine inframmezzate da pareti rocciose quasi inaccessibili, dove riesce agilmente a rifugiarsi in caso di pericolo o per trovare un luogo di riposo tranquillo e un riparo dalle intemperie. In seguito all'espansione della specie avvenuta negli ultimi anni, è possibile incontrare esemplari di Camoscio anche in zone boscate nelle quali ci sia la presenza di rocce affioranti, fino a bassa quota (700-800 m s.l.m.). con l'innalzamento del limite degli alberi dovuto all'aumento delle temperature stimate nei prossimi anni questo ungulato si potrebbe trovare ad occupare potenzialmente un areale maggiore. (Von Elsner-Schack, 1985) (A. Mustoni, L. Pedrotti, E. Zanon, G. Tosi, 2002)

5.3. Ermellino

Classe: Mammalia

Ordine: Carnivora

Famiglia: Mustelidae

Genere: Mustela

Specie: Mustela erminea

La coda di questo esemplare ha una lunghezza che va dagli 8 ai 12 cm. Il corpo varia da 22 a 32 cm. I maschi sono molto più grandi delle femmine e il corpo è lungo e snello, con corte zampe. L'attività dell'ermellino si esplica sia di giorno sia di notte. È caratterizzato dalla sua attività diurna e del suo temperamento curioso. Il periodo degli amori può verificarsi sia in primavera sia in estate. Nel primo caso si ha una gestazione normale che dura circa due mesi. Nel secondo caso invece si assiste ad una gestazione, apparentemente molto lunga, della durata di 8-12 mesi; ciò permette di adeguare le date di nascita alle migliori condizioni ambientali per lo sviluppo dei piccoli. La pelliccia estiva dell'ermellino è color cannella sul dorso e biancastra sul

ventre, mentre il mantello invernale è interamente bianco. Solo l'estremità della coda rimane nera per tutto l'anno. La pelliccia dell'ermellino nel manto invernale è anche straordinariamente spessa.

Costruisce le sue tane sotto terra, in lunghi cunicoli, dove si rifugia immediatamente in caso di pericolo. Se minacciato, produce un forte e sgradevole odore di muschio dalle ghiandole anali. La dieta dell'ermellino, essenzialmente di tipo carnivoro, comprende piccoli roditori (in particolare l'arvicola delle nevi), ma anche lepri oltre a uccelli, rettili e invertebrati. In Italia è presente, con un areale frammentato, solo sull'arco alpino, più comunemente tra i 1000 ed i 3000 metri di quota. Predilige i boschi radi, i bordi dei laghi e dei ruscelli, oltre che le praterie alpine; in alta quota lo si trova spesso nelle pietraie. (M. Spagnesi, A.M. De Marinis, 2002)

5.4. Gallo cedrone

Classe: Aves

Sottoclasse: Neornithes

Ordine: Galliformes

Famiglia: Phasianidae

Subfamiglia: Tetraonina

Genere: Tetrao

Specie: Tetrao urogallus

Essendo il più grande tra i tetraoni misura in lunghezza da 65 a 70 cm, ha un'apertura alare di un metro e trenta, ha ali di 40 centimetri, coda di 35, e pesa dai 4 ai 5 Kg. Caratterizzato da una coda arrotondata e le piume prolungate della gola, penne nere sul corpo, le ali sono brune e nere con sfumature verso il ruggine, la coda nera con poche macchie bianche, il petto verde-acciaio lucido, la membrana perioculare rossa e il becco bianco-corneo. Caratterizzato da dimorfismo sessuale, le femmine sono più piccole e di un colore più chiaro rispetto ai maschi.

La presenza di questo tetraonide nel continente eurasiatico risale circa al Pleistocene. Quest'epoca del Quaternario fu caratterizzata da una temperatura notevolmente bassa, soprattutto nell'emisfero boreale. Il territorio dell'Eurasia venne coperto ciclicamente (periodi glaciali e interglaciali) da enormi lingue glaciali lasciando libere solo le terre più meridionali del continente. A causa di questo avanzata dei ghiacci si ebbe uno spostamento verso sud delle zone di e come un'ombra, anche delle specie faunistiche tipiche delle latitudini più settentrionali. Con esse anche i tetraonidi tra cui il gallo cedrone. Al termine della glaciazione del Würm (circa 12.000-15.000 anni fa) iniziò il regresso dei ghiacci, le terre si scoprirono (nunatak) e questa ed altre specie si trovarono isolate nelle Alpi, e nei principali rilievi montuosi.

Nel 900 è stato registrato un incremento di individui dovuto all'uso del suolo da parte dell'uomo, che risultava più idoneo per la specie. Dagli anni '60 con l'abbandono della montagna e la conseguente evoluzione degli habitat verso configurazioni più naturali, il gallo cedrone si è trovato in condizioni meno idonee e le popolazioni ne hanno risentito. Con un areale frammentato di prevalenza boreoalpina, il Trentino può essere considerato come il vero limite occidentale dell'areale italiano. Dovunque con una preferenza per i boschi di montagna ma con specifiche caratteristiche. È indispensabile la presenza di alberi di alto fusto (soprattutto quelli resinosi) in zone abbondantemente irrigate e ricche di cespugli e bassi arbusti con bacche, in boschi maturi di conifere (eventualmente miste a faggio), con piante secolari, ma con densità rada o fitti con radure, più nello specifico con un grado di copertura arborea tra il 25% e il 65% e con strato arbustivo discontinuo. Le aree rade facilitano l'avvistamento dei pericoli, ma sono preferite anche durante la stagione del canto, quando i maschi ricercano la massima visibilità per essere notati dalle femmine e rispettati dai maschi rivali, inoltre una specie particolarmente importante in questo sottobosco è il mirtillo nero (*Vaccinium myrtillus*). Sulle Alpi vive prevalentemente ad una quota fra i 1000 m -1100 m e 1600 m -1700 m con punte minime di circa 850 m e massime di circa 1900m. Uccello stazionario, è indotto a spostarsi dalle

sedi abituali solo dal sopravvenire di forti freddi e di abbondanti nevicate che rendono impossibile il reperimento del cibo: ma non appena la stagione migliora, riprende la via dei luoghi preferiti. Certe volte, quando il suo territorio è completamente coperto dalla neve, si ritira sui rami degli alberi, e vi trascorre lunghi periodi nutrendosi di foglie. In generale trascorre le sue giornate sul terreno, in continue corse fra gli sterpi e i bassi arbusti dove va in cerca di alimento. Il cibo consta di gemme d'albero, foglie, bacche, semi, trifoglio ed insetti. Nel periodo dell'amore il gallo cedrone si accontenta di cibi più grossolani, al contrario della femmina. Per digerire il cibo ha bisogno di sabbia o di finissima ghiaia, e si accosta all'acqua più volte durante il giorno.

5.5. Lepre alpina

Classe: Mammalia
Ordine: Lagomorpha
Famiglia: Leporidae
Genere: Lepus
Specie: Lepus timidus

Caratterizzata dall'essere un animale solitario, attivo tutto l'anno, raggiungere, in corsa, punte di velocità di 60-70 Km/h, ha un'attività crepuscolare e notturna, durante il giorno rimane nascosto in un piccolo avvallamento che scava nel terreno scoperto fra l'erba alta e in inverno talvolta può rifugiarsi sotto la neve. Questo esemplare misura da 50 a 70 centimetri, cui vanno aggiunti circa 8 centimetri di coda, mentre l'altezza è di 30 centimetri. Il peso è da 3 a 6 chili. Possiede orecchi lunghi circa 15 centimetri, i cui peli sono neri all'estremità. In inverno attraverso la muta come per l'ermellino, cambia il colore del pelo, che diventa totalmente bianco, per mimetizzarsi e sfuggire meglio ai predatori, utilizzando anche i suoi sviluppatissimi sensi e l'agilità.

Ogni individuo è legato al proprio territorio, generalmente la tana è raggiunto effettuando un lungo salto (oltre tre metri) al fine di far perdere la propria traccia ai predatori. La Lepre si adatta molto

facilmente ad ogni tipo di terreno, ma è adatta alle alte quote, in genere sopra gli 1500 m s.l.m. (come vedremo nell'area del parco ne sono state trovate tracce a 2500 metri) e frequenta habitat quali brughiere, arbusteti e pascoli alpini, al margine dei boschi. Essendo esclusivamente vegetariana si nutre di moltissime specie vegetali tra cui piante erbacee e arbustive, cereali, bacche, e frutti. (M. Spagnesi, A.M. De Marinis, 2002)

5.6. Marmotta

Classe: Mammalia

Ordine: Rodentia

Famiglia: Sciuridae

Genere: Marmota

Specie: Marmota marmota

Animale caratteristico delle montagne d'alta quota, vive in una fascia altitudinale compresa tra i 1500 e i 3000 metri circa. È lunga 70 centimetri circa compresa la coda, questa che comprende quasi un terzo del suo corpo. Il suo peso può raggiungere i 5/6 kg e può arrivare a vivere fino a 16-18 anni. Come nella maggior parte dei roditori, spiccano i suoi denti incisivi. Ha possenti zampe dotate di lunghi e robusti artigli. Il suo vivere sottoterra ne caratterizza alcuni aspetti del muso, come le orecchie piccole e una gran quantità di vibrisse. Ha occhi ai lati della testa, che le permettono di avere un ampio campo visivo, utile per prevenire l'attacco di predatori. È un animale vegetariano che si nutre di erbe (in particolare quelle aromatiche), frutta, fiori, radici e bulbi. A volte può cibarsi anche di qualche insetto, ma non è la sua dieta ideale. La strategia che ha evoluto per affrontare la stagione avversa è il letargo (che va generalmente da ottobre ad aprile) caratterizzato da un sonno non continuo che viene appunto interrotto ogni 15-30 giorni.

L'habitat della marmotta comprende le preterrie d'alta quota, e la si può osservare prevalentemente vicino alle tane (da cui non si distanzia

mai più di tanto). Le tane sono differenti per il periodo estivo e quello invernale: mentre in estate sono costituite da gallerie superficiali dotate di una intricata rete di cunicoli e molte uscite, la tana invernale è caratterizzata da un lungo cunicolo d'ingresso e una camera dove svernano in cui fanno raccolta di fieno, che permette loro di avere scorte di cibo. In caso di pericolo emettono un particolare fischio di allerta, con il quale avvisano i loro simili. Questo fischio, udibile anche a centinaia di metri di distanza, è solitamente emesso dall'esemplare che funge da sentinella, identificabile perchè solitamente lo si trova "in piedi" sulle zampe posteriori, in prossimità della tana. (M. Spagnesi, A.M. De Marinis, 2002)

5.7. Orso

Classe: Mammalia

Ordine: Carnivora

Famiglia: Ursidae

Genere: Ursus

Specie: Ursus arctos

Questa sottospecie di orso bruno è il carnivoro più grande d'Italia, può arrivare a pesare al massimo fino a 350–400 kg e arrivare fino a 2,5 metri di altezza, mentre le femmine sono il 25% più piccole. Gli arti anteriori terminano con zampe plantigrade munite di artigli lunghi fino a 15 cm che vengono utilizzati soprattutto per scavare. L'orso bruno è un animale prevalentemente notturno e solitario, sebbene nei luoghi dove c'è maggiore disponibilità di cibo possano riunirsi molti esemplari, i quali formano delle gerarchie sociali in base all'età e alle dimensioni. Durante l'inverno, cade in letargo: per tale motivo, durante l'estate, immagazzina più di 180 kg di grasso, che gli servono per sopperire al cibo che non può procurarsi, essendo in stato di torpore per diversi mesi. Il luogo scelto per l'ibernazione è di solito una grotta, un crepaccio od un grande tronco cavo; infatti nell'area del Parco lo si

trova con un abbondanza maggiore nella zona delle Dolomiti di Brenta in quanto il fenomeno del carsismo permette la creazione di solchi nella roccia. Questa specie si nutre principalmente di materiale vegetale, tra cui radici e funghi, insetti la maggior parte rappresentati da formiche che trova sotto i sassi, e piccoli mammiferi.

In Italia la popolazione di orso bruno è distribuita sulle Alpi del Trentino occidentale e del Friuli orientale vicino alla Slovenia, complessivamente con almeno 50-60 esemplari. La quantità così ingente di esemplari è frutto di un progetto di reintroduzione già citato nel paragrafo 3.2. L'orso predilige vaste foreste ricche di sottobosco, in cui trova la necessaria tranquillità e gli alimenti di cui si ciba. Utilizza di preferenza la fascia di altitudine compresa tra i 700 ed i 1800 metri s.l.m., ma può stanziare anche a quote più basse o transitare a quote molto elevate. Generalmente i boschi utilizzati sono prevalentemente misti ma è abbondante anche nelle foreste di conifere. Per segnare il territorio usa i "grattatoi" (rub-trees), alberi tipicamente quelli più grossi, oppure le conifere in mezzo a latifoglie, dove si gratta per lasciare traccia del suo passaggio. Dopo il passaggio di un orso, l'esemplare che lo segue tende a ripetere l'azione del precedente per coprirne l'odore con il proprio. Nelle regioni artiche l'habitat potenziale dell'orso bruno sta aumentando grazie al riscaldamento climatico, ed ha permesso alla specie di spingersi più a nord, incontrando così l'areale dell'orso polare. Negli ultimi anni si sono trovati esemplari ibridi tra le due specie chiamati pizzly nel caso in cui la madre sia un orso bruno e il padre un orso polare, mentre viceversa viene chiamato orso grolare. Nel 2006, la presenza di questi ibridi in natura è stata confermata dall'analisi del DNA di un orso dall'aspetto strano che era stato ucciso nell'Artico canadese. (F. Zibordi, A. Mustoni, V. Viviani, S. Liccioli, G. Stefani, 2010)(David Field,2006)

5.8. Pernice bianca

Classe: Aves

Ordine: Galliformes

Famiglia: Phasianidae

Genere: Lagopus

Specie: L. muta

Questo tetraonide di derivazione artica, come già visto per il gallo cedrone ha le dimensioni di un comune piccione. Adattata ai climi più rigidi ha la particolarità di avere le zampe fittamente ricoperte da un piumaggio che aumenta la superficie portante, esattamente come una racchetta da neve e questa caratteristica facilita notevolmente la progressione nella neve. A differenza dell'ermellino e la lepre alpina, questo esemplare è in costante muta durante tutto l'anno ed il piumaggio è particolarmente fitto con penne gonfie d'aria per mantenere a lungo il calore del corpo. In estate presenta una colorazione grigio-brunastra, mentre in inverno la livrea è bianca. Il becco è nero brillante e, nel maschio, è collegato all'occhio da una sottile striscia nera. Nella porzione superiore del capo presenta due caruncole (rigonfiamenti) rosse, particolarmente evidenti nel periodo degli amori. Il "volo" è caratterizzato da rapidi battiti d'ala alternati a brevi planate. La Pernice bianca è un uccello tendenzialmente gregario può formare stormi di alcune decine di individui. L'alimentazione è vegetariana e comprende foglie, fiori, frutti, germogli di piante erbacee, occasionalmente avviene anche il consumo di insetti. In inverno vengono selezionati i vegetali più ricchi di zuccheri e proteine, raccolti nelle zone ove il manto nevoso è meno persistente.

È una specie stanziale che popola la zona artica e subartica e la si osserva esclusivamente al di sopra del limite superiore delle foreste in aree dove si alternano praterie alpine, pietraie, barre rocciose e vallette nivali. In estate predilige i versanti più freschi e quote di norma non inferiori a 2400–2500 m; in inverno sfrutta i versanti esposti nei quadranti meridionali e le creste ventate, ove il manto nevoso è meno duraturo ed è quindi possibile reperire i vegetali di cui si nutre. (A. Mustoni, F. Zibordi, 2013)

5.9. Stambecco

Classe: Mammalia

Ordine: Artiodactyla

Famiglia: Bovidae

Genere: Capra

Specie: Capra ibex

Animale con un forte valore emblematico dato che ha evitato l'estinzione con la costituzione del Parco Nazionale del Gran Paradiso, è caratterizzato da dimorfismo sessuale; il maschio ha dimensioni maggiori rispetto alla femmina, e uno sviluppo delle corna molto differente. Nei maschi hanno una caratteristica forma a sciabola e possono raggiungere il metro di lunghezza mentre nella femmina sono più piccole, al massimo raggiungono i 30-35 cm. Il mantello dello stambecco varia col variare della stagione: in estate è corto e chiaro mentre in inverno è più lungo e di colore più scuro quasi nero. Il mantello della femmina è in generale più chiaro di quello del maschio. Lo stambecco è erbivoro e si nutre prevalentemente di erba ma anche germogli di ginepro, rododendro, muschi e licheni, consumando anche 15 kg al giorno. In inverno in assenza di cibo fresco si nutre di erbe secche, arbusti e licheni. Lo stambecco maschio può vivere 14-16 anni mentre la femmina raggiunge tranquillamente i 20 anni.

L'ambiente tipico dello stambecco sono le pareti rocciose miste a praterie poste al limite della vegetazione arborea e fino al limite dei ghiacciai. In inverno sono preferite le pareti con buona esposizione, a quote comprese tra i 2000 ed i 3500 m. Essendo diurno è attivo dall'alba fino all'imbrunire, e trascorre le sue giornate sulle terrazze erbose e ben esposte al sole. Ad oggi è presente in piccole aree frammentate disseminate su tutte le Alpi, grazie ai numerosi prelievi dall'unica colonia residua, situata sul massiccio del Gran Paradiso. Le costanti attività di censimento condotte dal 1956 nel Parco hanno

permesso di collezionare una serie di dati ecologici eccezionalmente lunga, che è stata oggetto di numerosi studi alcuni dei quali hanno indagato la relazione tra le dinamiche di popolazione e le condizioni climatiche. Queste ricerche forniscono una base di conoscenza preziosa su cui sviluppare analisi d'impatto dei cambiamenti climatici come vedremo nel paragrafo 7.2.1. (A. Mustoni, L. Pedrotti, E. Zanon, G. Tosi, 2002)

6. Materiali e metodi

6.1. Tecniche di monitoraggio

Di seguito verranno illustrate le tecniche di monitoraggio usate in generale per la fauna con un'attenzione particolare alle modalità utilizzate anche personalmente durante lo svolgimento del tirocinio, ai fini della stesura della tesi, quali il monitoraggio diretto sui micro-mammiferi, il monitoraggio indiretto su orso, stambecco e camoscio. Con il termine monitoraggio intendiamo, nell'ambito della conservazione della fauna, l'intento di tenere sotto controllo la condizione o l'andamento di popolazioni animali mediante strumenti che sono rappresentati dalle metodologie e dalle tecniche disponibili come censimenti, radio-tracking, e campionamento a distanza. Vi sono innanzi tutto 2 diversi tipi di approccio al monitoraggio: diretto e indiretto.

Per quanto riguarda il monitoraggio diretto, viene messo in pratica con contatto diretto tra l'operatore e l'animale. Si può trattare di un contatto visivo (si vede fisicamente l'animale) o acustico (si riconosce la presenza di un animale dalle sue emissioni vocali). La caratteristica fondamentale però è che si verifichino nel momento in cui l'operatore sta effettuando il monitoraggio, e quindi si ha certezza della presenza di un determinato individuo nell'area di indagine nel momento stesso in cui l'operatore si trova sul campo. Questo tipo di monitoraggio può avvenire in diversi modi, principalmente viene definito passivo se il contatto non presuppone un'interazione tra i due soggetti; in questo

caso l'animale non percepisce in modo significativo la presenza dell'operatore (ad esempio rientra in questa casistica l'osservazione diretta a distanza con binocolo) si può effettuare lungo un percorso (paragrafo 6.3.), all'interno di un area parcellizzata, oppure nei luoghi di alimentazione, accoppiamento, o riposo dell'animale . Il monitoraggio diretto attivo invece al contrario presuppone l'interazione tra soggetti e spesso questa tipologia di monitoraggio prevede l'impiego di strumenti come reti o trappole necessari per la cattura degli individui. Di seguito verranno illustrate le metodologie di cattura tra le quali, alcune, usate per lo studio sulle Arvicole, ma ovviamente applicabili a diverse specie animali. Queste diverse metodologie di cattura di individui possono essere riassunte in due categorie. La prima consiste nella cattura, marcatura e ricattura (CMR) e, per l'appunto, prevede che gli individui vengano catturati, marcati (con marche individuali o di gruppo) e rilasciati, supponendo che una parte degli animali marcati venga successivamente ricatturata o semplicemente riconosciuta mediante osservazione diretta ("ricattura visiva"). La seconda consiste nella cattura per unità di sforzo, in cui lo sforzo di cattura è standardizzato, e il tasso di cattura di una specie rispetto al totale degli individui catturati viene utilizzato per il calcolo di indici di popolazione. Il monitoraggio mediante cattura prevede specifiche modalità di posizionamento delle trappole secondo un impianto definito a priori che può essere;

- Disposizione delle trappole in griglia per esempio 4x4 con una distanza fissa che può essere di 4 metri per un totale di 16 trappole.
- Disposizione lungo un transetto che attraversa per esempio diverse tipologie ambientali utile per capire la variazione di popolazione in ambienti differenti.
- Disposizione delle trappole in mondo mirato per gli specifici casi ambientali, segue in generale la struttura a grigli con l'aggiunta o la sottrazione di trappole dove ritenuto opportuno.

Per quanto riguarda le tipologie di trappole utilizzabili (che devono essere specifiche per ogni genere animale) abbiamo la possibilità di usare trappole passive "Pitfalls" o trappole a caduta, dove gli individui entrano semplicemente all'interno della trappola, senza riuscire più ad uscirne a causa della particolare conformazione della trappola stessa. Oppure trappole attive che possono essere a vivo come i modelli "Sherman", "pitfal", "Longworth", "Havahart", caratterizzate dal fatto di non uccidere gli individui catturati, oppure trappole a morto come i modelli a scatto più comuni e noti. È quasi sempre necessario abituare gli individui della specie che si intende catturare alla presenza del mezzo di cattura; alcune specie tendono, infatti, ad evitare le trappole poste all'interno del loro territorio (neofobia). Per questo motivo la fase di cattura viene anticipata, generalmente, dalla posa delle trappole innescate, ma con il meccanismo di scatto disattivato (prebaiting). Anche la scelta del tipo di trappola e del tipo di esca può in parte, selezionare le specie catturabili. Nel caso di piccoli Mammiferi, ad esempio, l'esca deve attrarre sia specie granivore che insettivore, non alterarsi in tempi brevi e soddisfare il fabbisogno idrico dell'animale catturato. Come esche vengono comunemente utilizzate granaglie (semi di girasole, muesli), frutta fresca (mela), frutta secca, carne (pancetta, alimenti secchi per cani e gatti), additivi in polvere (farina latte). L'aggiunta di cotone idrofilo sul fondo della trappola è necessario per limitare la dispersione di calore in specie con metabolismo molto elevato, come i piccoli Insettivori. Per la cattura di Mammiferi di grosse dimensioni (Cervidi, mufloni e cinghiali) viene utilizzata la telenarcosi, oppure vengono impiegati i recinti collettivi con invito all'ingresso attraverso una rete di nylon. Il principio di questa tecnica si basa sul fatto che gli Ungulati, come del resto molti altri Mammiferi, quando si trovano di fronte a un ostacolo che non consenta loro di vedere al di là di esso, non tentano di superarlo, ma cercano di aggirarlo, dunque con una serie di rumori vi è un ingresso spontaneo delle specie nel recinto. Per quanto concerne invece le tecniche di marcatura degli animali catturati, anche qui per ogni specie vi è un metodo appropriato ma in generale si usano

marcature permanenti come per esempio tatuaggi, il taglio della falange, inserimento di microchip sottocutanei, oppure marcature temporanee. Tra esse la tecnica della rasatura del pelo nei piccoli Mammiferi (illustrata nei dettagli nel paragrafo 7.4.), la colorazione o decolorazione delle penne negli Uccelli, le light tag attivate tramite chemio luminescenza, i collari o le placche metalliche su ali o orecchie, radio tracking e uso di foto trappole. Rientrano inoltre nella categoria di monitoraggio diretto attivo, oltre all'uso di trappole, anche il conteggio con stimolazione acustica, il conteggio con richiami registrati, il conteggio con sorgenti di luce, il conteggio con cani da ferma.

Il monitoraggio indiretto invece non riguarda alcun contatto tra l'operatore e l'animale nel momento in cui si sta effettuando il monitoraggio, ma comprende solo la deduzione della presenza nell'area di indagine grazie al ritrovamento di segni di presenza, che possono essere stati lasciati più o meno recentemente. Questa ricerca di indici può essere come nel caso precedente passiva in cui l'operatore cerca appunto passivamente i segni di presenza della specie oggetto di indagine. Attraverso l'analisi e l'osservazione di questi indici di presenza si possono dedurre informazioni relativamente alla specie di appartenenza, al sesso dell'individuo, al periodo di tempo trascorso dal momento in cui sono state lasciate le tracce e quindi alla frequentazione dell'area. Le tecniche usate sono il rilevamento di impronte o di piste su terreno innevato, resti e segni di alimentazione, penne o peli per una successiva analisi in laboratorio per la determinazione dell'individuo attraverso il DNA barcoding, ritrovamento di grattatoi per quanto riguarda per esempio l'orso bruno, di tane, e di escrementi. In caso contrario con un monitoraggio indiretto attivo la ricerca degli indici è diciamo forzata, ad esempio tramite l'utilizzo di apposite trappole per pelo (Hair-tube, Hair-hook, ecc.) (A. Gagliardi, G. Tosi, 2012)

6.2. GIS

Geographic Information System (GIS) o Sistemi Informativi Territoriali (SIT), è un sistema informativo computerizzato composto un insieme di strumenti hardware e software che permettono l'acquisizione, la memorizzazione, la registrazione, l'estrazione, l'analisi, la visualizzazione e la restituzione di informazioni derivanti da dati spaziali geografici (geo-referenziati) derivanti dal mondo reale. È dunque un sistema informatico in grado di associare a dati spaziali corrispondenti alla realtà, e dunque a ciascun dato geografico, una o più descrizioni alfanumeriche. Si differenzia da un CAD in quanto quest'ultimo gestisce dati spaziali ma non georeferenziati.

Essendo la terra un geode, la georeferenziazione dei dati non è uniforme su tutta la terra. Occorre quindi utilizzare un DATUM geodetico, cioè un sistema di rappresentazione della terra che consente di definire in termini matematici la posizione di punti sulla superficie terrestre. Si possono pertanto definire diversi modelli (datum) in funzione delle esigenze. È quindi sempre necessario associare alle coordinate di un punto il suo datum di riferimento, in quanto lo stesso punto, può avere coordinate diverse a seconda del datum utilizzato. Oltre al dato va definito inoltre il sistema di coordinate utilizzato per la proiezione (CRS), cioè il sistema usato per la trasformazione delle coordinate da "sferiche" a piane. Vi sono diversi modi ma tra i più usati vi è la cilindra trasversa di mercatore (UTM), la conica conforme secante di Lambert. Ogni parte del mondo va tarata con una propria combinazione di DATUM e CRS per poter essere rappresentato cartograficamente con il minor grado di distorsione possibile.

La cartografia tramite GIS può essere rappresentato in 2 diverse modalità: tematico e analitica. La cartografia tematica appunto come suggerisce il nome fornisce informazioni su un solo aspetto o particolarità del territorio rappresentato, come per esempio mettendo in rilievo gli aspetti fisici, antropici, economici, archeologici e dell'utilizzo del territorio, trova impiego in vari ambiti, come per esempio nello studio della distribuzione di una determinata specie vegetale o animale. La cartografia analitica

invece è di fatto l'insieme di più carte tematica, con il risultato di una cartografia con un alto livello di informazioni. La rappresentazione del mondo reale attraverso la cartografia ha per forza bisogno di una semplificazione delle forme. Per fare questo GIS usa poche semplici classi geometriche (entità), ma che hanno la caratteristica di poter essere compatibili con il linguaggio informatico. Queste classi geometriche sono racchiuse in strati informativi contenenti entità omogenee. Esistono strati informativi di tipo:

- Vettoriale: insieme di dati spaziali discreti con confini definiti. Le forme usate sono; punti (insieme di coordinate X;Y), linee (insieme ordinato di punti) o poligoni (insieme di linee in cui il primo punto è uguale all'ultimo). Possono derivare da foto aeree, GPS, digitalizzazione, mappe cartacee, raster, rilievi diretti in campo, CAD e su di esse sono possibili operazioni di overlay topologico come il "buffer", il "clip", l'unione e la differenza.
- Raster: insieme di dati spaziali distribuita in maniera continua nello spazio, derivanti per esempio da sensori aerei o satellitari, GPS, scansione, elaborazioni numeriche. Sono formati da matrici (bande) di $r \times c$ celle (o pixel); le celle solitamente sono quadrate, di lato l (risoluzione spaziale). Su di esso sono possibili operazioni di map algebra (medie e sottrazione tra raster, funzione globale, focale e zonale), classificazione della superficie del pianeta. Ai dati in formato raster si può aggiungere la dimensione z , arrivando così ai modelli TIN (Triangulated Irregular Network) e DTM (Modelli Digitali del Terreno).

L'unione di tutti i possibili strati informativi rappresenta in maniera completa il sistema "mondo reale", ma il valore aggiunto è dato dagli attributi rappresentanti i dati spaziali. Questi attributi si presentano sotto forma di tabelle e sotto tabelle tutte in relazione tra loro e unite da "chiavi". Per ogni tipo di attributo (come per esempio, sesso, specie età, parcella) vengono utilizzati dei codice, e ad ognuno di

essi corrisponde una seconda tabella che ne spiega il significato in modo esteso. Questo viene fatto per rendere i dati il meno ridondanti possibile per facilitare le operazioni del software. GIS inoltre dà la possibilità di effettuare diverse operazioni tra strati informativi, come per esempio fare giunzioni (joins) usando il linguaggio SQL.

6.3. Monitoraggio faunistico mirato

Effettuare un operazione di monitoraggio “mirato” consiste nel percorrere alcuni transetti campione e segnare su carta per ognuno di essi ogni segno di presenza reperibile delle specie più rilevanti presenti nel parco segnando con il codice appropriato la specie e il tipo di indice trovato e indicazioni aggiuntive come il livello di copertura nevosa o di nuvolosità. Lo scopo del monitoraggio

faunistico mirato è quello di ottenere, nel tempo, serie storiche di dati tra loro confrontabili, per una verifica della dinamica della distribuzione e delle abbondanze delle specie di prioritario interesse. Per fare questo occorre coprire in modo esaustivo tutto il territorio del Parco, secondo un protocollo il più possibile standardizzato, considerando il rilevamento della fauna prioritario rispetto alle altre finalità del Controllo. Per la realizzazione del monitoraggio, il parco procede dedicando ad ogni transetto una giornata lavorativa e coprendo tutti i transetti nel periodo ristretto relativo alla primavera. La zonizzazione del parco interessa 71 Aree previste dal Piano di Controllo Ambientale e, all'interno di esse, 71 Percorsi Campione

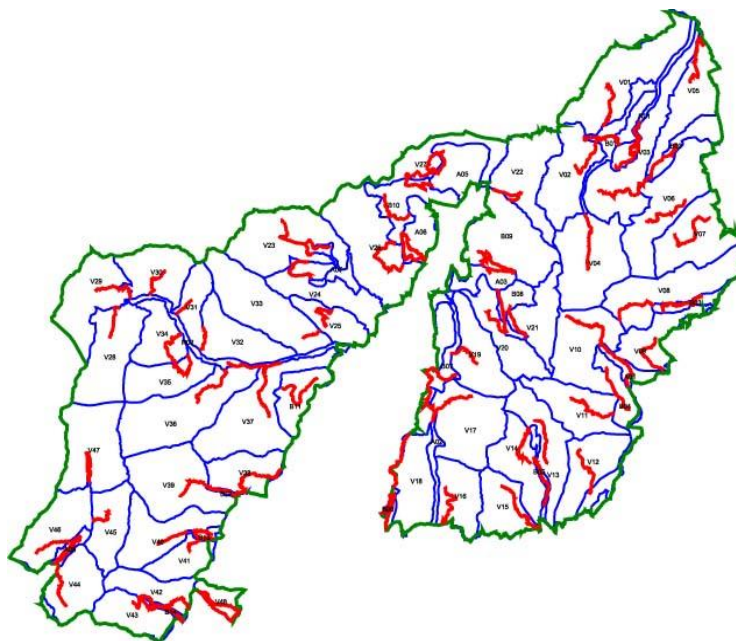


Figura 20: in verde il confine del Parco; in blu la parcellizzazione del parco; in rosso i transetti per ogni parcella.

definiti "Transetti", per una estensione complessiva di circa 213 chilometri.

La scelta di effettuare rilevamenti faunistici "mirati" nella stagione primaverile ha dei vantaggi che teoricamente porterebbero ad avere dei dati il più possibile precisi. Per esempio questo periodo coincide con la stagione degli accoppiamenti per molte delle specie di interesse, con conseguenti massimi livelli di contattabilità. Da un punto di vista pratico, questa scelta comporta un impegno molto elevato da parte dei Guardaparco ma unicamente in un solo periodo all'anno, nel quale come nota positiva al fine del rilevamento, è minore la frequentazione del territorio da parte dei turisti e come conseguenza una maggiore possibilità di "concentrare" l'attenzione sul rilevamento della fauna.

Nell'ambito delle singole Aree i rilevamenti faunistici verranno realizzati lungo Percorsi individuati in base alla cartografia tematica relativa alla sentieristica e alla conoscenza del territorio da parte del personale di vigilanza. Oltre a questo i "transetti" devono presentare alcune caratteristiche per poter essere appunto "mirati" per un'ampia gamma di specie. È stato definito in tre ore il tempo medio da utilizzare per la percorrenza di un transetto; conseguentemente sono stati individuati Percorsi campione di lunghezza media di tre chilometri. L' impegno spazio-temporale risulta funzionale anche a garantire un elevato grado di attenzione da parte dei rilevatori. La registrazione della durata dei rilevamenti (ora di inizio e ora di fine del percorso) consentirà anche in questo caso una quantificazione dettagliata dello sforzo di monitoraggio. Al fine di consentire una georeferenziazione dei dati di presenza faunistica verrà utilizzata, da parte dei rilevatori, l'apposita cartografia di dettaglio (Scheda per il Monitoraggio Faunistico Mirato). In tale cartografia il Percorso risulterà suddiviso in sub-unità, individuate sulla base delle diverse tipologie ambientali presenti (9 tipologie ambientali riassunte dalla carta della vegetazione del Parco). Tali sub-unità rappresentano gli elementi spaziali di riferimento per la localizzazione dei rilevamenti e, come tali,

verranno riportate nella scheda. Il monitoraggio si baserà, a seconda delle caratteristiche eco-etologiche e, conseguentemente, della diversa contattabilità delle specie di interesse, sia su un rilevamento diretto (contatti visivi a distanza o tramite manipolazione dei soggetti) che indiretto (rilevamento di emissioni sonore, feci, impronte, pelo ecc.). Necessario quindi per la realizzazione dei rilevamenti risulta l'impiego di un binocolo 8-10 x, oppure un cannocchiale 20-30 x.

5.1.1 Serie storica di monitoraggi mirati a confronto

I monitoraggi faunistici mirati sono effettuati dal parco dal 2005 ogni anno fino al 2012, e dal 2012 in poi ogni 2 anni. Questo porta ad avere la serie storica di dati negli anni 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 e 2014. Inserendo i dati nel programma GIS a fine anno, quelli relativi al 2016 sono presenti ma non ancora inseriti nel programma per cui per lo scopo del lavoro non verranno considerati. Lo strato informativo relativo agli indici trovati in campo è di tipo vettoriale puntiforme; ad ogni punto nella relativa tabella degli attributi sono presenti una serie di informazioni come accennato in precedenza. Il codice del transetto; il codice relativo alla specie, le indicazioni meteorologiche; la sigla relativa al tipo di indice trovato, il numero di indici trovati e infine l'anno in cui è stato effettuato il rilevamento. Ai fini di effettuare un'analisi relativa ai cambiamenti climatici è stato necessario aggiungere un valore di quota per ogni singolo punto georeferenziato e per rendere possibile questa rielaborazione sono state inevitabili alcune operazioni.

Utilizzando il programma ArcGis, sono stati caricati 2 strati informativi, uno in formato raster relativo al Modello Digitale del Terreno (DTM) dell'area del trentino e un altro strato vettoriale del confine del parco. Come primo passaggio è stato effettuato un buffer di 200 metri intorno al poligono rappresentante l'area del parco ottenendo un primo strato informativo vettoriale; come secondo passaggio si è effettuato un "clip" tra la DTM della zona del trentino e il primo strato informativo. Attraverso questo clip si è ottenuto un secondo strato

informativo in formato raster comprendente l'area del parco allargata.

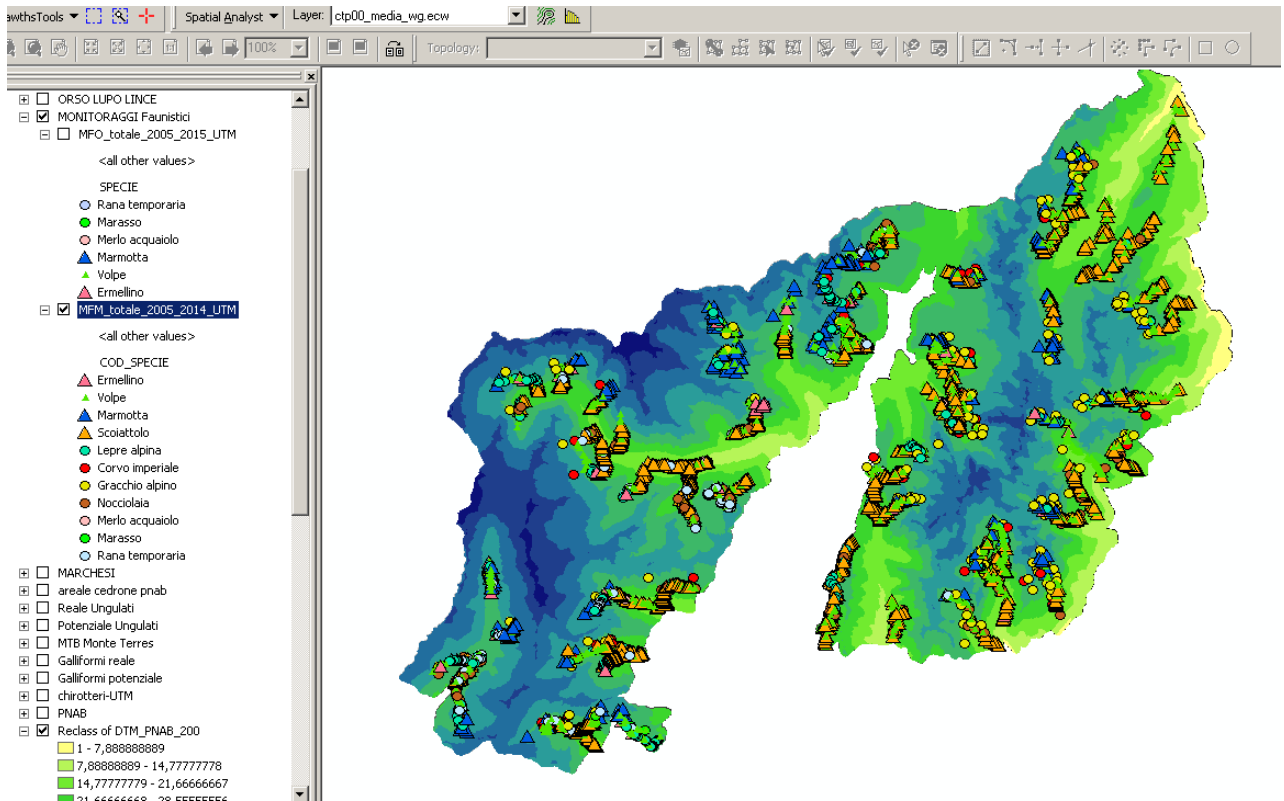


Figura 21: Screen della schermata GIS nella quale si nota acceso lo strato informativo relativo ai monitoraggi faunistici e la riclassificazione altitudinale del DTM.

Attraverso un comando di "join" è stato unito il file vettoriale dei monitoraggi faunistici al file raster del DTM relativo al parco ottenendo così nella tabella degli attributi del file relativo ai monitoraggi faunistici mirati (MFM) un'ulteriore colonna con i singoli valori di quota per ogni indice georeferenziato (figura 21). Essendo una quantità di circa 25.000 indici nei 9 anni presi in considerazione, vi era un evidente ridondanza di dati che rendeva difficoltosa la rielaborazione sotto forma di grafici. Per far fronte a questo problema lo strato informativo DTM dell'area del parco è stato riclassificato secondo classi di quota, ognuna di 50 metri (figura 22). Questo ha reso possibile raggruppare e quantificare il numero di indici trovati in ogni singola fascia altitudinale, per ogni specie animale e per ogni anno di monitoraggio. La tabella degli attributi con le 2 nuove colonne di Altitudine e Classe

di quota è stata trasferita su Excel per la trasformazione dei dati da tabulari in formato grafico. Le specie prese in considerazione su cui è stata fatta l'analisi sono la lepre alpina, il gallo cedrone, la pernice bianca, la marmotta, l'ermellino, il francolino di monte, il gallo forcello e la volpe. Quest'ultima essendo più comune e molto adattata a vivere in un range altitudinale molto ampio è stata considerata come specie confronto.

Utilizzando le tabelle Pivot presenti nel programma si sono raggruppati e sommati tutti gli indici relativi ad ogni singola classe di quota, e da queste tabelle, una per ogni specie scelta, sono stati creati poi dei grafici di confronto tra i dati del 2005 e 2014. I grafici risultanti sono i seguenti (fig e fig)

Range quota		Classe di quota	Range quota		Classe di quota
400	450	1	2000	2050	33
450	500	2	2050	2100	34
500	550	3	2100	2150	35
550	600	4	2150	2200	36
600	650	5	2200	2250	37
650	700	6	2250	2300	38
700	750	7	2300	2350	39
750	800	8	2350	2400	40
800	850	9	2400	2450	41
850	900	10	2450	2500	42
900	950	11	2500	2550	43
950	1000	12	2550	2600	44
1000	1050	13	2600	2650	45
1050	1100	14	2650	2700	46
1100	1150	15	2700	2750	47
1150	1200	16	2750	2800	48
1200	1250	17	2800	2850	49
1250	1300	18	2850	2900	50
1300	1350	19	2900	2950	51
1350	1400	20	2950	3000	52
1400	1450	21	3000	3050	53
1450	1500	22	3050	3100	54
1500	1550	23	3100	3150	55
1550	1600	24	3150	3200	56
1600	1650	25	3200	3250	57
1650	1700	26	3250	3300	58
1700	1750	27	3300	3350	59
1750	1800	28	3350	3400	60
1800	1850	29	3400	3450	61
1850	1900	30	3450	3500	62
1900	1950	31	3500	3550	63
1950	2000	32	3550	3600	64

Figura 22: Classi di quota con altezza corrispondente (metri)

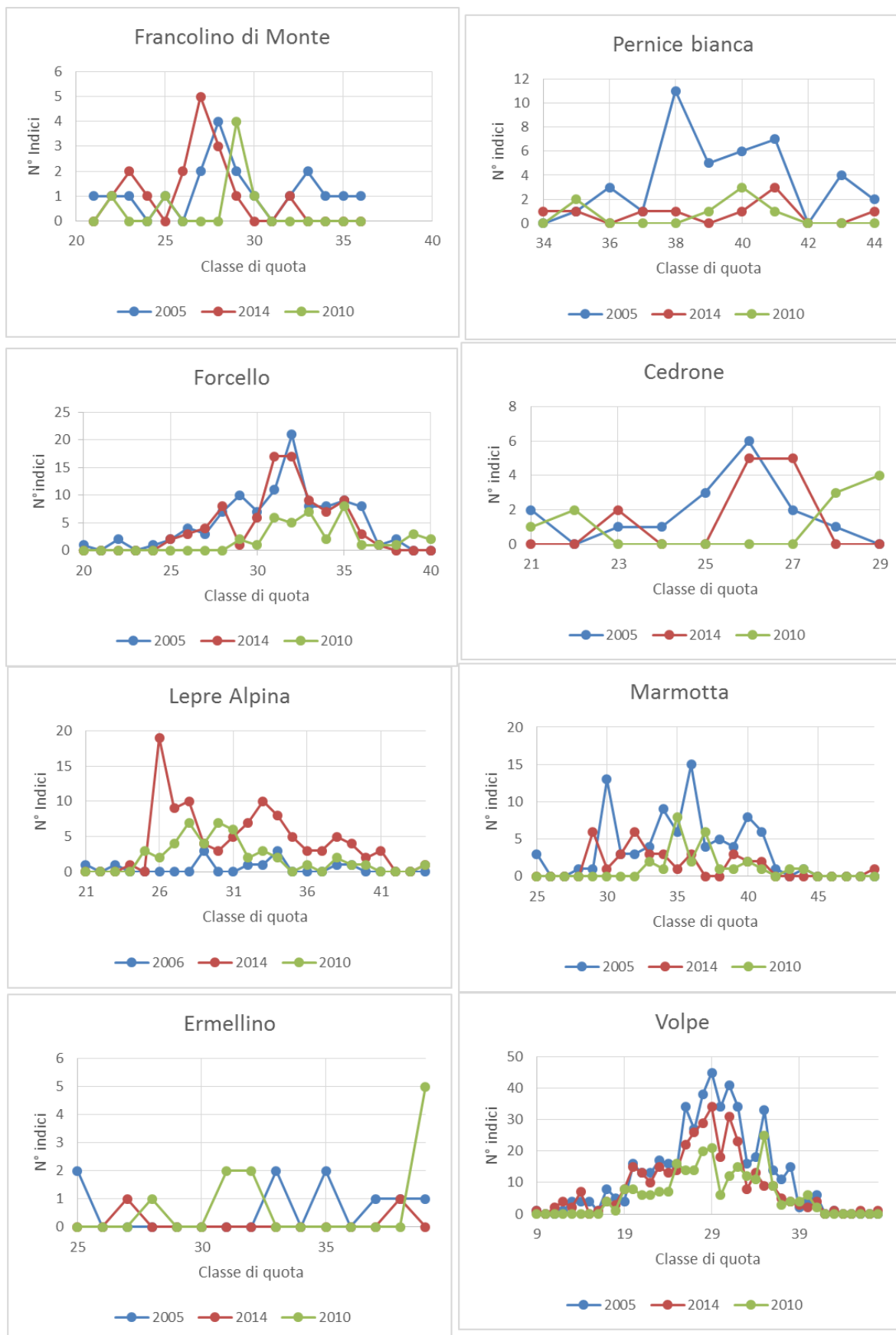


Figura 23: numero di indici trovati per ogni specie, per ogni relativa classe di quota, negli anni 2005, 2010, 2014.

Una considerazione generale imprescindibile che riguarda oltre a questo anche gli altri grafici presi in considerazione, visto che derivano tutti dallo stesso gruppo di dati, è il problema dell'esiguo numero di indici sul quale si basano i grafici. Abbiamo un minimo di zero ed un massimo di 20 indici per le specie prese in considerazione fatta eccezione per la volpe, che raggiunge in alcuni anni un massimo di 45 indici ritrovati, ed è stata presa appunto come specie confronto anche per la sua elevata reperibilità. Queste quantità, pur essendo derivanti da un monitoraggio importante, sono comunque esigue per estendere la loro veridicità e dare un valore assoluto al loro ritrovamento. Infatti prelevando gli indici unicamente lungo i transetti e alle aree strettamente limitrofe e solamente in un unico giorno, il loro ritrovamento risulta molto fortuito. Vi sono inoltre molteplici fattori che influenzano e alterano la ricerca, per esempio il clima del giorno stesso e dei giorni antecedenti il monitoraggio, un' importante nevicata o un acquazzone, che possono cancellare o coprire tracce o fatte; vento forte che copre le emissioni sonore di specie animali altrimenti rilevate; nebbia fitta che impedisce la visuale; importanti eventi di predazione; ecc.. . Un ulteriore fattore che determina la quantità degli indici ritrovati è l'errore umano. Trattandosi di un lavoro che richiede un grande impegno sia fisico che mentale ed essendo concentrato solo in un unico periodo dell'anno, questo monitoraggio mirato non può escludere l'esistenza di alcuni errori dovuti a disattenzioni o sviste.

Tenendo ben presenti queste considerazioni, osservando i grafici si possono comunque estrapolare interessanti valutazioni. Nella maggior parte dei casi (figura 23) dal 2005 al 2014 si nota una leggera riduzione del numero di indici ritrovati, molto evidenti per la pernice bianca, la marmotta e la volpe, fa eccezione però la lepre alpina, che negli ultimi anni nel parco risulta molto abbondante. Particolari sono i dati del 2010, in quanto risultano essere stati trovati ancora meno indici rispetto al 2014 e dunque anche rispetto al 2005. Questo aspetto riscontrabile nella maggior parte delle specie prese in considerazione porta a riassumere il ritrovamento degli indici lungo i transetti in un

unico trend; dal 2005 al 2010, il numero di indici rinvenuti è diminuito notevolmente mentre dal 2010 al 2014 è aumentato ma rimanendo comunque al di sotto dei valori del 2005. A questo trend (riportato con scala logaritmica in figura 24) fanno eccezione solo la lepre e l'ermellino. Andando nello specifico vi sono alcune anomalie che è bene illustrare in quanto casi particolari. Per quanto riguarda la lepre alpina, a quota 1650-1700 metri nel 2006 non è stato rinvenuto nessun indice di presenza mentre nel 2014 ben 19.

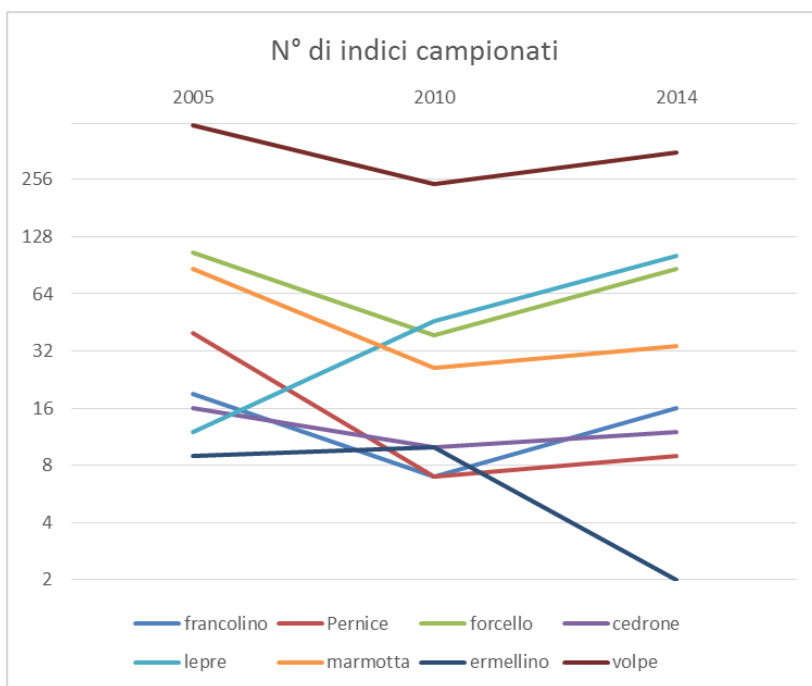


Figura 24: numero cumulato di indici trovati complessivamente negli anni 2005, 2010, e 2014 per le 8 specie considerate. (Valori in scala logaritmica)

Sempre per quanto riguarda la lepre, nel 2005 il limite altitudinale al quale sono stati rinvenuti indici era 2100 metri, nel 2014 era 2600 metri questo forse dovuto al fatto che, come già detto in precedenza, la lepre negli ultimi anni si sta espandendo nell'area del parco. Per quanto riguarda la marmotta e la volpe, nel 2005 il limite al quale sono stati trovati indici era rispettivamente di 2600 e 2500 metri mentre nel 2014 si è alzato di circa 300 metri arrivando a 2850 metri per la marmotta e 2800 per la volpe. Analogamente al 2014 anche i dati del 2010 riportano alcune anomalie riguardanti l'aumento di indici ad alte quote rispetto agli anni 2005 e 2014; abbiamo per esempio nel caso

dell'ermellino, del gallo cedrone e del forcello la presenza di indici in numero anche superiore al doppio di quelli trovati negli altri 2 anni.

Prendendo invece in considerazione tutti e 9 gli anni del monitoraggio e facendo una media altitudinale a cui ogni indice per ogni specie per ogni anno sono stati trovati, sono risultati i seguenti grafici. (figura 25). Diremo già ora che i dati relativi all'ermellino nel 2006 sono mancanti per questo motivo nei grafici non risulta alcun dato.

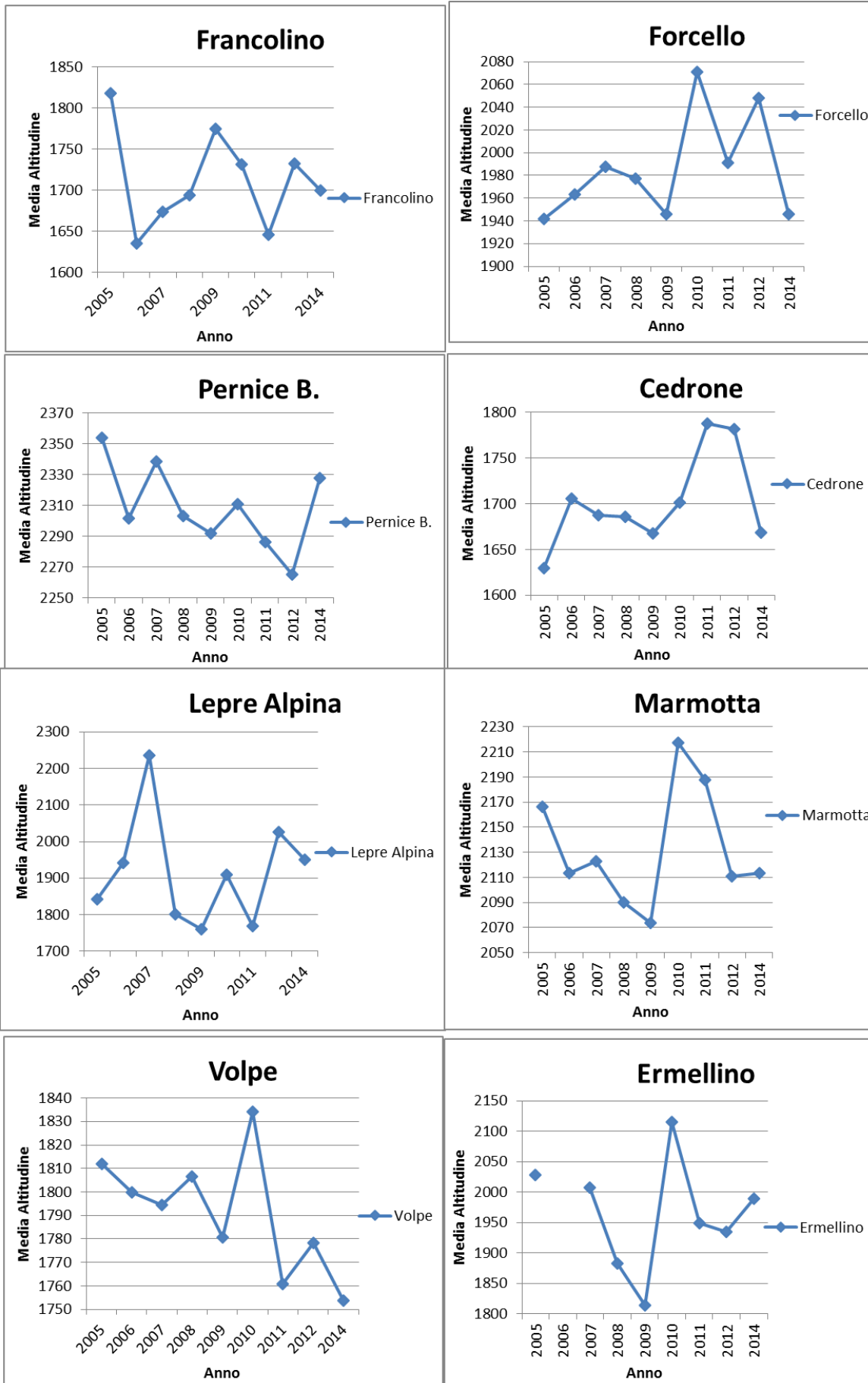


Figura 25: Media altitudinale alla quale sono stati trovati gli indici relativi alle 8 specie.

Anche in questo caso da uno sguardo generale si può dire che si nota una leggera diminuzione dell'altitudine media alla quale sono stati rinvenuti gli indici fino ad arrivare al 2009, dopo di che si nota uno sbalzo altitudinale che porta con il 2010 al record di media altitudinale più elevata negli anni del monitoraggio, per poi tornare con il 2014 a diminuire. Questi picchi sono ben evidenti per la marmotta, l'ermellino, la volpe, il gallo cedrone il forcello e il francolino, e meno evidenti per la lepre e la pernice. Come dati importanti abbiamo l'aumento dell'altitudine media del ritrovamento di indici di 120 metri tra 2005 e 2010 per il forcello; 160 metri tra 2005 e 2011 per il cedrone; 400 metri tra 2005 e 2007 per la lepre alpina; 150 metri tra 2009 e 2010 per la marmotta; e 300 metri tra 2009 e 2010 per l'ermellino. Contrastante all'andamento generale delle altre specie è la pernice bianca in quanto negli anni del monitoraggio sembra aver diminuito la media altitudinale alla quale sono stati rinvenuti gli indici abbassandosi di circa 100 metri tra 2005 e 2012. Così come si hanno degli innalzamenti medi nel 2010, si notano anche dei picchi di diminuzione nel 2009 e nel 2014 ben visibili per tutte le specie analizzate.

Un'analisi più accurata risulta nei grafici di figura 26 dove sono stati presi in considerazione sempre i dati relativi alle quote alle quali sono stati ritrovati gli indici, per ogni specie e per ogni anno, ma sono state estrapolate invece che la media, la mediana (o secondo quartile), il primo e terzo quartile e i valori massimi e minimi di quota (quartile zero e quarto). Il risultato ha lo scopo di illustrare in modo dettagliato la forma della distribuzione dei dati in modo completo. Ogni quartile (o rettangolo nel grafico) rappresenta il 25% (1/4) dei dati totali per ogni anno e dunque per ogni specie presa in considerazione. La distanza tra il primo e il terzo quartile determina la distanza interquartile (Q3-Q1) ed è la distanza che racchiude il 50% dei dati intorno alla mediana. A primo impatto notiamo una distribuzione molto ampia soprattutto in alcuni anni, come per esempio la pernice bianca nel 2006 e l'ermellino nel 2012, per citarne alcuni. Andando nel dettaglio possiamo notare però come il 50% dei dati (quadrati rossi e blu nella figura) risulta trovarsi con un intervallo relativamente ristretto intorno al

valore di mediana. Dunque consegue che ad una minore area di questi rettangoli corrisponde una più alta concentrazione di dati, portando quindi ad un maggiore precisione intorno al valore medio. Questo tipo di rappresentazione denominata "box plot" è molto utile come nel nostro caso per mettere a confronto delle distribuzioni di dati altitudinali tra anni diversi.



Figura 26: Distribuzione dei dati (espressa in quartili) relativi alle quote alle quali sono stati trovati gli indici relativi alle 8 specie considerate. (L'asse delle ordinate differisce per ogni

specie e ha diverse scale di riferimento)

Notiamo per esempio prendendo in considerazione la volpe, che i dati sono presenti dai 760 ai 2800 metri, ma il 50 % dei dati sono stati trovati tra i 1630 e i 1970 metri. Tra tutti spiccano i dati dell'ermellino nel 2009 dove in soli 100 metri sono stati trovati il 50 % dei dati; e ancora la marmotta e il gallo forcello nel 2010 hanno mancanza di dati a basse quote dove negli altri anni invece vi erano dei ritrovamenti. Sempre relativamente al 2010 vi è una distribuzione anomala di concentrazione di dati, infatti la maggior parte dei dati si trovano alle quote più elevate in quell'anno e questo è valido per la maggior parte delle specie considerate.

La molteplice correlazione tra questi dati, sia per i grafici di figura 23, figura 25 che figura 26, fa pensare ad una causa comune che ha portato, in tutte le specie analizzate, a degli spostamenti medi locali negli stessi anni, o per lo meno solo per le loro tracce che sono state georeferenziate. I monitoraggi faunistici mirati sono messi in pratica, come già detto, nel periodo primaverile, questo fa pensare che sia l'andamento dell'inverno relativo all'anno del monitoraggio a modificare le abitudini degli animali. Andando a verificare soprattutto i dati relativi all'inverno 2009/2010, essendo stato globalmente l'anno con un maggiore grado di anomalia, i dati trovati sono risultati interessanti.

I grafici presi da meteo trentino riportano i dati di piovosità e temperature relativi appunto all'inverno 2009/2010 (figura 27 e 28). Quello che si nota è che in tutte le stazioni dell'area del trentino si è registrata una temperatura media invernale molto al di sotto della media degli anni 1978-2005. In concomitanza con questo freddo anomalo, i dati di piovosità non sono da meno. Infatti anche in questo caso in tutte le stazioni sono stati registrati valori di piovosità corrispondenti quasi al doppio delle medie degli anni 1961-1990 e 1978-2005.

Complessivamente però l'estate 2010, che non risulta compromettente per i dati del monitoraggio faunistico dello stesso

anno, dà un valore aggiunto a quello che è l'andamento molto anomalo dell'anno. È stata un'estate molto calda con picchi molto importanti, si osservano infatti valori superiori alla media in tutte le stazioni con anomalie fino a 1,5°C (Folgaria e Trento Roncafort) rispetto al periodo 1978-2005 e fino a 2,4°C (Sant'Orsola e Folgaria) rispetto al periodo 1961-1990. (R. Barbiero, E. Panettieri, 2011). Questi eventi estremi di temperatura si sono registrati oltre in trentino e quindi sulle alpi anche a livello globale e il National Oceanic and Atmospheric Administration indirizza le cause di questi scompensi alla variazione della "El Niño – Southern Oscillation" (ENSO) cioè della fluttuazione periodica nella temperatura superficiale del mare (El Niño) e della pressione dell'aria dell'atmosfera sovrastante (Southern Oscillation) sull'area equatoriale dell'Oceano Pacifico, che ha influito in molte aree del mondo. Le variazioni di El Niño sono un fenomeno normale e ciclico ma nell'anno 2010 ha avuto influenze maggiori in tutto il mondo. In conseguenza a tali variazioni ad esempio l'emisfero nord ha registrato uno degli inverni più freddi e nevosi in molte aree dell'Europa, dell'Asia, e della parte orientale del Nord America mentre è stato tra i più caldi ad esempio in Canada e nella Tundra Artica. Numerose ed eccezionali sono state le ondate di calore e senza dubbio tra esse merita di essere menzionata quella osservata in Russia tra giugno e agosto che ha fatto registrare il record di temperatura a Mosca, 38,2°C il 29 luglio, e ha causato numerosi decessi tra la popolazione. (R. Barbiero, E. Panettieri, 2011).

Come già detto inoltre nelle stagioni di monitoraggio del 2009 e del 2014 si nota un abbassamento delle quote medie alle quali sono stati rinvenuti gli indici. Una spiegazione plausibile può essere attribuita ai dati di neve fresca al suolo cumulata. Come si può vedere dal grafico di figura 29 l'inverno 2008/2009 è stato il più nevoso dall'86' insieme all'inverno 2013/2014 con valori di neve fresca superiori al doppio rispetto alla media.

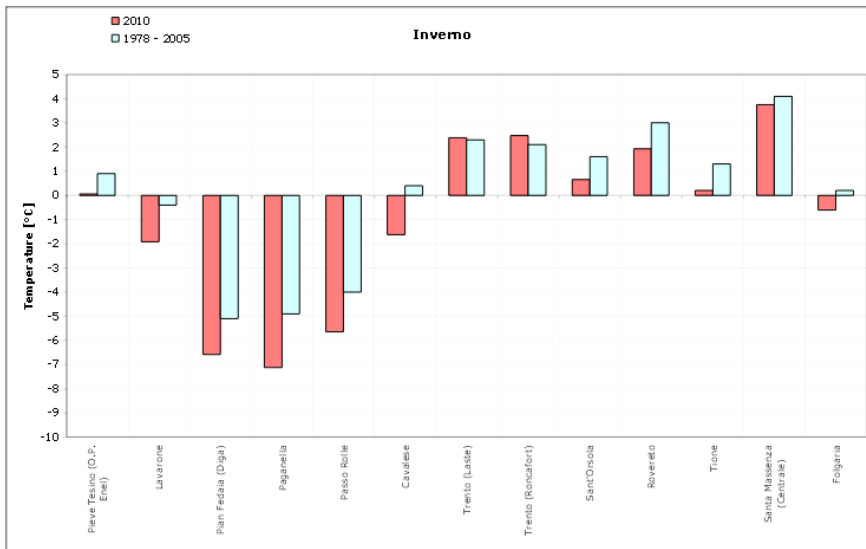


Figura 27: andamento delle temperature medie nell'inverno 2010.

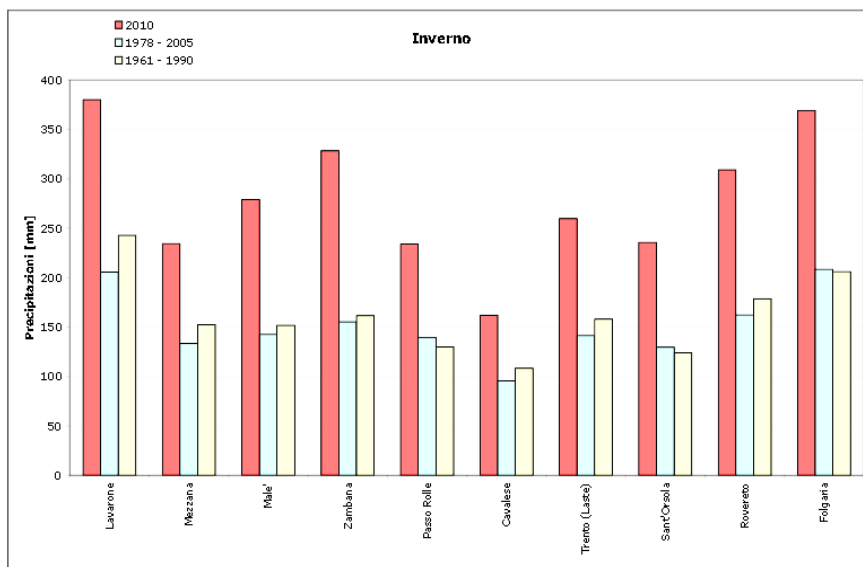


Figura 28: andamento delle precipitazioni medie dell'inverno 2010.

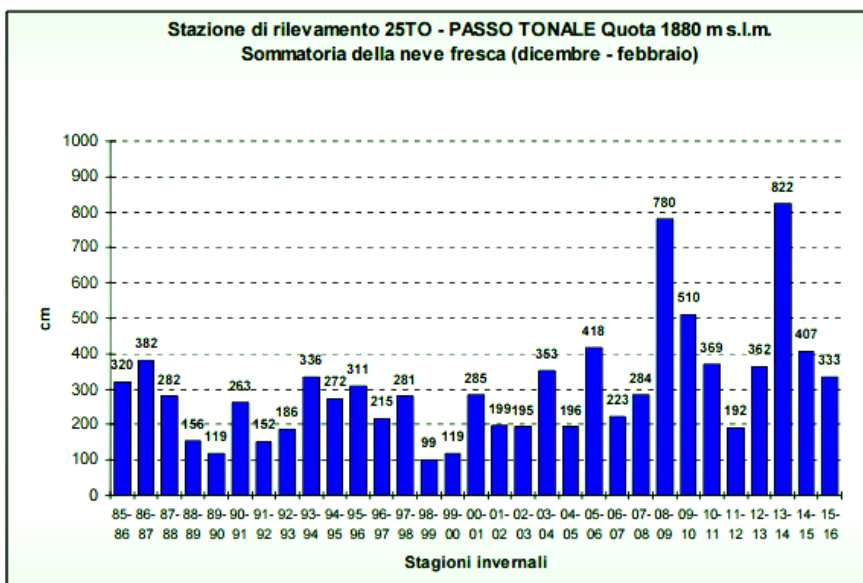


Figura 29: sommatoria della neve fresca negli inverni dal 1985-86 al 2015-16

6.4. Monitoraggio faunistico occasionale

Il monitoraggio "occasionale" è svolto dagli enti del parco come attività secondaria affiancata ai normali lavori di controllo del territorio, come per il monitoraggio "mirato" è orientato a coprire in modo il più possibile esaustivo tutto il territorio del Parco ma, al tempo stesso, senza considerare il rilevamento della fauna prioritario appunto alle altre finalità del Controllo Ambientale. Dunque sono utili allo scopo di questo tipo di monitoraggio tutta la serie di uscite sul campo previste dal Piano di Controllo Ambientale e devono coprire tutta la zonizzazione del Parco.

Tale scelta consente l'effettuazione di rilevamenti faunistici nell'arco dell'intero anno, sia con il vincolo invernale della copertura del territorio a causa neve sia uno sforzo di monitoraggio che varia al variare della stagione e delle differenti aree da percorrere. Nel lato pratico l'attenzione dei Guardaparco non è diretta in modo specifico ed esclusivo al rilevamento della fauna, ma simultanea alle altre attività di controllo del territorio. Per poter quantificare realmente lo sforzo impiegato in ogni singola area al variare delle condizioni ambientali è importante che ogni Guardaparco indichi ad ogni uscita, la durata della presenza in ogni singola Area. In qualsiasi caso l'attività di monitoraggio faunistico occasionale, non comporta un impegno aggiuntivo, in termini temporali, da parte dei Guardaparco, rispetto alle azioni previste dal normale Controllo Ambientale.

Per il rilevamento dei dati faunistici verrà utilizzata, analogamente al monitoraggio "mirato", l'apposita Scheda per il Monitoraggio Faunistico Occasionale, ma verranno escluse dal monitoraggio le specie più comuni e facilmente reperibili. Oltre a questo fattore, anche i dati indiretti verranno messi in secondo piano (focalizzati solo ad alcune specie in particolare), lasciando spazio ai soli rilevamenti diretti come per esempio i contatti visivi a distanza. Risulta necessario come per il monitoraggio "mirato" l'impiego di un binocolo 8-10 x, oppure quello di un cannocchiale 20-30 x.

7. Risultati e discussione

7.1. Specie che risentono di una variazione altitudinale

7.1.1. Pernice bianca

Tra gli uccelli a distribuzione boreo-alpina, la pernice bianca (*Lagopus mutus*) è uno degli esempi di specie in forte declino a causa di fattori ambientali ed in particolare per la riduzione di copertura nevosa e perdita di habitat sommitali. A dimostrare questo è uno studio effettuato sulle alpi svizzere che dimostra che la popolazione di pernice ha avuto una significativa diminuzione della popolazione negli ultimi dieci anni e il cambiamento climatico è stata proposta come una potenziale causa. Sono state individuate come variabili la vegetazione e quindi il tipo di habitat della pernice, opportunamente verificato con i dati reali, ed è stato proiettato uno scenario rappresentativo del 2070 basandosi sui dati attesi di temperatura. Si è giunti dunque alla rappresentazione cartografica della distribuzione attuale e potenziale della pernice nelle alpi svizzere in concomitanza con i cambiamenti climatici attesi. Nella figura 30 l'immagine A rappresenta i dati a meso-scala e l'immagine B rappresenta i dati a macro-scala (rispettivamente con granulometria di 1 e di 100 km²), in funzione delle variabili bioclimatiche e della copertura del suolo. I modelli prevedono che, sulla base di un aumento della temperatura durante la stagione riproduttiva, l'habitat potenziale sarà diminuito fino a due terzi nel 2070. Allo stesso tempo è previsto lo spostamento di habitat potenziale verso quote più elevate. L'approccio multi-scala evidenzia la reale portata di habitat potenziale per questa specie, con la sua distribuzione a chiazze (distribuzione insulare) tipica di un ambiente ripido. L'analisi su piccola scala individua le aree chiave di habitat che hanno maggiore probabilità di venire perse, mentre l'analisi a grande scala mostrano dove più

probabilmente l'areale verrà frammentato. (R. Revermann, H. Schmid, N. Zbinden, R. Spaar, B. Schröder, 2012.)

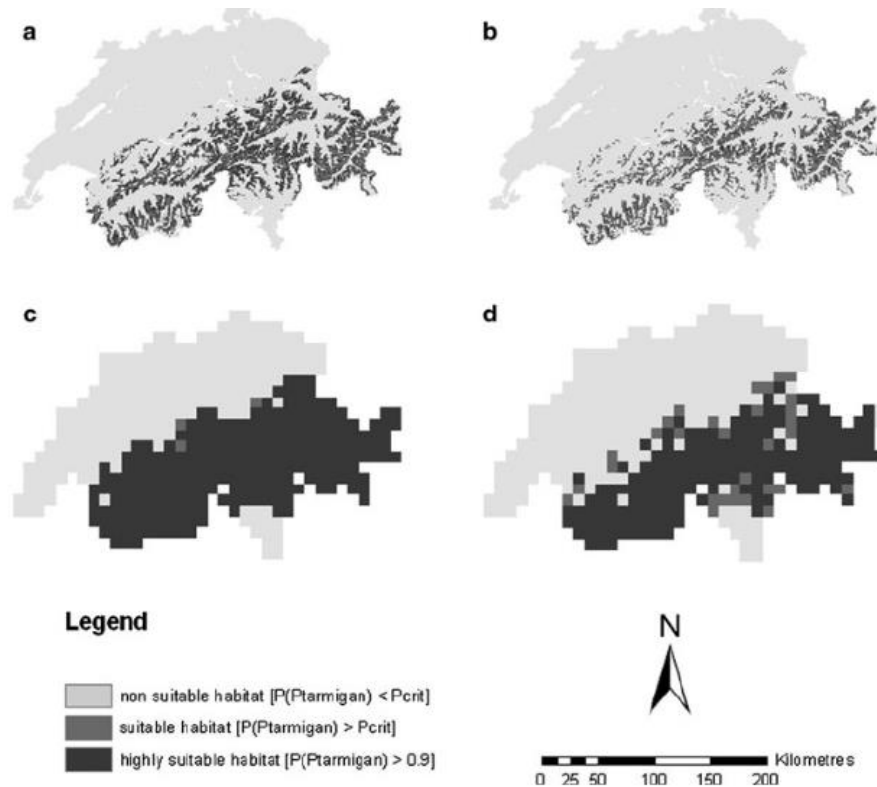


Figura 30: dati relativi agli areali attuali (sinistra) e potenziali nel 2070 (destra) con grado di risoluzione di 1 km (alto) e 100 km (basso).

Nell'area del Parco però i risultati derivanti dal monitoraggio di discostano da quanto viene esposto in letteratura. Si nota infatti un trend di diminuzione dell'altitudine alla quale si ritrovano gli indici di presenza di questa specie.

7.1.2. Gallo Cedrone

Il parco naturale Adamello Brenta ha svolto in collaborazione con l'ufficio faunistico e la provincia autonoma di Trento un progetto della durata di 4 anni sul gallo cedrone. Più nello specifico, lo studio ha avuto lo scopo di confrontare sotto il profilo della struttura arborea (copertura, diametri, area basimetrica etc.) e della composizione erbacea ed arbustiva, le aree attualmente utilizzate dal gallo, con altre frequentate solo in passato. Come secondo scopo legato al primo, è stata la

ricerca di elementi che facessero pensare che, come ipotizzato da molti, a causa del riscaldamento globale le aree distributive di cedrone si stiano alzando di quota in risposta alla necessità di condizioni climatiche più favorevoli.

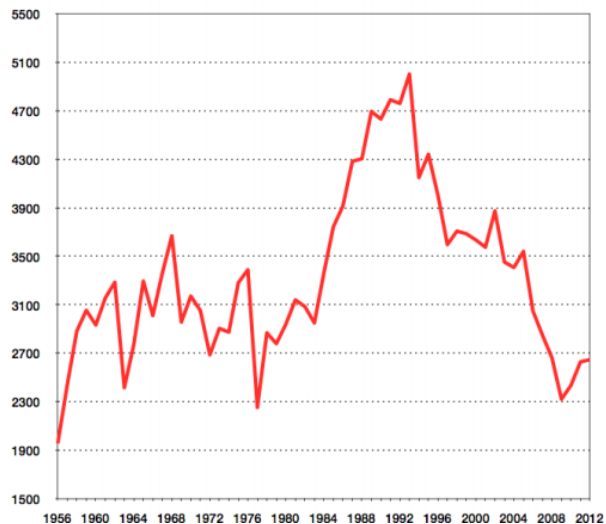
Attraverso lo sviluppo di un modello di valutazione ambientale (MVA), a partire dalla distribuzione del cedrone durante il periodo riproduttivo, è stato possibile confrontare i dati rilevati in prossimità delle sole arene attive, con quelli disponibili per l'intera area di studio, contenuti nei piani economici forestali. Ad ogni particella forestale è stato associato un valore indicativo dell'idoneità dell'ambiente al gallo cedrone, permettendo di arrivare ad una rappresentazione cartografica della distribuzione potenziale della specie. Per verificare la bontà del risultato ottenuto, il MVA è stato confrontato con una carta della distribuzione reale del tetraonide e con un MVA analogo realizzato nel 2008 dal Servizio Foreste e Fauna della Provincia Autonoma di Trento, basato su dati relativi alla distribuzione reale annuale. A conferma dei risultati le aree distributive negli ultimi anni sembrano essere in graduale innalzamento. Tale fenomeno, tanto evidente nel confronto tra il MVA del 2008 con quello del 2010, può essere compreso e giustificato considerando anche l'ipotesi più che plausibile che la specie possa frequentare, durante l'inverno, aree poste a quote leggermente inferiori rispetto a quelle frequentate durante il periodo riproduttivo. È evidente quindi come la distribuzione delle aree riproduttive sia in grado di influenzare la distribuzione annuale della specie. (A. Mustoni, S. Chiozzini, R.Chirichella, F. Zibordi, M. Armanini, 2013).

7.2. Specie che subiscono scompensi biologici o alterazione dei ritmi naturali

7.2.1. Stambecco

Oltre agli studi e alle analisi per la reintroduzione dello stambecco sulle Alpi per importanti valori di conservazione della biodiversità, questo animale è stato oggetto di studi anche per quanto riguarda il cambiamento climatico. Uno studio effettuato nel parco dell'Adamello (G. Fiorese, M. Gatto, G. Ranci, G. De Leo, 2005) rivela che i cambiamenti climatici influenzeranno la distribuzione e la consistenza della popolazione di stambecchi in funzione dell'aumento di temperatura con la conseguenza che gli areali potenziali invernali si espanderanno rispetto a quelli attuali e gli areali estivi si contrarranno. Infatti, in estate si prospetta che si passa da 1.507 capi a 862 nel caso migliore e a 360 nel caso peggiore in cui le temperature siano veramente elevate; mentre in inverno si passa da 1.139 a 1.617 nel caso migliore e a 1.455 nel caso peggiore. La stagione critica per lo stambecco è dunque l'estate. Il riscaldamento globale dunque aumenta l'habitat disponibile invernale dello stambecco, ma provoca una consistente riduzione dell'habitat potenziale in estate, creando così un collo di bottiglia che influirà negativamente sulla capacità portante degli stambecchi nell'area del Parco.

Inoltre uno studio di A.R. Jacobson, A. Provenzale, A. von Hardenberg, B. Bassano, M. Festa-Bianchet nel 2004 ha dimostrato come il calo della nevosità media invernale registrato negli ultimi 20 anni sulle Alpi a causa dei cambi climatici



abbia ridotto la mortalità degli individui più vecchi che riescono a sopravvivere meglio durante gli inverni meno rigidi. Questa

situazione ha portato a un forte aumento della popolazione dal 1985 al 1993 quando essa ha raggiunto la cifra record di quasi 5000 individui.

A questo va aggiunto quanto elaborato dal Parco Nazionale del Gran Paradiso (N. Pettorelli, F. Pelletier, A. von Hardenberg, M. Festa-Bianchet, S. Coté, 2007) relativamente ad uno studio sulle praterie alpine. Queste praterie corrispondono in larga misura all'habitat dello stambecco (in particolare dei maschi), specie simbolo del Parco e interessata da un drastico crollo nella consistenza delle popolazioni (figura 31). Per valutare l'effetto dei cambiamenti climatici su questi ecosistemi è importante conoscere nel dettaglio cos'è cambiato nel recente passato, attraverso serie di dati quanto più possibile complete e ad alta risoluzione (spaziale e temporale). Per questo scopo i tradizionali metodi di raccolta dati sul campo risultano spesso insufficienti, in quanto vengono solitamente raccolti in funzione di specifici progetti (la cui durata è spesso limitata nel tempo) e in prossimità di *plot* puntuali (manca così la dimensione spaziale del fenomeno). Al contrario, possono essere molto utili i dati raccolti tramite telerilevamento (*remote sensing*) satellitare, grazie ai quali è possibile disporre di *dataset* spazialmente omogenei e completi, e caratterizzati da una maggior frequenza di raccolta; per queste ragioni sono sempre più usati negli studi ecologici.

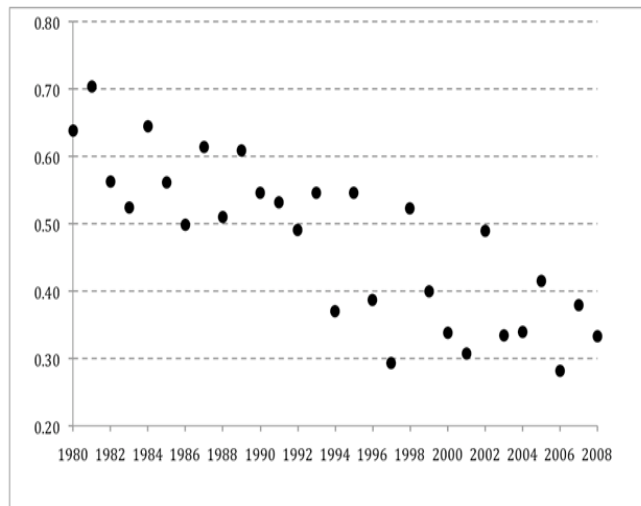
Dunque per sfruttare in modo significativo questi strumenti satellitari e per ricavare informazioni sulle superfici indagate il parco ha sfruttato le differenze nella riflessione della luce incidente: ad esempio, la clorofilla assorbe più luce blu e rossa rispetto a quella verde (e ancor più rispetto al vicino infrarosso), che viene quindi riflessa in maggior quantità. Rapportando quindi l'assorbimento effettuato nelle bande del vicino infrarosso a quello nelle bande del rosso, è possibile stimare, in ogni data formazione

Figura 31: numero di esemplari di stambecco nel parco nazionale del gran paradiso dal 1956 al 2012.

vegetale, il relativo stadio fenologico: ad esempio, in tarda primavera l'erba di una prateria alpina contiene più clorofilla di quanta ne conterrà a settembre, e quindi il rapporto tra luce infrarossa e luce rossa (riflesse) sarà maggiore. Questo studio realizzato in collaborazione con ricercatori canadesi (Università del Québec a Montreal), mostra come vi sia un anticipazione dell'inizio della stagione vegetativa in primavera.

Un effetto inaspettato correlato con questa diversa e progressiva anticipazione della stagione vegetativa è il calo nella sopravvivenza invernale dei piccoli capretti, fortemente diminuita passando da un valore medio del 58 % (percentuale di capretti che arrivano al primo anno di vita negli anni 1981-1990) a una media del 35 % negli ultimi 10 anni. (figura 32). L'ipotesi è che anticipando l'inizio della stagione vegetativa, al momento

della nascita dei capretti a fine giugno la qualità del foraggio è già ridotta e che dunque le nascite non risultano più essere sincronizzate con lo stadio vegetativo dei pascoli. Non



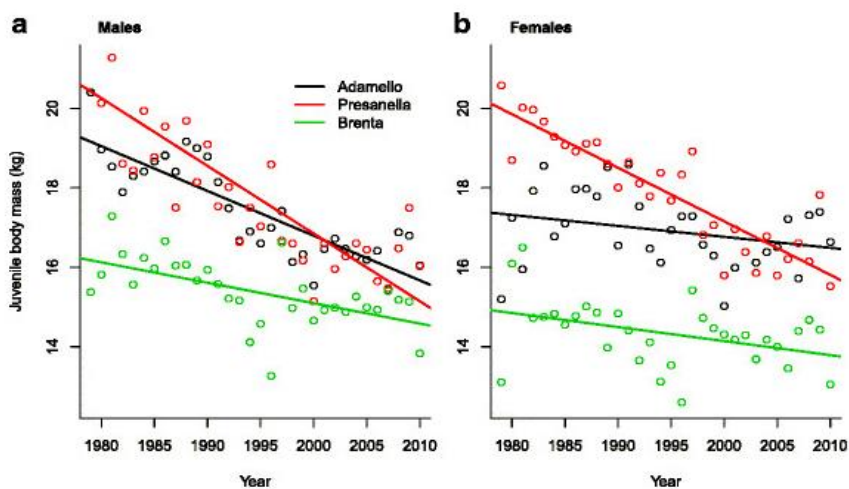
sopravvivendo la maggioranza dei capretti, il tasso di mortalità in questa classe di età supera il tasso di individui giovani che passano alla fase adulta (tasso di rimonta), con l'inevitabile conseguenza del calo nella popolazione totale.

Figura 32: sopravvivenza media dei capretti espressa in percentuale, dal 1980 al 2008.

7.2.2. Camoscio

Un' altra delle specie di interesse alpino è il camoscio, che

secondo una ricerca effettuata dal Dipartimento scienze della natura e del territorio dell'università di Sassari, e della School of biological and biomedical sciences della Durham University, negli ultimi anni sta avendo degli scompensi biologici proprio come effetto secondario dell'innalzamento della temperatura. (M. Apollonio, R. Chirichella, T. Mason, S. Willis, P. Stephens, 2014) Secondo questo studio gli individui giovani di camoscio alpino (*Rupicapra rupicapra*) oggi pesano in media il 25 % in meno rispetto agli animali della stessa età di 30 anni fa e nello stesso periodo, inoltre le temperature nella regione sono aumentate dai 3° ai 4° gradi centigradi nello stesso periodo. (figura 33) Connesso a questo vi è inoltre documentato un incremento della densità di popolazione per questa specie (figura 33). Una possibile causa possono essere i controlli più severi sulla caccia, oppure il potenziale ampliamento dell'areale in quanto il cambiamento climatico porta all'innalzamento del limite degli alberi e quindi dell'habitat adatto al camoscio. Unendo questi dati si può dedurre come il cambiamento ambientale abbia limitato la capacità degli individui di acquisire risorse e dunque abbia portato alla diminuzione di peso nel tempo. Tutto questo potrebbe essere dovuto ad un aumento dell'intensità della concorrenza per aumento della densità di popolazione ed alla diminuzione del tempo dedicato alla ricerca a causa delle alte temperature.



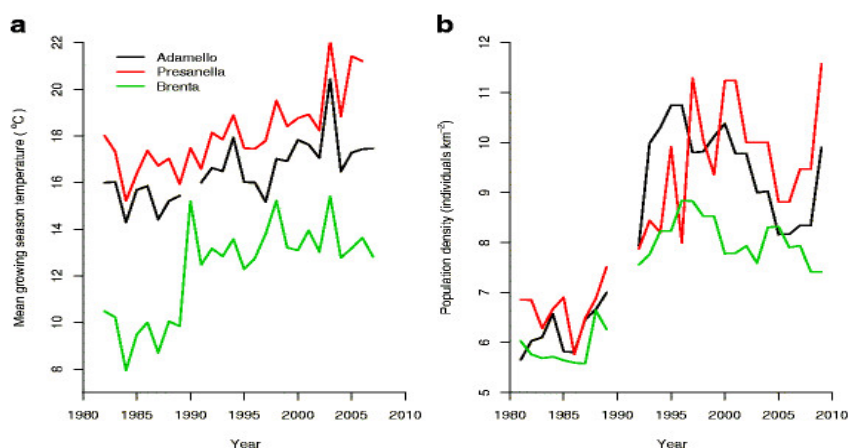


Figura 33: in alto, massa espressa in kg per maschi e femmine dal 1980 al 2010; in basso a sinistra, temperatura media dell'aria in 3 diverse zone (Adamello, Brenta, Presanella) sempre negli stessi anni; in basso a destra, densità media di camoscio per km² sempre negli stessi anni.

7.2.3. Ermellino e Lepre alpina

Per quanto riguarda l'ermellino e la lepre alpina, due delle nove specie di mammiferi ad ampia distribuzione, che effettuano la muta nella stagione sfavorevole, il cambiamento climatico può avere effetti non diretti, ma bensì posteriori e relativi alla poca adeguatezza di queste specie nei confronti dell'ambiente che cambia. I cambiamenti nella tempistica annuale nella quali si manifestano la primavera piuttosto che l'autunno o anche solamente la presenza o meno di neve al suolo, potrebbero essere la causa fatale della sparizione col tempo di molte specie animali e vegetali che negli ultimi sono state adattate ad un certo regime ambientale. La variazione di questi fattori può portare a mancate corrispondenze con i tempi biologici della riproduzione animale, della fine dell'ibernazione, o del periodo della migrazione, ecc..

L'annuale cambio di colore del mantello è un fenomeno regolato dal fotoperiodo, e un evidente conseguenza di questo cambio fenologico fronte alle stagioni neve abbreviate, porterebbe presumibilmente a una maggiore visibilità derivata dalla non corrispondenza tra un manto bianco invernale e uno sfondo senza neve. La non corrispondenza stagionale è di certo

un effetto rilevante per quanto riguarda i cambiamenti climatici. Questa mancata correlazione tra ambiente e biota porterà inevitabilmente ad un effetto negativo per il fitness dell'individuo e di conseguenza per la popolazione, infatti la muta mimetica si è evoluta nel tempo per sfuggire a predatori che cacciano visivamente.

Non è noto se la plasticità nell'avvio della muta o il tasso di cambiamento di colore del cappotto saranno in grado di ridurre la mancata corrispondenza tra il colore del mantello e uno sfondo sempre più privo di neve. Uno studio effettuato dall'università di Stanford rivela che è previsto la diminuzione della durata media annua del manto nevoso di 29-35 giorni verso la metà del secolo e di 40-69 giorni verso la fine del secolo. Senza un'evoluzione fenologica nel colore del mantello, la sempre più ridotta durata della neve aumenterà il numero di giorni in cui le lepri bianche saranno visibili su uno sfondo senza neve. (L. S. Millsa, M. Zimovaa, J. Oylerb, S. Runningb, J. T. Abatzoglouc, P. M. Lukacs, 2013.). Infatti da uno studio più recente effettuato nel 2016 risulta che sulla base di misurazioni di campo con lepri radiocollarate, il livello di predazione è aumentato a causa di una forte selezione sul colore del mantello con muta invernale da parte dei predatori. Questo ha portato la sopravvivenza settimanale delle lepri in muta invernale diminuita fino al 7%. (figura 34) (M. Zimova, L. S. Mills, J. J. Nowak, 2016).

Dalle analisi dei dati di monitoraggio faunistico effettuate dal 2005 al 2016 dal parco i risultati però sono ben diversi. Infatti nell'area del Parco Naturale Adamello-Brenta questa specie è in espansione e lo dimostrano l'aumento consistente di indici ritrovati nella sequenza dei 9 anni di monitoraggio.

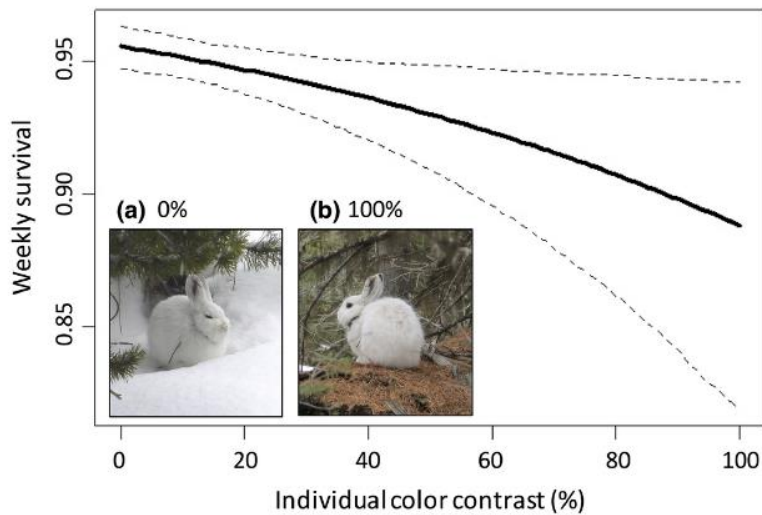


Figura 34: sopravvivenza media settimanale (in percentuale) degli individui a diversa percentuale di contrasto con il suolo.

7.2.4. Marmotta

Allo stesso modo sempre parlando di periodo invernale uno studio rivela le correlazioni tra periodo di ibernazione della marmotta e il cambiamento climatico. (D.W. Inouye, B. Barr†, K. B. Armitage, B. D. Inouye, 1999). Le marmotte tipicamente entrano ibernazione a fine agosto o inizio settembre. L'entrata in ibernazione avviene ben prima che inizino le nevicate consistenti e permanenti, e ancora prima dei primi giorni di gelo. Attraverso una regressione lineare si è dedotto che questa entrata in ibernazione si verifica ora 13 giorni più tardi di quanto abbia fatto nel 1973 (figura 35).

Durante l'ibernazione la neve fornisce un isolamento dalla temperatura fredda dell'aria (che raggiunge anche i -40°) e questo evita che il terreno si congeli. Questi cambiamenti possono essere da un lato favorevoli per le marmotte in quanto riducono i costi di letargo in termini di energia.

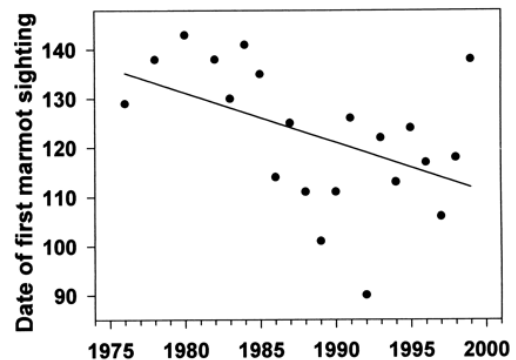


Figura 35: periodo di uscita delle marmotte dalle tane negli anni dal 1975 al 2000.

Allo stesso modo nel periodo primaverile, esse emergono dal letargo in anticipo rispetto a quanto facessero qualche decennio fa, ed uscendo dalle tane trovano ancora la neve sul terreno. E improbabile che l'altezza della neve influisca sulla cessazione del letargo perché le marmotte adulte interrompono spontaneamente il letargo seguendo i ritmi biologici. La frequenza di risvegli periodici aumenta verso la fine della stagione invernale/primaverile e risvegli frequenti permettono alle marmotte di valutare le condizioni ambientali e decidere se rientrare in stato di torpore oppure terminare l'ibernazione. Esse molto probabilmente usano la temperatura dell'aria come indice per decidere il momento di risveglio dal letargo (Figura 36) (D.W. Inouye, B. Barr†, K. B. Armitage, B. D. Inouye, 1999). Poiché si trova ancora neve sul terreno e nessuna pianta da mangiare disponibile le marmotte si trovano in condizione di attingendo alle rimanenti riserve di grasso per avviare la riproduzione. Rimanendo senza cibo per 2 settimane, il costo di mantenere una temperatura corporea elevata, può mettere in stato di stress crescente questi esemplari, con conseguenza diretta sulla loro fitness.

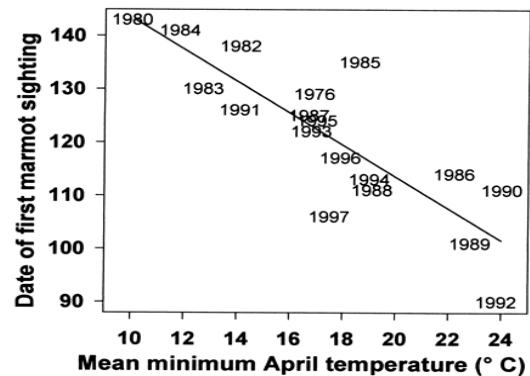


Figura 36: data di uscita delle marmotte dalle tane in relazione alla temperatura dell'aria.

7.3. Specie in espansione grazie al cambiamento climatico

Non per tutte le specie i cambiamenti climatici rappresentano un problema. Tra tutte il caso maggiormente discusso, forse perché riguarda in prima persona anche l'uomo, è quello sugli insetti in espansione. Appartenenti al phylum degli Artropodi, gli insetti vantano più di un milione di specie. Negli ultimi anni si è assistito ad una

espansione degli areali di molte specie di insetti cosiddetti "dannosi" in quanto vettori di malattie. La causa principale di questo fenomeno, di portata mondiale, è stata individuata nelle mutate condizioni climatiche, cui gli insetti in genere sono particolarmente sensibili. Infatti essendo organismi ectotermi (e quindi non in grado di regolare la propria temperatura), il loro ciclo biologico è strettamente regolato da fattori esterni (temperatura/umidità) ed anche la loro distribuzione ne è fortemente influenzata. Infatti la maggior parte degli insetti è di distribuzione equatoriale. Vista la stretta correlazione tra i cambiamenti climatici attualmente in atto e la diffusione di malattie infettive trasmesse da vettori, l'aumento costante della temperatura media nei prossimi decenni potrebbe ampliare l'area di distribuzione dei vettori, facendo crescere il rischio di espansione, introduzione e reintroduzione delle malattie.

Si è osservata un'espansione altitudinale della zecca dei boschi (*Ixodes ricinus*) in Trentino oltre ad un prolungamento dell'attività di ricerca degli ospiti (questing). I casi umani di encefalite virale (TBE) sono aumentati nel corso dell'ultimo decennio con comparsa di nuovi focolai in numerose regioni dell'arco alpino. (AA.VV, 2009)

Un altro esempio sono i pappataci (*Phlebotomus papatasi* Scopoli) vettori della Leishmaniosi, umana e canina, la cui distribuzione in Europa è limitata alle regioni temperate meridionali. L'area di endemia della leishmaniosi si è espansa negli ultimi decenni con un preoccupante aumento dei casi. Tale fenomeno, studiato nel dettaglio, sembra legato all'incremento medio della temperatura atmosferica che favorisce la diffusione dei vettori nelle regioni settentrionali fino ad ora non toccate e l'aumento della loro densità nelle regioni ove già presenti. (A. Natale, 2004)

Un altro tra i più noti vettori di malattie per l'uomo sono le zanzare. Tra di esse, specie diverse possono trasmettere la malaria e numerosi virus, alcuni dei quali causano malattie gravi, come la dengue. La malaria provoca ancora oggi milioni di morti ogni anno nel mondo. In Europa è debellata da anni, ma le specie di zanzare responsabili della

trasmissione sono ancora presenti in notevole densità soprattutto nelle regioni meridionali, per cui persiste il rischio di rinascita della malattia. Emblematico è il caso della zanzara tigre, specie tropicale, potenziale vettore di parecchi virus, introdotta in Europa da pochi decenni e al momento solidamente attecchita nel bacino del Mediterraneo ed in espansione verso nord. In particolare uno studio effettuato in Trentino (figura 37) mostra come la zanzara già attualmente presente nelle zone più meridionali, nel 2050 potrebbe espandersi anche fino alle città di Cles e nella val Rendena aumentando sensibilmente il suo areale. I dati sono stati modellati seguendo lo scenario predittivo del lavoro effettuato da E. Eccel. (D. Roiz, M. Neteler, C. Castellani, D. Arnoldi, A. Rizzoli, 2011) (U. Ferrarese, 2006)

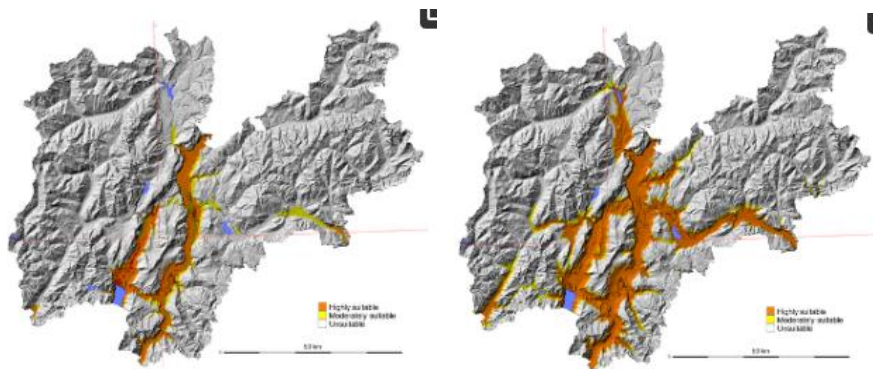


Figura 37: areale attuale della zanzara tigre in Trentino (a sinistra) e areale potenziale nel 2050 (a destra) .

Studi sulla processionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) dimostrano come questo insetto stia espandendo il proprio areale di distribuzione in conseguenza dell'aumento delle temperature minime che consentono una maggiore sopravvivenza delle larve. L'areale di distribuzione della specie è, infatti, determinato dalla temperatura invernale e dalla radiazione solare. Si è osservato uno spostamento di 110-230 m in quota nel periodo 1975-2004 in Italia e di 87 km in Francia nel periodo 1972-2004. Questi effetti sono imputabili ai progressivi aumenti di temperatura negli anni indicati. L'ondata di calore del 2003 invece ha permesso, grazie a una più sostenuta attività di volo, la rapida occupazione di nuovi siti verso quote più elevate e di nuove

piante ospiti, quale il pino mugo, oltre al pino nero e al pino silvestre, ospiti abituali. La buona capacità del parassita di conquistare nuovi siti e piante è dovuta, oltre all'adattabilità tipica di una specie colonizzatrice, alla mancanza di fattori di limitazione naturale che invece esistono nelle aree tradizionalmente occupate. L'esempio mette in luce la vulnerabilità degli ecosistemi forestali agli attacchi di insetti. Infatti, gli insetti sono in grado di rispondere in modo diretto e veloce all'aumento della temperatura grazie ai rapidi cicli di sviluppo, all'alto potenziale riproduttivo, alla elevata capacità di adattamento fisiologico alle mutate condizioni ambientali. (AA.VV, 2009).

7.4. Confronto tra 2 studi effettuati a distanza di 20 anni per le Arvicole

Nel 1996/97 era stata effettuata un'analisi sull'ecologia trofica dell'ermellino in una zona dell'Alta Val Nambrone nel parco Adamello-Brenta, per fare questo sono state posizionate griglie di trappole per stimare la presenza e la densità di piccoli Mammiferi tramite la tecnica di cattura-marcatura-ricattura (CMR), tecnica che reca meno disturbo agli animali. (A. Gagliardi, G. Tosi, 2012) Nel 1996 e nel 1997 sono state posizionate, una volta al mese, rispettivamente 2 e 3 griglie costituite da 4 trappole per lato con spaziatura di 4 m (per una superficie totale di 256 m²) nei siti risultati più idonei al campionamento delle diverse specie di piccoli Mammiferi. I campionamenti si sono protratti per 5-7 giorni, lasciando le trappole innescate ma non attivate per lo scatto (prebaiting) per le prime due notti onde abituare gli animali alla loro presenza, controllando le trappole due volte al giorno (all'alba e al tramonto, così da tenere gli animali in cattività il minor tempo possibile). Le trappole utilizzate sono di tipo "Sherman": parallelepipedi di alluminio (30 x 9 x 8 cm) con una estremità aperta ma munita di uno sportello la cui chiusura è determinata dalla pressione di un animale su di un predellino a scatto collocato all'interno della trappola stessa. In fondo ad essa

veniva giornalmente deposta dell'esca (frutta, granaglie, cereali, pane, carne, in modo da coprire un ampio spettro alimentare) insieme a materiale coibente (cotone idrofilo). Dell'animale catturato sono stati rilevati i parametri della specie appartenente e la presenza di eventuale marcatura pregressa. Infatti ciascun individuo catturato per la prima volta è stato marcato mediante la recisione di una o due falangette dell'arto anteriore o posteriore, assegnando ad ogni dito e ad ogni combinazione un valore numerico in modo da poter rendere agevole, nel caso di una eventuale cattura successiva, il riconoscimento dell'esemplare. Tale marcatura, effettuata sotto anestesia dell'animale (ottenuta mediante etere etilico), è risultata essere la più indicata per la sua praticità (sono possibili 171 marcature permanenti) e per il basso impatto sugli animali, la cui sopravvivenza non sembra essere negativamente influenzata. Oltre al codice di marcatura è stata registrata l'età (giovane, subadulto, adulto), stimata sulla base delle dimensioni e dello sviluppo degli organi sessuali; il sesso, valutato mediante la distanza uro-genitale (maggiore nelle femmine che nei maschi) o, più semplicemente, osservando i caratteri sessuali (discesa dei testicoli nei maschi, apertura vaginale e capezzoli nelle femmine). Inoltre la condizione riproduttiva, indicando per i maschi la posizione dei testicoli (addominale o scrotale) e per le femmine lo stato della vagina (chiusa o perforata) e la eventuale presenza di capezzoli ingrossati, indice di gravidanza o allattamento. Il peso, rilevato mediante dinamometri da 50 e 100 g; la lunghezza della coda, la lunghezza del piede posteriore, e la lunghezza del padiglione auricolare (misurate mediante un calibro di precisione). Oltre a queste anche la presenza di ectoparassiti e di ninfe di acari Trombiculidi nel padiglione auricolare e nell'area genitale. I dati raccolti sono stati di volta in volta riportati su di una apposita scheda, unitamente a data, ora, identificativo della griglia di trappole e della trappola in cui l'animale è stato catturato. (F. Zibordi, 1998)

Per quanto riguarda i risultati, le catture hanno evidenziato la presenza delle seguenti specie: Arvicola delle nevi (*Chionomys nivalis*), Arvicola campestre (*Microtus arvalis*), Arvicola rossastra (*Clethrionomys glareolus*), Topo selvatico (*Apodemus sylvaticus*), Topo selvatico collo giallo (*Apodemus flavicollis*) e Toporagno comune (*Sorex araneus*). La densità di *C. nivalis*, nonostante siano state rilevate variazioni stagionali nella abbondanza relativa, è risultata molto superiore rispetto a quella degli altri Arvicolidi, per i quali i dati non sono stati sufficienti per ottenere delle stime quantitative attendibili. (figura xxxxx)

Lo stesso monitoraggio è stato effettuato nell'estate 2016 senza essere però subordinato ad uno scopo come poteva essere quello dello studio sull'ecologia trofica dell'ermellino.

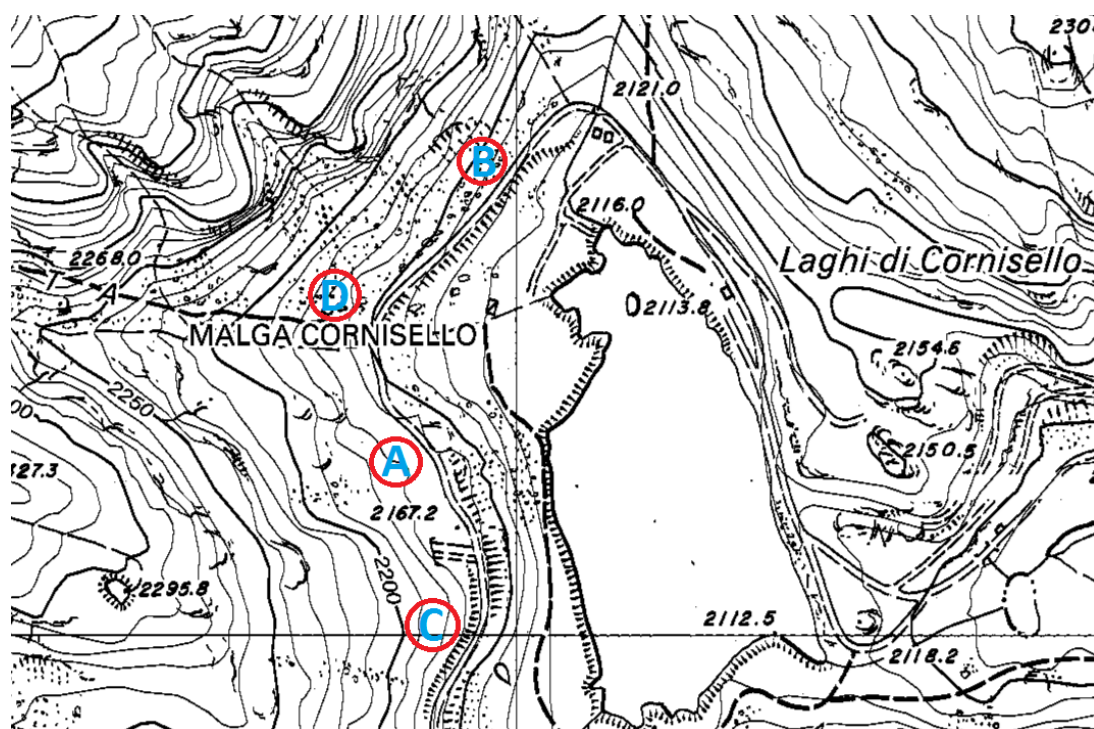
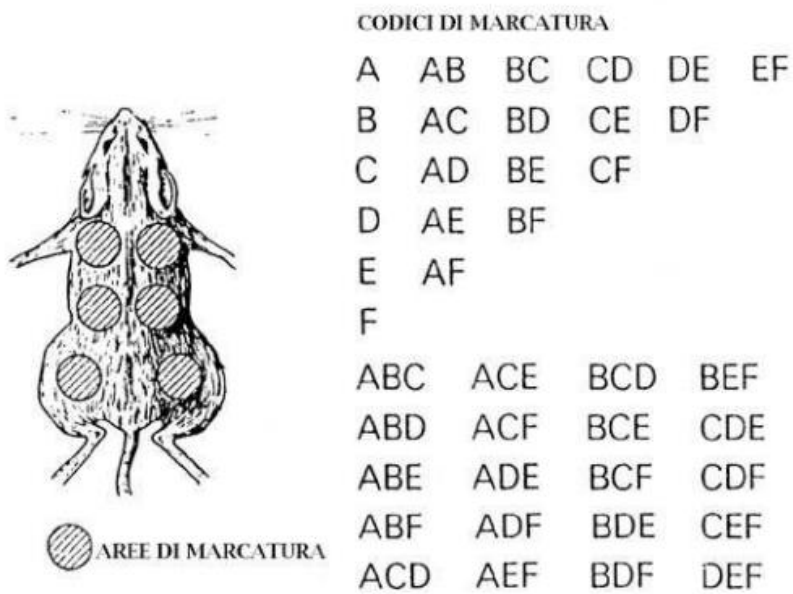


Figura 38: Area di studio situata in alta val Nambrone con indicazione sulle posizioni delle 4 griglie di cattura (scala 1:10000)

Lo stesso studio dunque nella stessa area geografica con leggere modificazioni per quanto riguarda le modalità del campionamento. Innanzitutto i siti di campionamento erano 3 (C, A, B nella figura 38) di 16 trappole ciascuno e disposte a griglia 4x4 con una distanza

intertrappola di 4 metri. Successivamente è stata aggiunta una quarta griglia di controllo (D) sulla quale è stato effettuato un prebaiting (periodo di adattamento alle trappole). Quest'ultima con solamente 10 trappole era disposta a griglia di 3x3 con l'ultima rimanente posizionata nella quarta fila. CPT 1:10000. Le trappole di tipo "sherman" sono state utilizzate solo nella griglia di controllo, per gli altri siti è stata usata una trappola a caduta che consente però l'ingresso di più individui. Questo ha avuto influenza soprattutto in alcune settimane di cattura durante le quali si sono verificate delle attività di predazione da parte di un'esemplare di ermellino; esso è stato ritrovato nelle trappole assieme alle arvicole ovviamente decedute e amputate di testa e zampe. Anche l'esca usata è stata diversa dal monitoraggio del 1996 infatti si è optato per l'uso di erba invece di cotone idrofilo, e di semi di girasole, mela e burro di arachidi. Per quanto riguarda le modalità di marcatura è stato scelto il modello di rasatura del pelo, che consiste nella realizzazione di una piccola serie di marcature identificabili con combinazione di tagli su diverse aree del corpo. Viene eseguita con una forbicina, e consente il riconoscimento dell'individuo ma solamente dopo averlo ricatturato. (figura 39)

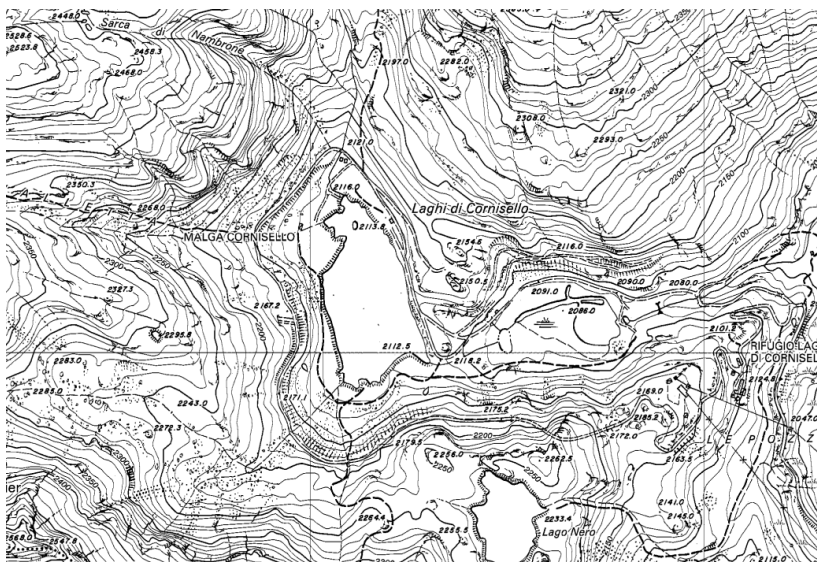
I risultati dello studio sono i seguenti.....



Schema delle aree di marcatura tramite rasatura del pelo nei piccoli Mammiferi. A destra le possibili combinazioni di marcatura che si possono realizzare (da Gurnell e Flowerdew, 1982)

Figura 39: schema delle aree di marcatura tramite rasatura del pelo nei piccoli Mammiferi. A destra alcune delle possibili combinazioni.

7.5. Possibili effetti del cambiamento climatico per i grandi carnivori



CTP 1:10000

8. Conclusioni

Cambiando anche di poco i parametri di temperatura e piovosità cambiano e si spostano le associazioni vegetali e con loro anche la fauna connessa. Sia in letteratura sia nel lavoro svolto per questa tesi si nota come le variazioni climatiche influenzino la fauna ed i cambiamenti seppur minimi, con i valori di temperature e eventi estremi che si prospettano potranno essere un problema rilevante per queste specie. I valori di figura 23, relativi al numero di indici rilevati in ciascuna fascia altitudinale, mostrano come soprattutto in anni caratterizzati da eventi estremi (come per esempio il 2010) essi si siano ritrovati anche a quote molto al di sopra della media. Sempre relativamente allo stesso anno i dati mostrano come siano stati trovati molti meno indici rispetto agli altri anni di monitoraggio e come la media altitudinale alla quale sono stati trovati era più alta rispetto alle medie altitudinali degli altri anni di monitoraggio. Allo stesso modo negli anni risultati con valori di neve fresca cumulata molto elevati, più di quanto si sia mai registrato negli ultimi 40 anni, gli indici si sono trovati a medie altitudinali più basse. Questo è sintomo di una risposta adattativa nell'immediato, ma l'evoluzione agisce con tempi molto più lunghi, soprattutto per quanto riguarda specie animali con cicli riproduttivi che durano anni, come per esempio mammiferi e uccelli.

Purtroppo infatti non tutte le specie saranno in grado di spostarsi allo stesso ritmo dei cambiamenti climatici, anche semplicemente per motivi di ridotte capacità intrinseche di dispersione, e non tutte le specie saranno in grado di adattarsi in tempi adeguati e in concomitanza con i mutamenti in atto. Questo di conseguenza potrebbe portare ad una perdita di porzioni di areale più o meno ingenti, a causa di una limitata disponibilità di aree idonee occupabili. Tuttavia, anche le specie in grado di disperdersi potrebbero essere a rischio in quanto, nelle nuove aree climaticamente idonee, potrebbero

instaurarsi interazioni interspecifiche (con predatori, competitori o parassiti) ad esse sfavorevoli.

Dunque leggeri sfasamenti tra il metabolismo dei viventi e l'ambiente, possono risultare fatali, dapprima per l'individuo, e man mano che avanzano anche per la popolazione fino ad arrivare all'intera specie. I meccanismi evolutivi sono di per sé sempre in atto e sempre nella continua ed incessante ricerca della soluzione per migliorare la fitness dell'individuo nei confronti dell'ambiente che lo circonda. Ed è dunque del tutto normale il fenomeno delle estinzioni e delle specie in crisi di individui perché è l'ambiente il primo ad essere in continua evoluzione. Questa continua lotta nell'essere il più adattati possibile all'ambiente che cambia è dunque del tutto naturale, ma il problema del cambiamento climatico degli ultimi anni è ben diverso. È infatti un mutamento non naturale quello a cui stiamo assistendo, in cui l'aumento degli eventi estremi e la velocità di innalzamento delle temperature avviene a velocità mai registrata prima. La velocità con cui tutto questo sta accadendo supera i normali ritmi di evoluzione e di adattamento degli animali presenti sulla terra. Solamente dunque chi sarà in grado di evolversi ed adattarsi prima di altri ai mutamenti climatici sarà premiato con la sopravvivenza, e in questo, come già si sta documentando e come visto nel paragrafo 7.3. saranno le specie ad alta velocità di riproduzione. Specie con cicli riproduttivi della durata di anni invece si troveranno in difficoltà in quando meno adatti.

9. Bibliografia

- A. Bellin, G. Marcolini, G. Chiogna, 2015. Omogeneizzazione e ricostruzione delle serie storiche dei dati neve disponibili in Trentino. Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica.
- A. Mustoni, F. Zibordi, 2013. La pernice bianca, una dama sulle nevi

- A. Mustoni, L. Pedrotti, E. Zanon, G. Tosi, 2002. Ungulati delle alpi. Biologia riconoscimento e gestione.
- A. Mustoni, S. Chiozzini, R.Chirichella, F. Zibordi, M. Armanini, 2013. IL gallo cedrone: quarto anni di ricerche scientifiche nel Parco Naturale Adamello-Brenta. Documento interno N° 19 PNAB.
- A. Natale, 2004. La leishmaniosi in Italia.
- A.R. Jacobson, A. Provenzale, A. von Hardenberg, B. Bassano, M. Festa-Bianchet. (2004). Climate forcing and density dependence in a mountain ungulate population.
- AA. VV., (2005). Studio paleolimnologico del Lago Nero di Cornisello (Parco Naturale AdamelloBrenta, Trentino Studi Trent. Sci. Nat., Acta Geol., 82
- AA.VV, 1998. Neogene kinematics of the Giudicarie fault (Central-Eastern Alps, Italy. Pp. 217
- AA.VV, 2002. La fauna in Italia.
- AA.VV, 2009. Cambiamento climatico e biodiversità. Studio della mitigazione e proposte per l'adattamento. Pp. 7-8, 29-30.
- AA.VV, 2013. Geographic mode of speciation in a mountain specialist Avian family endemic to the Palearctic. Ecology & Evolution.
- AA.VV,2009. ISAC-CNR. Clima, cambiamenti climatici globali e loro impatto sul territorio nazionale.
- C. Mennella, 1972. Clima d'Italia. Fratelli Conte editori.
- CTP 1:10000 Parco Naturale Adamello Brenta.

- D. Roiz, M. Neteler, C. Castellani, D. Arnoldi, A. Rizzoli, 2011. Climatic Factors Driving Invasion of the Tiger Mosquito (*Aedes albopictus*) into New Areas of Trentino, Northern Italy
- D.W. Inouye, B. Barr†, K. B. Armitage, B. D. Inouye, 1999. Climate change is affecting altitudinal migrants and hibernating species.
- David Field, 2006. A white bear with brown patches shot dead in northern Canada is the first grizzly-polar hybrid found in the wild, DNA tests have confirmed.
- Dirnböck T., Dullinger S. and Grabherr G., 2003, A regional impact assessment of climate and landuse change on alpine vegetation, *Journal of Biogeography*, 30 (3), 401-417
- E. Pignatti, S. Pignatt, 2015. *Plant Life of the Dolomites : Vegetation Structure and Ecology*
- EEA, 2009. Regional climate change and adaptation – The Alps facing the challenge of changing water resources.
- F. Bartaletti, 2004. *Geografia e cultura delle Alpi*. Pp.34
- F. Fabrizio, T. Monica , 2000. *Nei parchi del Trentino. Guida naturalistica escursionistica alle aree protette*.
- F. Pedrotti, 2008. *Notizie storiche sul parco Adamello Brenta*.
- F. Zibordi, 1998. *Indagine sull'ecologia trofica di una popolazione di ermellino in alta Val. Nambrone*
- F. Zibordi, A. Mustoni, V. Viviani, S. Liccioli, G. Stefani, 2010. *L'impegno del Parco per l'orso: il Progetto Life Ursus. Documento interno n°18 PNAB*
- G. Buscaini, E. Castiglioni, 1977. *Dolomiti di Brenta*.

- G. Fiorese, M. Gatto, G. Ranci, G. De Leo, 2005. Scenari futuri di impatto dei cambiamenti climatici globali tramite l'applicazione di modelli di vocazionalità faunistica a ungulati alpini.
- G. Graci, P. Pileri, M. Sedazzari, 2008. Gis e ambiente, guida all'uso di ArcGis per l'analisi del territorio e la valutazione ambientale.
- G. Prosser, 1998. Strike-slip movements and thrusting along a transpressive fault zone: The North Giudicarie line (Insubric line, northern Italy) in *Tectonics*. Pp 921–937
- G. Tosi, 1986. Modello di valutazione ambientale per la reintroduzione dello Stambecco (*Capra ibex ibex* Linnaeus, 1758).
- G. Tosi, 2012. Lo stambecco in Lombardia e sull'arco alpino. Editore Oikos.
- G. Tosi, S. Lovari, 1997. Italy, in *Wild sheep and goat and their Relative*, Gland, Shackleton D.M, pp. 111-118.
- G.C. Scherini, G. Tosi, 2003. La pernice bianca in Lombardia biologia e gestione faunistico- venatoria. Pp. 2-28
- G. Sartoti, A. Mancabelli, U. Wolf, F. Corradini, 2005. Atlante dei suoli del parco naturale Adamello- Brenta. Pp.20-30
- Gagliardi, G. Tosi, 2012. Monitoraggio di Uccelli e Mammiferi in Lombardia. Tecniche e metodi di rilevamento.
- Guida d'Italia del Touring Club Italiano, 1976. Trentino Alto-Adige.
- J.P. McCARTY, 2001. Ecological consequences of recent climate change. *Conservation biology*
- J.T. Hardy, 2003. *Climate Change. Cause, Effects and Solutions*.

- L. S. Millsa , M. Zimovaa, J. Oylerb, S. Runningb, J. T. Abatzoglouc, P. M. Lukacs, 2013. Camouflage mismatch in seasonal coat color due to decreased snow duration
- L. Vezzoli, 2010. La storia geologica della provincia di Como. Pp.73-82
- Lo stambecco delle alpi (*Capra ibex*, L.) con speciale considerazione dell'ultima colonia di stambecchi nelle alpi graie, Editore Candeletti, 1879
- M. Apollonio, R. Chirichella, T. Mason, S. Willis, P. Stephens, 2014. Environmental change and long-term body mass declines in an alpine mammal.
- M. Brunetti¹, M. Maugeri, T. Nanni, C. Simolo, J. Spinoni, 2013. High-resolution temperature climatology for Italy: interpolation method intercomparison. *International Journal of Climatology*.
- M. Cantini e N. Gallinaro, 2003. Vita d'alta quota nel settore lombardo del Parco Nazionale dello Stelvio. Pp. 33-53.
- M. Eccheli, 1999. Guida ai parchi alle riserve e ai biotopi del Trentino.
- M. Odasso, 2002. I tipi forstali del Trentino. Catalogo, guida al riconoscimento, localizzazione e caratteristiche ecologico-vegetazionali.
- M. Spagnesi, A.M. De Marinis, 2002. Mammiferi d'Italia.
- M. Stefan, Schmid. (2004). Tectonic map and overall architecture of the Alpine orogen. Pp. 93–117.
- M. Zimova, L. S. Mills, J. J. Nowak, 2016. High fitness costs of climate change-induced camouflage mismatch
- M. Zunino, A. Zullini, 2004. Biogeografia. La dimensione spaziale dell'evoluzione.

- N. Pettorelli, F. Pelletier, A. von Hardenberg, M. Festa-Bianchet, S. Côté, (2007). Early onset of vegetation growth versus rapid green-up: impacts on juvenile mountain ungulates. Pp. 381-390.
- P. Canavese, P. Verlucca, 2005. Atlante Orografico delle Alpi. SOIUSA
- P. Durio, G.C. Perosino, T. Scarpinato, 1982. Aspetti di ecologia animale, indagini e rilievi sull'alimentazione in periodo invernale dello Stambecco e del Camoscio nel Parco Nazionale del Gran Paradiso. Pp. 15-37.
- R. Barbiero, E. Panettieri, 2011. Analisi climatica del 2010. Meteo Trentino.
- R. Locatelli, P. Paolucci, 1998. Insettivori e piccoli roditori del trentino. Pp. 61-74, 114-120.
- R. Rea, G. Rampanelli, D. Zardi, 2004. The Temperature Series of Trento: 1816-2002.
- R. Revermann, H. Schmid, N. Zbinden, R. Spaar, B. Schroöder, 2012. Habitat at the mountain tops: how long can Rock Ptarmigan (*Lagopus muta*) survive rapid climate change in the Swiss Alps? A multi-scale approach
- S. Bovero, L. Canalis, S. Crosetto, 2013. Gli anfibi e i rettili delle Alpi. Come riconoscerli, dove e quando osservarli.
- S. Frattini, 1997. Torbiere ed altre zone umide nel parco nell'Adamello e nelle Orobie bresciane.
- Scala 1: 50.000 cartografia Parco Adamello Brenta. Tabacco editore.
- Trenti, 2011. Evoluzione e monitoraggi recenti dei ghiacciai trentini. (http://www.meteotrentino.it/neve-ghiacci/ghiacciai/evoluzione_ghiacciai_trentini.pdf)

- U. Ferrarese, 2006. La diffusione della zanzara tigre a Rovereto, annali Museo Civico di Rovereto.

- Von Elsner-Schack, 1985. What is good Chamois habitat? , in The Biology and Management of Mountain Ungulates. Pp. 71-76.