

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Corso di laurea in
SCIENZE AMBIENTALI

(Classe di corso L-32 – Scienze e tecnologie per l'ambiente e la natura)

**MONITORAGGIO DELLA COMUNITÀ ORNITICA NELLE
DOLOMITI DI BRENTA: UN'IPOTESI SULLE
MODIFICAZIONI INDOTTE DAI CAMBIAMENTI
CLIMATICI**

Relatore

Prof. Andrea Pasteris

Correlatori

Dott. Marco Armanini (Parco Naturale Adamello Brenta)

Dott.ssa Roberta Chirichella (Università degli Studi di Sassari)

Candidata

Alice Furlotti

Anno Accademico 2020/2021

INDICE

RIASSUNTO	5
ABSTRACT	6
INTRODUZIONE.....	7
SCOPO DELLO STUDIO	9
1. AREA DI STUDIO.....	10
1.1 IL PARCO NATURALE ADAMELLO BRENTA	10
1.2 IL GHIACCIAIO D'AGOLA: UN GHIACCIAIO IN RITIRO	16
2. CONSIDERAZIONI SULL'ORNITOFAUNA DELLE DOLOMITI DI BRENTA.....	20
2.1 GLI UCCELLI DEL PARCO: UNA PANORAMICA.....	20
2.2 SPECIE RILEVATE NELLA ZONA DEL GHIACCIAIO D'AGOLA: MORFOLOGIA, HABITAT E RELAZIONE CON IL CLIMA.....	24
2.2.1 Spioncello – <i>Anthus spinoletta</i>	25
2.2.2 Prispolone – <i>Anthus trivialis</i>	26
2.2.3 Sordone – <i>Prunella collaris</i>	26
2.2.4 Codirosso spazzacamino – <i>Phoenicurus ochruros</i>	27
2.2.5 Culbianco – <i>Oenanthe oenanthe</i>	28
2.2.6 Fringuello alpino – <i>Montifringilla nivalis</i>	29
2.2.7 Gracchio alpino – <i>Pyrrhocorax graculus</i>	29
2.2.8 Corvo imperiale – <i>Corvus corax</i>	30
2.2.9 Picchio muraiolo – <i>Tichodroma muraria</i>	31
2.2.10 Gheppio – <i>Falco tinnunculus</i>	32
2.2.11 Pernice bianca – <i>Lagopus muta</i>	32
3. MONITORAGGIO AVIFAUNISTICO IN AGOLA: MATERIALI E METODI.....	34
3.1 IMPOSTAZIONE COMPLESSIVA DEL PROGETTO	34

3.2	MONITORAGGIO MEDIANTE PUNTI D'ASCOLTO: POTENZIALITÀ E ASPETTI CRITICI.....	38
3.3	RACCOLTA DATI AVIFAUNISTICI: TEMPISTICHE E MATERIALI	40
3.4	DATI METEOROLOGICI.....	43
3.5	DATI VEGETAZIONALI	44
4.	ANALISI DEI DATI E DISCUSSIONE DEI RISULTATI.....	45
4.1	DESCRIZIONE QUALITATIVA DEI DATI	45
4.1.1	Ricchezza specifica, distribuzione delle specie e diversità.....	45
4.1.2	Considerazioni relative ai parametri fisici e ambientali.....	52
4.2	ANALISI STATISTICHE.....	54
4.2.1	Approccio univariato	54
4.2.2	Approccio multivariato.....	62
5.	CONCLUSIONI	64
5.1	VARIABILI METEOROLOGICHE E DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO: LIMITI E FUNZIONALITÀ	64
5.2	POSSIBILI DEDUZIONI RELATIVE ALL'INFLUENZA DELL'ABLAZIONE DEI GHIACCI SULLA COMUNITÀ ORNITICA	66
	ALLEGATO 1.....	69
	ALLEGATO 2.....	74
	BIBLIOGRAFIA.....	75
	RINGRAZIAMENTI	82

RIASSUNTO

Questa tesi vuole presentare i risultati di un lavoro di monitoraggio della comunità ornitica d'alta quota, condotto su iniziativa del Parco Naturale Adamello Brenta (Trentino occidentale) in un'area delle Dolomiti fortemente influenzata dalle dinamiche della criosfera alpina, tra il 29 luglio e il 7 settembre 2021. Lo scopo principale è quello di stabilire se vi sia una relazione tra la distribuzione dell'avifauna, lungo il gradiente ambientale individuato dalla cronosequenza di regresso del ghiacciaio d'Agola, e l'oscillazione di variabili meteorologiche quali la temperatura, l'umidità relativa e la piovosità. Tale correlazione è infatti necessaria per supportare l'impiego di questi parametri nella descrizione degli effetti del cambiamento climatico a scala locale. Secondariamente, si vuole fornire una visione d'insieme delle modificazioni clima-correlate che hanno interessato la comunità ornitica d'Agola dalla Piccola Età Glaciale (1850) ad oggi.

Dalle 18 sessioni di monitoraggio estive, effettuate tramite rilevazione al canto, in corrispondenza di 5 plot compresi tra le quote di 2487 e 2648 m, è emerso che l'area di studio è frequentata complessivamente da 11 specie, di cui 9 appartenenti all'ordine dei Passeriformes, una a quello dei Galliformes e una ai Falconiformes. Apparentemente, il parametro che meglio descrive la caratterizzazione dell'avifauna, sia in termini di ricchezza specifica che di contattabilità, risulta essere l'umidità relativa media: ciò è significativo, perché consente di correlare la rarefazione altitudinale nel numero di specie con la presenza della massa glaciale. Dalle stime della copertura vegetazionale e dalla considerazione del tempo di deglaciazione, è inoltre possibile ipotizzare che, almeno al di sotto di una quota pari a 2500 m circa, lo sviluppo degli ecosistemi, dovuto allo scioglimento dei ghiacci conseguente il surriscaldamento globale, ha favorito la frequentazione della zona da parte della comunità ornitica.

ABSTRACT

This thesis presents the results of a monitoring work, conducted between the 29th of July and the 7th of September 2021, which focused on upland birds that populate an area of the Brenta Dolomites (Adamello Brenta Nature Park, West Trentino) strongly affected by cryospheric changes. The major purpose of this study is to investigate the relationship between avian community distribution along a chronosequence on the Agola glacier foreland, and physical variables such as temperature, relative humidity and rainfall. In fact, since global warming has led to possible variations of these parameters and to the modification of ice cover – a process which brings to a fast biotic colonization of bare ground along the deglaciated area – it is necessary to establish whether these variables are related to avian species richness and abundance, in order to employ them for a further description of climate-induced modifications. Secondly, it is also possible to assemble a hypothetical view of those changes, which altered birds' community in Agola since the Little Ice Age (1850).

Eighteen summer monitoring sessions have taken place in the study area, among five permanent plots located between the heights of 2487 and 2648 m. From the collected dataset, it is revealed that the site is nowadays occupied by 11 different species, which belong to 3 different orders: 9 are Passeriformes, while 1 is part of Galliformes and 1 of Falconiformes. Relative humidity is the variable which presents the strongest correlation with avian abundance and richness, suggesting that ice melting and other cryospheric dynamics play a fundamental role for upland birds' distribution. It was also estimated that, as a consequence of ecosystem development, which is due to environmental warming-related changes, the abundance of birds, at least under the elevation of 2500 m, increased.

INTRODUZIONE

Il Progetto BioMiti e il Progetto Agola: alla ricerca della vita sulle Dolomiti di Brenta

Nel 2018, il Parco Naturale Adamello Brenta, in collaborazione con il Dipartimento di Medicina Veterinaria dell'Università degli Studi di Sassari e la Sezione di Zoologia degli Invertebrati e Idrobiologia del MUSE, ha dato avvio a *BioMiti – alla ricerca della vita sulle Dolomiti di Brenta*, un complesso progetto di durata pluriennale, che si pone l'ambizioso obiettivo di esplorare le relazioni ecosistemiche in un ambiente montano in veloce evoluzione. Ad oggi, la rete di analisi del progetto BioMiti ha abbracciato numerosi ambiti, spaziando dai monitoraggi in campo faunistico, alle caratterizzazioni vegetazionali, fino ai rilievi pedologici e geomorfologici (Mustoni, 2019). Tale approccio integrato è fondamentale per la costruzione di un quadro organico ed esaustivo relativo alle interconnessioni tra le diverse componenti ambientali, che si configuri come base per la valutazione degli effetti del cambiamento climatico sugli ecosistemi di alta quota. In questo contesto operativo, è stato elaborato un protocollo di lavoro funzionale e ripetibile negli anni, ispirato al Progetto Ministeriale di Monitoraggio della Fauna Alpina (Chirichella, 2019).

L'esperienza acquisita attraverso l'attuazione sul campo delle indagini ambientali comprese nel Progetto BioMiti per l'area del Grostè (Dolomiti di Brenta, Trentino occidentale) ha consentito, nel 2021, di ampliare ed integrare la raccolta dati in una diversa zona delle Dolomiti di Brenta: il ghiacciaio d'Agola (Figure 1 e 2). Il focus della ricerca è quello di analizzare le conseguenze del ritiro del ghiacciaio sul paesaggio circostante, per valutare, su scala locale, gli effetti di un fenomeno più ampio qual è l'ablazione dei ghiacci, iniziata successivamente all'ultimo impulso della Piccola Età Glaciale nel 1850 e considerabile come un risultato delle modificazioni climatiche di origine antropica. Le analisi finora avviate comprendono: il rilievo geomorfologico della zona di ritiro del ghiacciaio, in collaborazione con il Prof. R. Seppi (Università di Pavia); la caratterizzazione dell'avifauna nel suddetto areale attraverso monitoraggi al canto, argomento di questo lavoro; un approfondimento sulla presenza di Carabidi e Aracnidi tramite analisi del contenuto di *pitfall traps*, in collaborazione con il dott. M. Gobbi (MUSE, sezione Zoologia degli invertebrati e Idrobiologia); il

monitoraggio di Chironomidi nelle acque di scioglimento alla fronte del ghiacciaio, in collaborazione con la dott.ssa V. Lencioni (MUSE, sezione Zoologia degli invertebrati e Idrobiologia); la caratterizzazione fitosociologica dell'area, ad oggi incompleta, in collaborazione con il Museo Civico di Rovereto.



Figura 1: Vista sul massiccio Adamello-Presanella dalla zona d'Agola. Foto A. Furlotti.



Figura 2: Laghetto periglaciale alla fronte del ghiacciaio d'Agola in data 02/09/2021. Foto A. Furlotti.

SCOPO DELLO STUDIO

L'ipotesi che lo scioglimento dei ghiacciai possa comportare una modificazione complessiva degli equilibri ecosistemici a scala locale e globale trova oggi numerosi riscontri nella letteratura scientifica (Hock *et al.*, 2019). In particolare, negli ultimi anni, va maturando la certezza che molte specie, sia animali che vegetali, caratteristiche dei settori alpini, stiano compiendo uno spostamento verso le quote più elevate (Freeman *et al.*, 2018; Rumpf *et al.*, 2018). Sebbene molto spesso queste variazioni altitudinali nella distribuzione delle diverse specie siano direttamente imputabili al riscaldamento in atto a livello globale, va considerato che l'ablazione dei ghiacci, modificando l'umidità, la temperatura e gli scambi gassosi a livello dei suoli, favorisce i processi pedogenetici e la crescita vegetazionale, e può dunque rivestire un ruolo determinante in questi processi, portando ad una rapida colonizzazione degli ambienti (Matthews e Vater, 2015; Fickert e Grüniger, 2018; Winkler *et al.*, 2018).

In questo studio si vuole dunque valutare, in primo luogo, se la variazione lungo gradiente altitudinale della composizione specifica dell'avifauna e dell'abbondanza di ciascuna specie ornitica, nella zona corrispondente all'areale di ritiro del ghiacciaio d'Agola, sia associabile a variabili climatiche come la temperatura atmosferica, l'umidità dell'aria e la piovosità. In secondo luogo, si vuole determinare se, nella stessa area, tali variazioni si possano mettere in relazione con parametri derivanti dallo scioglimento dei ghiacci e dal regresso della fronte glaciale, quali la copertura vegetazionale e il tempo di deglaciazione, calcolato in anni.

Questo tipo di indagini consentono, in ultima analisi, di definire un quadro relativo alle tendenze che interessano il panorama delle specie ornitiche presenti oggi in una zona del Gruppo del Brenta che risente in modo considerevole dell'influenza del glacialismo; lo studio offre dunque *in primis* un'istantanea sulla situazione attuale, in un contesto che velocemente evolve. Secondariamente, è possibile che questo lavoro costituisca un punto di partenza per successivi approfondimenti; non si hanno infatti informazioni dettagliate sulla composizione della comunità ornitica nella zona d'Agola, che siano antecedenti a quelle raccolte durante i monitoraggi necessari a questa indagine, sebbene molto sia stato scritto sull'avifauna del Trentino e delle Dolomiti di Brenta in generale. Possedere un set di dati completo ed una visione d'insieme esaustiva, a questa scala e in questo particolare ambiente, potrà servire per seguire, negli anni, i successivi sviluppi connessi alle dinamiche climatiche.

1. AREA DI STUDIO

1.1 IL PARCO NATURALE ADAMELLO BRENTA

Il territorio del Parco Naturale Adamello Brenta (Figura 3), che si configura come la più vasta area protetta del Trentino, è situato nel settore occidentale della Provincia Autonoma di Trento. Tale area include l'intero Gruppo del Brenta e parte dei massicci dell'Adamello e della Presanella, per un'estensione complessiva di 620,5 kmq, che si sviluppano tra i 477 e i 3558 m di altitudine (Zanghellini, 2004).

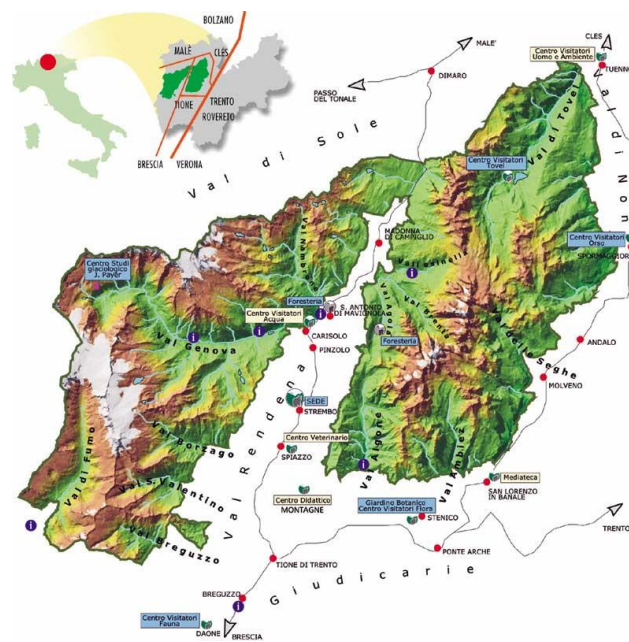


Figura 3: Area del Parco Naturale Adamello Brenta (immagine PNAB).

Le vicende storiche che nel corso del XX secolo hanno portato all'istituzione del Parco Naturale Adamello Brenta, inteso come Ente preposto alla protezione attiva e alla gestione delle risorse naturali, hanno avuto inizio nei primi decenni del Novecento. Contemporaneamente all'affermazione, in Italia, di un eterogeneo movimento protezionistico, le cui pionieristiche convinzioni contribuirono alla creazione di quel contesto culturale che favorì la nascita, tra il 1921 e il 1923, dei parchi nazionali d'Abruzzo e del Gran Paradiso, nascevano in Trentino le prime proposte di istituzione di un'area protetta nel settore dell'Adamello-Brenta; esse si devono ricondurre all'iniziativa di singole personalità come Giovanni Pedrotti, Gian Giacomo Gallarati Scotti e Oscar de Beaux (Pedrotti, 2008). Successivamente alla pubblicazione del libro *L'orso bruno nella Venezia Tridentina*, avvenuta nel 1935 ad opera di Guido Castelli, si susseguirono nuove proposte a favore

dell'istituzione di un Parco Nazionale dell'Adamello Brenta, sostenute da un'intensa campagna giornalistica (Pedrotti, 2008). Tale spinta verso la creazione di un parco nazionale proseguì nel secondo dopoguerra, traducendosi in una proposta di disegno di legge per l'istituzione del Parco Nazionale Brenta-Adamello-Stelvio (Pedrotti, 2008). Complessivamente, il progetto si concluse negativamente; solo dopo essere state sottoposte a neonati enti quali la regione Trentino - Alto Adige e la Provincia Autonoma di Trento, le iniziative a tutela del territorio dell'Adamello-Brenta vennero istituzionalizzate attraverso la promulgazione del Piano Urbanistico Provinciale (P.U.P.) del 1967. Ideato come un'opera di pianificazione del Trentino, esso si propone come uno strumento di regolazione urbanistica e contiene la proposta di destinare a parco le aree dell'Adamello-Brenta e di Paneveggio - Pale di San Martino, i cui confini vengono accuratamente individuati (Pedrotti, 2008; Zorzi, 1990). Sono di fatto i primi parchi naturali d'Italia (Zanghellini, 2004), anche se ancora sprovvisti di un progetto gestionale organico ed integrato che consenta di estendere il loro ruolo, da aree sottoposte a particolari condizioni edilizie, ad enti organizzati preposti alla tutela e all'amministrazione delle risorse naturali. Nel 1987, il territorio dell'Adamello-Brenta soggetto a protezione venne esteso, passando dagli originari 504 kmq a 618 kmq; l'anno successivo, l'emanazione dell'*Ordinamento dei parchi naturali* (L.P. 6 maggio 1988, n.18) sancì la nascita dell'ente di gestione del Parco Adamello Brenta, dotato di personalità giuridica di diritto pubblico, ampliando così le finalità dell'ente parco (cioè "*la tutela delle caratteristiche naturali e ambientali, la promozione dello studio scientifico e l'uso sociale dei beni ambientali*"¹) e dotandolo di organizzazione amministrativa (Zorzi, 1990). Tale legge è sostituita ed integrata oggi dalla Legge Provinciale sulle foreste e sulla protezione della natura (L.P. 23 maggio 2007, n. 11) "*Governo del territorio forestale e montano, dei corsi d'acqua e delle aree protette*"; strumento fondamentale per l'odierna amministrazione delle risorse naturali è il Piano del Parco, redatto nel 1999. Dal 2001, il Parco Naturale Adamello Brenta detiene la Certificazione Ambientale ISO 14001; si tratta del primo parco in Europa ad ottenere tale riconoscimento (Zanghellini, 2004).

Da un punto di vista geologico e naturalistico, il Parco Naturale Adamello Brenta si presenta internamente differenziato, a causa della compresenza di due blocchi montuosi distinti: ad Ovest si trova il Massiccio dell'Adamello e della Presanella, costituito prevalentemente da roccia ignea di origine intrusiva; il territorio del parco ne include quella porzione costituita dal bacino idrografico del Sarca di Genova, del Sarca di Nambrone e del fiume Chiese, per le

¹ Art.1, LP 18/88

propaggini più meridionali; ad Est, invece, si innalza il Gruppo del Brenta, le cui caratteristiche litologiche si devono a processi sedimentari che hanno portato alla formazione di dolomia principale e calcari magnesiaci (Figure 4 e 5). I due corpi territoriali sono separati dalla depressione valliva della Rendena, che si sviluppa lungo la “Linea delle Giudicarie Sud”, ossia un sistema di faglie trascorrenti che ha svolto un ruolo determinante nella definizione dell’assetto geologico attuale. In corrispondenza di Passo Campo Carlo Magno, i due settori sono connessi da una fascia territoriale che costituisce un fondamentale collegamento ecologico tra i due gruppi montuosi (Tomasi, 1990; Veronese, 1990).



Figura 4: lago Nero di Cornisello (Massiccio dell'Adamello); Figura 5: monte Turrion Basso (Dolomiti di Brenta).

Morfologicamente, le differenze tra i due blocchi territoriali si traducono in un’ampia varietà di paesaggi e caratteri naturalistici. Nella sezione comprendente il plutone dell’Adamello-Presanella, costituito principalmente da tonalite, risalente a circa 42-29 milioni di anni fa, le forme del paesaggio sono il risultato dell’azione di agenti atmosferici e del modellamento glaciale su una roccia cristallina giovane. Ritroviamo quindi creste strette e affilate, valli che mostrano il caratteristico profilo a “U” (un esempio molto chiaro di tale attività di esarazione è la Val di Fumo) ed una sequenza di vasti ghiacciai come l’Adamello-Mandròn, il ghiacciaio della Lobbia-Fumo, la Vedretta di Làres e il ghiacciaio d’Amola. L’impermeabilità del substrato roccioso cristallino e l’influenza del glacialismo contribuiscono a definire le caratteristiche idrologiche del settore Adamello-Presanella: la ricchezza d’acqua è uno degli elementi maggiormente rilevanti del massiccio, riscontrabile in primo luogo grazie alla presenza di numerosi corpi idrici superficiali, quali laghi alpini, cascate e torrenti (Tomasi, 1990; Bombarda, 1994).

Nel settore dolomitico del Gruppo Brenta, dove dominano litologie dovute alla sedimentazione fondomarina (principalmente dolomie triassiche; la roccia è stata messa in

posto tra i 230 e i 65 milioni di anni fa), si osserva una prevalenza di guglie e torrioni, che poggiano su pianori e praterie. Alle quote più elevate, la verticalità è un elemento predominante (Tomasi, 1990; Bombarda, 1994). I processi a cui principalmente si devono le forme del paesaggio dolomitico sono glaciali, gravitativi e carsici. Per quanto concerne i primi, va precisato che il glacialismo del Brenta si differenzia da quello dell'Adamello-Presanella, per lo sviluppo di ghiacciai e vedrette entro circhi alla base di pareti a strapiombo, ombreggianti: ciò ha consentito il loro mantenimento anche al di sotto del limite di permanenza regionale delle nevi (Bombarda, 1994). L'influenza dei processi gravitativi è invece esemplificata dall'evento franoso che ha comportato lo sbarramento all'origine del Lago di Tovel, famoso per i fenomeni passati di arrossamento (Zanghellini, 2004). La natura del substrato roccioso ha consentito inoltre lo sviluppo di forme carsiche e glaciocarsiche, tra cui grotte (si veda ad esempio la Grotta Raponzolo: Sauro e De Waele, 2019), cavità, inghiottitoi, campi solcati. L'attività carsica influenza il regime idrologico del Gruppo Brenta: corpi idrici superficiali e cascate sono meno imponenti rispetto a quelli del massiccio dell'Adamello-Presanella; non di rado si ritrovano sorgenti che sgorgano dalla roccia, al termine del percorso sotterraneo delle acque, che si sviluppa in posizioni di interstrato e lungo fratture (Zanghellini, 2004).

La grande diversità geologica, paesaggistica e microclimatica che si osserva nell'ambito del Parco Naturale Adamello Brenta influenza, necessariamente, la varietà e l'abbondanza di specie vegetali e animali, svolgendo un ruolo chiave nella definizione della fitocenosi e della zoocenosi del parco.

Per quanto concerne gli aspetti floristici, è possibile descrivere la distribuzione della vegetazione del parco lungo fasce fitoclimatiche. Addentrarsi nella specificità della flora dell'areale esula dallo scopo di questo lavoro, tuttavia è possibile individuare, secondo l'altitudine e il microclima, otto fasce principali. Ad altitudini inferiori a 1000 m s.l.m., ritroviamo la fascia del Querceto Caducifoglio, a tendenza termofila, complessivamente di scarsa estensione; associazioni caratteristiche sono quelle di latifoglie, con specie quali carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), roverella (*Quercus pubescens*) e orniello (*Fraxinus ornus*). Tra i 1000 e i 1400 m si individua la fascia del *Fagus-Abies*, che, oltre a *Picea abies* e *Fagus sylvatica*, include anche aceri (*Acer spp.*) e tigli (*Tilia cordata*), in particolare nelle aree più umide e ombrose, e specie arbustive come alcuni appartenenti ai generi *Salix* e *Lonicera*. La fascia successiva, in termini altitudinali, è quella della *Picea*, che occupa il maggior areale forestale del parco; la specie principale è il peccio (*Picea abies*), in boschi puri o in

associazione con *Larix decidua* o *Abies alba*. Comprende inoltre anche *Pinus mugo*, oltre a specie arbustive (*Sorbus aucuparia*, *Sambucus racemosa*, *Prunus padus*) e ad alcune ericacee. Tra i 1800 e i 2100 m, la fascia del *Larix-Cembra* chiude l'areale forestato, ospitando poche specie arbustive ed ericacee nel sottobosco, quali ad esempio *Rhododendrum spp.* e *Vaccinium spp.*. Vi sono inoltre: la fascia delle formazioni riparie, costituita dalle fitocenosi caratteristiche dei corsi d'acqua; la fascia a mugo e rododendri, ubicata prevalentemente al limite superiore dell'areale forestale, ma in grado di espandersi inferiormente, in quanto caratterizzata da specie la cui sopravvivenza è strettamente connessa a fattori edafici e pedologici; la tundra alpina, o fascia degli arbusteti nani; la steppa alpina, estrema espressione altitudinale della vegetazione, comprendente solo forme erbacee (Arrighetti, 1988; Caldonazzi *et al.*, 1994). Infine, i caratteri pedologici differenti dei settori montuosi del Brenta e dell'Adamello-Presanella, uniti ad una storia di glacialismo, hanno favorito lo sviluppo di endemismi, tra i quali si ricorda *Nigritella buschmanniae*, il cui areale di distribuzione è strettamente compreso entro i confini del parco. Tra i cosiddetti "reliqui glaciali" – specie pervenute a queste latitudini in seguito alle glaciazioni, e poi sopravvissute sulle Alpi in modo isolato – si annovera la stella alpina (*Leontopodium alpinum*) (Festi e Prosser, 2008).

Approfondendo invece gli aspetti faunistici, appare fin da subito molto chiaro che nella complessa realtà del parco, a causa della sua capacità di offrire un'ampia varietà di habitat e condizioni ambientali, sono molte le specie che hanno trovato una nicchia favorevole alla loro sopravvivenza e allo sviluppo di estese popolazioni; per questo motivo, non è possibile in poche righe offrire una visione complessiva di tutti i taxa presenti nell'area protetta. Vengono perciò di seguito citate solo le specie di vertebrati che generalmente acquistano maggiore visibilità, indipendentemente dal ruolo ecologico che esse ricoprono all'interno dell'ecosistema del parco.



Figura 6: "Orso in bosco di faggio" (Foto D.Asson - Archivio Servizio Foreste e fauna PAT).

Presente sulle Alpi fin dai tempi antichi, l'orso bruno (*Ursus arctos arctos*; Figura 6) è uno degli animali simbolo del Parco Naturale Adamello Brenta: sopraggiunto, nel corso degli ultimi due secoli, a ridosso dell'estinzione, è stato reintrodotta sul territorio a partire dal 1999, grazie al Progetto *Life Ursus* (Zibordi *et al.*, 2010). Nel 2019, a vent'anni di distanza dalla liberazione nel parco del primo orso, proveniente dalla Slovenia, la popolazione di orso bruno in Trentino contava 82-93 esemplari; si stima che nel 2020 il numero sia aumentato ad oltre 100 (Groff *et al.*, 2020).

Per quanto riguarda invece gli altri appartenenti all'ordine Carnivora, nel Parco Naturale Adamello Brenta si riscontra la presenza della faina (*Martes foina*), della martora (*Martes martes*), del tasso (*Meles meles*), dell'ermellino (*Mustela erminea*), della donnola (*Mustela nivalis*) e della volpe (*Vulpes vulpes*) (Genero e Pedrini, 1995). Non vi sono invece il lupo (*Canis lupus*), sebbene la specie sia presente sul territorio provinciale e nel 2020 sia stata segnalata la presenza (non certa) di 3 possibili nuove coppie in prossimità di Campo Carlo Magno, e la lince (*Lynx lynx*) (Groff *et al.*, 2020).

Tra gli ungulati, la specie maggiormente diffusa è il capriolo (*Capreolus capreolus*); a quote elevate, è frequente la presenza del camoscio (*Rupicapra rupicapra*; Figura 7), mentre lo stambecco (*Capra ibex*) è presente solamente nel settore dell'Adamello-Presanella, grazie ad un progetto di reintroduzione attuato tra il 1995 e il 1997 (Carlini, 2004). Il cervo (*Cervus elaphus*) è ricomparso spontaneamente negli anni Ottanta, dopo l'estinzione avvenuta a metà del secolo scorso (Genero e Pedrini, 1995). La presenza del muflone (*Ovis musimon*) è stimata a 90 capi nel nucleo presente in Presanella e 240 capi nel Brenta meridionale (AA.VV., 2019).



Figura 7: Gruppo di camosci (foto A. Mustoni).

Per quanto riguarda l'avifauna, maggiori dettagli verranno forniti nei capitoli successivi; si segnala tuttavia la presenza nel parco di tetraonidi e galliformi quali gallo cedrone (*Tetrao urogallus*), fagiano di monte (*Tetrao tetrix*), francolino di monte (*Tetrastes bonasia*), pernice bianca (*Lagopus muta*) e coturnice (*Alectoris graeca*), mentre tra i rapaci diurni interessante è la presenza dell'aquila reale (*Aquila chrysaetos*) e l'occasionale frequentazione da parte del gipeto (*Gypaetus barbatus*) (Genero e Pedrini, 1995).

1.2 IL GHIACCIAIO D'AGOLA: UN GHIACCIAIO IN RITIRO

L'area di studio del presente lavoro è circoscritta a quella porzione di territorio che ha subito processi morfogenetici connessi alla presenza e alla dinamica del ghiacciaio d'Agola (Figura 8). Si tratta di un sistema glaciale di tipo montano, situato nel settore meridionale del Gruppo Brenta, in corrispondenza della catena d'Ambiez; si caratterizza per il fatto di essere il più esteso del massiccio, occupando un'area compresa tra le quote di 2600 e 2890 m s. l. m. (Comitato Glaciologico Trentino, 1994; Masè, 2005). La vedretta² presenta un'esposizione Nord-Ovest, una forma a circo-vallone ed un'alimentazione mista, ossia di tipo diretto e valanghivo.



Figura 8: Ghiacciaio d'Agola in data 18 agosto 2021 (foto A. Furlotti).

Nella denominazione catastale del Comitato Glaciologico Trentino (1994) il ghiacciaio d'Agola è contrassegnato dalla numerazione 657.0. Tale catasto è stato pubblicato a seguito di una sequenza di rilievi effettuati dalla Società degli Alpinisti Tridentini (S.A.T.) in collaborazione con il Comitato Glaciologico Italiano e con il Parco Naturale Adamello Brenta, a partire dal 1989 (Bombarda e Parisi, 1997); a seguito di queste prime rilevazioni, già

² termine di origine preromana, di uso locale, sinonimo di "ghiacciaio". Per alcune note sulla terminologia e sulla toponomastica si veda Bombarda, 1994: 15-17.

negli anni 1990, 1991, 1992 e 1993 l'attività del ghiacciaio è stata contrassegnata come "Regresso" (Comitato Glaciologico Trentino, 1994).

Questo risultato va considerato come parte di un fenomeno più ampio, che interessa tutti i sistemi glaciali del Gruppo del Brenta: stando alle conclusioni di un lavoro di perimetrazione dei ghiacci, effettuato nel 2013 dalla Provincia Autonoma di Trento in collaborazione con il MUSE, dalla fine della Piccola Età Glaciale i ghiacciai delle Dolomiti di Brenta, nel complesso, hanno subito una riduzione areale dell'86.5%. Anche nel periodo 1958-1987, climaticamente più favorevole, il tasso di arretramento medio si è mantenuto elevato (-1.33%/anno); a differenza, invece, dei vicini gruppi montuosi del Cevedale, dell'Adamello e della Presanella, il periodo 2003-2013 si è rivelato essere meno impattante, nonostante il tasso di arretramento si sia comunque mantenuto pari a -1.28%/anno (Bertoni e Casarotto, 2014). In ogni caso, se nelle montagne del Brenta l'ablazione dei ghiacci si è dimostrata un fenomeno molto imponente, a causa di una particolare sensibilità dovuta alla collocazione altitudinale dei bacini di accumulo e della ELA (Equilibrium Line Altitude), posti generalmente a quote inferiori rispetto a quelli dei gruppi montuosi vicini, è comunque evidente che, ad oggi, il regresso dei ghiacciai è osservabile lungo tutto l'arco alpino: dalla seconda metà dell'Ottocento al 2010, in particolare, è possibile affermare che i ghiacciai italiani abbiano subito una contrazione complessivamente stimata del 40% (Bombarda e Parisi, 1997; Casarotto, 2010).

Il fatto che il ritiro dei ghiacciai sia un fenomeno generalizzato e riscontrabile a livello mondiale è oggi un concetto estremamente noto nel panorama scientifico: osservazioni, effettuate da satellite o *in situ*, di variazioni nell'estensione, nella lunghezza e nella massa glaciale si inseriscono, negli ultimi decenni, in un quadro globalmente coerente di recessione dei ghiacci, che emerge in modo molto chiaro nonostante un'ampia variabilità annuale e regionale (Figura 9). È estremamente probabile che la causa primaria di questo fenomeno sia il surriscaldamento in atto a livello atmosferico: gli esperti concordano sulla possibilità che un aumento di origine antropogenica delle concentrazioni di gas serra abbia contribuito a queste variazioni in massa. Altri fattori quali l'influenza dell'umidità atmosferica (in aumento) sui flussi di calore latente alla superficie glaciale, che modifica ritmi e tempistiche di ablazione, la riduzione delle precipitazioni nevose, e le variazioni nella velocità del vento, implicano complessivamente un'amplificazione del processo (Hock *et al.*, 2019). Appare pertanto ormai quasi superfluo precisare che i numerosi mutamenti in atto sulla criosfera alpina siano da collocare in un contesto di cambiamenti globali le cui cause risultano essere sempre più

evidentemente antropiche, come dimostrano gli approfonditi rapporti dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (si veda: IPCC, 2014).

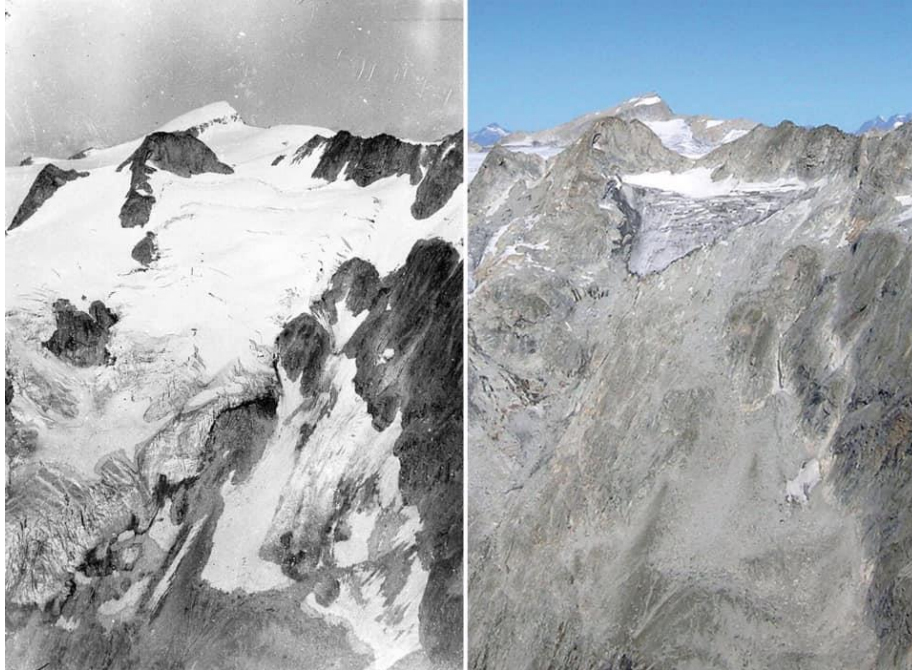


Figura 9: Monte Adamello, dal Corno di Cavento. Fotografie di F. Battana (1917) e M. Motter (2017) a confronto.

In questo quadro, è opportuno specificare quali modificazioni hanno interessato il ghiacciaio d'Agola a partire dall'ultimo impulso della Piccola Età Glaciale (PEG) nel 1850 fino ad oggi. Come dimostrato dettagliatamente da uno studio geofisico e geomorfologico condotto nel 2005, attraverso l'analisi topografica delle morene di sponda della PEG è stato possibile concludere che la quota della ELA ha subito un innalzamento di 67 metri dal 1850 al 2003, compatibile con un aumento termico di 0,4°C. Contemporaneamente, la riduzione areale stimata è del 62.6% e corrisponde ad un ritiro complessivo della fronte pari a 802 m. Per quanto concerne il bilancio di massa, nel 2002 si stimava una perdita media annuale di 322101 m³ w.e. (water equivalent) (Masé, 2005). Nello stesso studio, si ipotizzava in modo qualitativo un tempo di sopravvivenza di 15 anni; tale conclusione, già accompagnata da un'ampia incertezza, viene oggi definitivamente smentita dalla persistenza del ghiaccio, a 16 anni di distanza.

L'esatta area di studio selezionata per il Progetto Agola, e dunque per questo lavoro, è raggiungibile a piedi dal Rifugio XII Apostoli (Brenta Meridionale) tramite il sentiero CAI-SAT n. 304. Essa corrisponde alla cronosequenza di ritiro del ghiacciaio d'Agola, individuata sulla base dello studio geomorfologico effettuato dal Prof. R. Seppi (Università degli Studi di

2. CONSIDERAZIONI SULL'ORNITOFAUNA DELLE DOLOMITI DI BRENTA

2.1 GLI UCCELLI DEL PARCO: UNA PANORAMICA

Come già sottolineato, il territorio del Parco Naturale Adamello Brenta, in parte grazie alla complessità orografica e topografica, in parte a causa delle ampie differenze altitudinali tra le zone vallive e le massime vette, ospita al proprio interno una grande diversità di habitat e ambienti. Risulta pertanto chiaro che un panorama di questo tipo offre un'ampia possibilità di soddisfare le preferenze ambientali di numerose specie ornitiche: nel 2013, le specie facenti parte della *checklist* dell'area protetta erano 126, di cui 86 nidificanti, 42 svernanti e 19 accidentali (Volcan, 2013). Sulla base delle caratteristiche biologiche ed ecologiche delle diverse specie e delle loro segnalazioni, è possibile fornire un quadro della loro ripartizione nei diversi ambienti presenti entro i confini del Parco. Obiettivo di questo paragrafo è dunque presentare una visione sintetica della caratterizzazione avifaunistica nei diversi habitat.



Figura 11: Ciuffolotto (*Pyrrhula pyrrhula*). Immagine Web.

È necessario specificare che la fonte bibliografica principale, ovvero il lavoro di Caldonazzi *et al.* (1994), che si riferisce al biennio 1992-1993, presenta come focus di ricerca le specie di piccola taglia, appartenenti all'ordine dei Passeriformi. Tale studio viene pertanto qui necessariamente integrato con informazioni aggiuntive relative agli altri ordini, tratte dal Piano Faunistico del Parco (AA.VV., 2007) e da relazioni interne ad opera degli uffici preposti del Parco Naturale Adamello Brenta (AA.VV., 2012; Marchesi *et al.*, 2001; Mustoni *et al.*, 2010; Volcan, 2006; Volcan, 2011). Infine, è opportuno aggiungere che, per necessità di sintesi, in questo paragrafo non vengono riportate tutte le specie censite per ciascun ambiente, ma solo le principali e più rappresentative. Per un quadro completo ed esaustivo, si veda la *checklist* degli uccelli del parco, riportata all'Allegato 1.

Alle quote inferiori comprese nell'area protetta, come ad esempio in prossimità dei centri abitati vallivi della Rendena, un ambiente diffuso ma minacciato dalle moderne pratiche agricole è quello del prato falciabile: si tratta di un habitat aperto, poco adatto alla nidificazione, in quanto il rischio di predazione è particolarmente elevato. L'uso di questo ambiente ad opera della comunità ornitica è dunque prevalentemente trofico: specie frequenti sono il merlo (*Turdus merula*) e la cesena (*Turdus pilaris*). Nelle aree aperte di fondovalle, si ritrovano, inoltre, il succiacapre (*Caprimulgus europaeus*), il codirosso (*Phoenicurus phoenicurus*), la cornacchia nera (*Corvus corone*), il cardellino (*Carduelis carduelis*) e lo zigolo muciatto (*Emberiza cia*). Tra gli Strigidi, si possono annoverare in questi ambienti l'allocco (*Strix aluco*; Figura 12) e il gufo comune (*Asio otus*) (Caldonazzi *et al.*, 1994; AA.VV., 2007; Marchesi *et al.*, 2001). Ad altitudini simili, su versanti soleggiate (zona di Molveno e San Lorenzo in Banale), si hanno i boschi caducifogli a tendenza termofila, strutturalmente semplici e comunque poco diffusi; principalmente vi si ritrova il ciuffolotto (*Pyrrhula pyrrhula*; Figura 11) e il fringuello (*Fringilla coelebs*) (Caldonazzi *et al.*, 1994).



Figura 12: Allocco (*Strix aluco*). Immagine Web.

Per quanto riguarda i boschi a latifoglie di maggiore estensione, nel territorio dell'Adamello-Brenta si hanno faggete e boschi misti di latifoglie. Le prime, caratteristiche di quote inferiori ai 1300 m e spiccatamente mesofile, sono diffuse ai confini meridionali e orientali del Parco. I secondi, invece, comprendenti principalmente aceri (*Acer spp.*), frassini (*Fraxinus excelsior*), faggi (*Fagus sylvatica*) e sorbi (*Sorbus spp.*) in proporzioni variabili, si ritrovano in zone piuttosto localizzate. In entrambi i casi, si ha una elevata diversità dell'avifauna; va sottolineato in particolare il riscontro di specie quali lo scricciolo (*Troglodytes troglodytes*), il pettirosso (*Erithacus rubecula*), la capinera (*Sylvia atricapilla*) e il merlo, connesse alla

presenza di un sottobosco ben sviluppato, che qui si deve alla ceduzione del faggio e alla rinnovazione delle latifoglie (Caldonazzi *et al.*, 1994). Un'altra specie caratteristica di queste aree boschive è il picchio nero (*Dryocopus martius*) (AA.VV., 2007). Si segnala inoltre la presenza di diverse specie di cince (Caldonazzi *et al.*, 1994; Figura 13).



Figura 13: Cincia dal ciuffo (*Lophophanes cristatus*). Immagine Web.

In relazione, invece, ai boschi di aghifoglie, nel parco sono comprese pinete (a pino silvestre e a pino nero), peccete, boschi misti di aghifoglie e lariceti. A proposito delle due tipologie di pineta, va specificato che esse si differenziano notevolmente l'una dall'altra: se, da una parte, la pineta a pino silvestre – caratteristica di quote medio-basse, nei settori a Sud e a Est del Gruppo del Brenta – ospita un'ampia varietà di specie, tra cui è esclusivo il luì bianco (*Phylloscopus bonelli*), e consente lo sviluppo di una buona copertura arbustiva, la pineta a pino nero è da considerarsi uno tra gli habitat più poveri, la cui fauna ornitica annovera principalmente specie ecologicamente poco selettive quali cince e fringuelli. Va in ogni caso considerato che il pino nero (*Pinus nigra*) non è una specie autoctona sul territorio del parco, bensì di origine antropica: ciò si riflette sulla morfologia del bosco, che spesso presenta una disposizione artificiale delle piante (Caldonazzi *et al.*, 1994). Diversa è invece la caratterizzazione della pecceta: con 36 specie censite, è l'ambiente del Parco Adamello Brenta più ricco dal punto di vista della fauna ornitica. Tra le specie segnalate durante l'indagine del 1992-1993, 32 appartengono all'ordine dei Passeriformi, mentre le altre quattro sono il falco pecchiaiolo (*Pernis apivorus*), lo sparviere (*Accipiter nisus*), il gallo cedrone (*Tetrao urogallus*) e il francolino di monte (*Tetrastes bonasia*); è caratteristico delle aree boschive anche il gallo forcello (*Lyrurus tetrix*). (Caldonazzi *et al.*, 1994; AA.VV., 2007.; Mustoni *et al.*, 2010). Tra gli Strigiformi, invece, si ritrova la civetta capogrosso (*Aegolius funereus*) (Marchesi *et al.*, 2001). Infine, il lariceto, comune a quote comprese tra 1700 e 1800 m s.l.m. e confinante con la prateria alpina, presenta un'ornitocenosi che si distingue per una grande

diversità e una ricchezza poco inferiore a quella della pecceta. Si riscontrano specie caratteristiche di ambienti aperti – spioncello (*Anthus spinoletta*), ballerina bianca (*Motacilla alba*), stiacchino (*Saxicola rubetra*) – così come specie la cui attività di nidificazione è connessa a chiome e tronchi – picchio rosso maggiore (*Dendrocopus major*), merlo dal collare (*Turdus torquatus*), tordela (*Turdus viscivorus*), rampichino alpestre (*Certhia familiaris*), ghiandaia (*Garrulus glandarius*), nocciolaia (*Nucifraga caryocatactes*). A scopi trofici, si registra l'occasionale frequentazione da parte del gracchio alpino (*Pyrrhocorax graculus*) e del corvo imperiale (*Corvus corax*) (Caldonazzi *et al.*, 1994). Tra i rapaci notturni, si ha la presenza della civetta nana (*Glaucidium passerinum*) (Marchesi *et al.*, 2001).

Vista la ricchezza idrica caratteristica del versante dell'Adamello-Presanella, vale la pena volgere brevemente lo sguardo all'avifauna degli ambienti acquatici nel parco. Per quanto concerne i laghi alpini, situati principalmente a quote superiori ai 1500 m s.l.m., appare chiaro che un'insufficiente copertura vegetazionale in prossimità di essi influenza negativamente la ricchezza dell'avifauna; l'unica specie la cui presenza può essere direttamente correlata all'ambiente lacustre è la ballerina gialla (*Motacilla cinerea*; Figura 14). Lungo i corsi d'acqua, invece, la fauna ornitica censita è costituita da specie caratteristiche delle formazioni riparie arbustive: si segnalano in particolare scriccioli, merli e capinere (Caldonazzi *et al.*, 1994).



Figura 14: Ballerina gialla (*Motacilla cinerea*). Immagine Web.

Risalendo di quota, ad altitudini superiori a quelle che consentono lo sviluppo dell'areale forestato, si incontra una vegetazione di tipo arbustivo, caratteristica dell'orizzonte subalpino. Generalmente, questo tipo di ambienti, che ospitano principalmente pini mughì (*Pinus mugo*) e specie appartenenti ai generi *Rhododendron* e *Vaccinium*, a causa della vicinanza con pascoli e sporgenze rocciose e della sporadica presenza di alberi isolati, offrono numerose possibilità di sfruttamento da parte dell'avifauna. L'ornitocenosi è composta da specie nidificanti tipiche degli strati arbustivi, ovvero principalmente piccoli passeriformi quali scricciolo, luì piccolo

(*Phylloscopus collybita*), passera scopaiola (*Prunella modularis*), pettirosso e bigiarella (*Sylvia curruca*), ma anche da specie caratteristiche di altri ambienti, che frequentano l'arbusteto principalmente per la ricerca di cibo. Tra queste si annoverano cincia alpestre (*Poecile montanus*) e cincia mora, fringuello, organetto (*Carduelis flammea*), crociere (*Loxia curvirostra*), nonché corvidi come il gracchio alpino e rapaci diurni come il gheppio (*Falco tinnunculus*) (Caldonazzi *et al.*, 1994).

Infine, alle quote più elevate, superiori ai 1700 m, si ritrovano gli ambienti aperti, tra cui si annoverano pascoli e praterie sommitali, la tundra alpina, i versanti detritici e le pareti rocciose. La ricchezza specifica dell'ornitofauna si riduce con l'altitudine e con la copertura vegetazionale; specie caratteristiche di tutti questi ambienti sono lo spioncello e il codiroso spazzacamino (*Phoenicurus ochruros*), anche se si ritrovano anche culbianchi, prispoloni (*Anthus trivialis*), sordoni (*Prunella collaris*), gracchi alpini, rondoni (*Apus apus*) e rondini montane (*Ptyonoprogne rupestris*) (Caldonazzi *et al.*, 1994). Vista la vastità degli ambienti d'alta quota del Parco Adamello Brenta, tra i rapaci si riscontra l'aquila reale (*Aquila chrysaetos*), mentre è rara la frequentazione da parte del gipeto (*Gypaetus barbatus*) (AA.VV., 2007; Volcan, 2006; Volcan, 2011). A quote comprese tra 2000 e 2600 m s.l.m. è caratteristica la presenza della pernice bianca (*Lagopus muta*) (AA.VV., 2007).

2.2 SPECIE RILEVATE NELLA ZONA DEL GHIACCIAIO D'AGOLA: MORFOLOGIA, HABITAT E RELAZIONE CON IL CLIMA

In questo paragrafo, viene presentato un approfondimento relativo alle sole specie rilevate lungo la cronosequenza di ritiro del ghiacciaio d'Agola durante i monitoraggi al canto che hanno costituito la fonte di dati per questo lavoro, come verrà riportato in dettaglio nel Capitolo 3. Tra esse si contano 9 specie appartenenti all'ordine dei passeriformi, una specie appartenente a quello dei galliformi (la pernice bianca – *Lagopus muta*) e una appartenente ai falconiformi (il gheppio – *Falco tinnunculus*). Tra i passeriformi, le famiglie rappresentate sono: Motacillidae, Prunellidae, Turdidae, Passeridae, Corvidae e Tichodromidae.

2.2.1 Spioncello – *Anthus spinoletta*



Figura 15: Spioncello (*Anthus spinoletta*). Foto N. Santoni.

Specie appartenente alla famiglia dei Motacillidae, lo spioncello (Figura 15) è un passeriforme caratteristico delle alte quote, in grado di nidificare fino a 2500 m di altitudine o, nei settori alpini, anche oltre (Pedrini e Noselli, 2005). Il piumaggio è a predominanza bruno, anche se le parti inferiori presentano una colorazione bianca, con distinte strie più scure.

In estate, il petto volge ad una colorazione rosa chiaro. Si distingue per il caratteristico sopracciglio bianco. Non vi sono dimorfismi sessuali (Svensson *et al.*, 2012).

In Trentino, lo si ritrova come specie nidificante a terra, negli ambienti a vegetazione erbacea caratteristici delle praterie alpine e dei pascoli, principalmente dei settori calcareo-dolomitici. Nella stagione fredda, lo svernamento avviene in ambienti umidi e prativi, di fondovalle (Pedrini e Noselli, 2005). Durante la permanenza alle alte quote, è in grado di spingersi fino al limite inferiore dei ghiacci (Caldonazzi *et al.*, 1994).

Per quanto concerne la correlazione tra la sopravvivenza delle popolazioni di spioncello e il fattore meteorologico, uno studio dimostra che il microclima ha influenza nella scelta della disposizione del nido, soprattutto in riferimento all'esposizione solare e quindi alla temperatura: valori troppo elevati influenzano negativamente la covata (Rauter *et al.*, 2002). Trasponendo però il discorso su larga scala, risulta più difficile individuare una relazione o una tendenza. Non sembra in effetti che la distribuzione della specie sul territorio europeo abbia subito spostamenti altitudinali o latitudinali correlabili ai cambiamenti climatici che hanno interessato il continente a partire dal 1850 (Burton J., 1995, appendice 1). Per quanto riguarda invece l'abbondanza della popolazione centro-europea di spioncello, si può viceversa affermare che il cambiamento climatico degli ultimi trent'anni sta comportando un andamento tendente al declino (Flousek *et al.*, 2015). In ogni caso, la popolazione ad oggi è ancora stabile e classificata dalla IUCN come LC: "Least Concern" (BirdLife International, 2015).

2.2.2 Prispolone – *Anthus trivialis*

Come lo spioncello, il prispolone (Figura 16) appartiene alla famiglia dei Motacillidae: è una specie che si ritrova frequentemente ai margini boschivi, in prossimità di ambienti aperti (Caldonazzi *et al.*, 1994). Presenta un piumaggio striato, di colore marrone-grigio oliva. Le parti inferiori sono chiare: il petto è color camoscio, con strie sottili. Le terziarie presentano dei caratteristici bordi chiari (Svensson *et al.*, 2012).



Figura 16: Prispolone (*Anthus trivialis*).
Immagine Web.

Nella Provincia di Trento, gode di una distribuzione quasi ubiquitaria; in particolare, nel Parco Naturale Adamello Brenta lo si ritrova più frequentemente ad altitudini comprese tra i 1700 e i 2000 m, mentre è raro osservarlo a quote superiori (Caldonazzi, 2005; Caldonazzi *et al.*, 1994). L'habitat più caratteristico è un ambiente aperto, come il pascolo alpino o, meno frequentemente, la prateria alpina, confinante con bosco rado (Caldonazzi, 2005).

Come per lo spioncello, anche per il prispolone, in quanto specie nidificante a terra, vi sono evidenze che fattori meteorologici e microclimatici, come ad esempio la direzione del vento, hanno influenza sull'orientazione del nido e sul successo della schiusa delle uova (Burton N. H. K., 2006). Sempre analogamente allo spioncello, inoltre, l'abbondanza della popolazione centro-europea mostra un declino correlabile al cambiamento climatico (Flousek *et al.*, 2015). Diversamente dallo spioncello, però, l'influenza delle variazioni climatiche si riscontra anche in un'espansione verso Nord dell'areale di nidificazione, che ha avuto inizio dopo il 1870 (Burton J., 1995). Complessivamente, la specie è classificata dalla IUCN come LC "Least concern", anche se in declino (BirdLife International, 2015).

2.2.3 Sordone – *Prunella collaris*



Figura 17: Sordone (*Prunella collaris*). Foto N. Santoni.

Il sordone (Figura 17), appartenente alla famiglia dei Prunellidae, di cui fanno parte anche le passere scopaiole, è una specie tipica degli ambienti montani (Pedrini, 2005). Si tratta di un uccello socievole, osservato spesso in piccoli gruppi; a distanza, l'aspetto è scuro e uniforme, mentre presenta invece una striatura rosso-

bruna sui fianchi e piccole macchiette chiare sulla gola e sulle copritrici (Svensson *et al.*, 2012).

In Trentino, lo si ritrova in tutti i gruppi montuosi, anche se con difficoltà sui settori che circondano la Val d'Adige. Nei massicci dolomitici come quello del Brenta, è facile osservarlo durante il periodo di nidificazione a quote superiori al limite degli arbusteti, oltre i 2000 m, in prossimità di affioramenti rocciosi come depositi morenici e versanti detritici. Durante il periodo di svernamento, il range altitudinale si amplia: habitat frequentati sono anche prati, aree urbane e corsi d'acqua (Pedrini, 2005).

È noto che, come tante altre specie, al variare delle stagioni il sordone è in grado di modificare le proprie abitudini giornaliere in modo da adattare il suo *budget* energetico alle differenze climatiche (Janiga e Romanova, 1997). Se questo si traduca, su ampia scala, in una potenzialità di adattamento ai cambiamenti globali, non è noto. Certo è che, al contrario, in quanto specie colonizzatrice di ambienti freddi d'alta quota, potrebbe risentire in modo anche acuto della contrazione dell'habitat che si avrà necessariamente nei prossimi decenni, a causa del riscaldamento in atto (de Gabriel Hernando *et al.*, 2021). Al momento, è classificato dalla IUCN nella fascia LC "Least concerne" (BirdLife International, 2015). È probabile però che tale stato di conservazione dovrà subire una revisione in conseguenza delle future modificazioni climatiche (de Gabriel Hernando *et al.*, 2021).

2.2.4 Codirosso spazzacamino – *Phoenicurus ochruros*



Figura 18: Codirosso spazzacamino (*Phoenicurus ochruros*).
Foto A. Mustoni.

Il codirosso spazzacamino (Figura 18) è sicuramente una delle specie più diffuse in Trentino, appartenente alla famiglia dei Turdidae. Tratto morfologico caratteristico è la coda rosso ruggine, che vibra costantemente da posato. A differenza del codirosso comune, presenta un piumaggio più scuro, tra il grigio e il nero, sia nelle parti superiori che in quelle inferiori. Sull'ala presenta un nitido pannello bianco (Volcan, 2005; Svensson *et al.*, 2012).

È una specie che abita preferenzialmente ambienti aperti e rocciosi, piuttosto secchi e con vegetazione rada, anche se talvolta frequenta aree boscate confinanti con zone aperte e versanti detritici. In Provincia di Trento, la specie è distribuita in un ampio intervallo

altitudinale, che comprende sia le quote più basse che quelle superiori ai 2500 m. Durante la stagione invernale, non è raro osservarlo in prossimità di aree rurali e piccoli centri urbani (Volcan, 2005).

Guardando alle dinamiche della popolazione europea di codiroso spazzacamino, è da tempo documentato il fatto che essa ha compiuto un ampliamento di areale in direzione Nord-Ovest, espandendosi verso le Isole Britanniche e la Penisola Scandinava, già a partire dal 1870. Secondo Burton, ciò è da attribuire al cambiamento climatico e in particolare al riscaldamento in atto nelle zone centrali del continente europeo (Burton J., 1995). Forse proprio per questa capacità di colonizzare nuovi ambienti, complessivamente la popolazione è in crescita e classificata dalla IUCN come LC “Least concern” (BirdLife International, 2015).

2.2.5 Culbianco – *Oenanthe oenanthe*

Un'altra specie caratteristica delle zone rocciose e delle formazioni erbacee discontinue di alta montagna è il culbianco (Figura 19), anch'esso della famiglia dei Turdidae. Morfologicamente, i due sessi sono distinti: il maschio presenta le parti superiori grigie, redini nere, ali nere e un sopracciglio bianco, mentre nella femmina il piumaggio è più tendente al bruno-grigio.



Figura 19: Culbianco maschio (*Oenanthe oenanthe*). Immagine Web.

Caratteristica comune è la coda bianca e nera, che in molti casi facilita l'identificazione della specie (Micheli, 2005; Svensson *et al.*, 2012).

Gli habitat che predilige, in Trentino, sono le praterie rade della fascia alpina e subalpina, così come le pietraie e i versanti detritici. Nella Provincia, non nidifica alle quote di fondovalle o lungo versanti collinari, preferendo le altitudini comprese tra i 2000 e i 2500 m. A quote superiori è possibile registrare una sporadica presenza (Micheli, 2005). Nel Gruppo Brenta, è frequente nei settori meridionali (Caldonazzi *et al.*, 1994).

Nonostante sia certamente difficile stabilire se vi sia una correlazione e quindi un *trend* altitudinale tra l'abbondanza della popolazione alpina di culbianco, specie migratrice, e le variazioni climatiche che hanno recentemente interessato l'ambiente montano, è invece nota un'espansione latitudinale dell'areale, conseguente al riscaldamento in atto nell'Europa Centrale. La complessiva mitigazione del rigido clima artico nelle zone del Nord Atlantico,

infatti, ha consentito alla specie di colonizzare, tra il 1850 e il 1950, la Groenlandia e le zone settentrionali del Canada. Si pensa che l'effetto serra degli anni più recenti possa amplificare questa tendenza (Burton J., 1995). Ad oggi, in ogni caso, la specie è stabile e collocabile nella fascia LC "Least concern" (BirdLife International, 2015).

2.2.6 Fringuello alpino – *Montifringilla nivalis*



Figura 20: Fringuello alpino (*Montifringilla nivalis*). Foto N. Santoni.

Il fringuello alpino (Figura 20) è la specie rappresentante della famiglia dei Passeridae. Si tratta di un Passeriforme abbastanza grande; sul terreno, risulta tendente al grigio-marrone, mentre durante il volo il colore prevalente è il bianco.

Durante il periodo invernale, il becco assume una colorazione giallo-avorio, che si fa poi grigia nella stagione estiva (Svensson *et al.*, 2012).

È una specie che predilige gli ambienti rupestri come pareti verticali, depositi di frana, pietraie e conoidi, a quote comprese tra i 2000 e i 2500 m: molto spesso è proprio in anfratti e spaccature della roccia che colloca il nido. In Trentino, lo si ritrova a quote più basse solo durante lo svernamento, nella stagione fredda (Maestri e Voltolini, 2005).

Secondo uno studio del 2018 incentrato sulla selezione del microhabitat di foraggiamento da parte del fringuello alpino, è risultato che l'idoneità per il microhabitat ha subito un significativo calo in passato e che l'andamento è tutt'oggi discendente. Ciò si deve imputare alle variazioni ambientali conseguenti al cambiamento climatico, tra cui vi è lo scioglimento anticipato delle nevi, che causa modificazioni sulla crescita vegetazionale. Di conseguenza, il fringuello alpino risulta grandemente minacciato dagli scenari climatici globali futuri (Brambilla *et al.*, 2018). Ad oggi, comunque, la specie si colloca nella fascia LC "Least concern" della IUCN (BirdLife International, 2015).

2.2.7 Gracchio alpino – *Pyrrhocorax graculus*

Tra i Corvidae, è stato frequentemente avvistato il gracchio alpino (Figura 21). Si tratta di un inconfondibile uccello nero, di medie dimensioni e dal becco giallo, con abitudini gregarie (Svensson *et al.*, 2012).



Figura 21: Gracchio alpino (*Pyrrhocorax graculus*). Immagine Web.

In Trentino, e in particolare nel Parco Naturale Adamello Brenta, è una specie comune e nidificante, che si osserva sopra il limite della vegetazione, preferibilmente a quote comprese tra 1950 e 2400 m. Ambiente essenziale alla specie è la parete rocciosa, in quanto offre riparo e protezione al nido. Lo svernamento avviene sostanzialmente nello stesso areale di nidificazione, senza evidenti abbassamenti di quota, se non sporadici erratismi giornalieri (Zanghellini, 2005).

Per il gracchio alpino, si dimostra che l' idoneità per l'habitat è correlabile a fattori meteorologici quali la temperatura, l'esposizione solare, la copertura nevosa stagionale e la velocità del vento (de Gabriel Hernando *et al.*, 2021). Di conseguenza, in un ambiente montano in veloce evoluzione, non è scontato che la specie non sia in futuro influenzata da possibili variazioni di tali fattori. Ad oggi, la IUCN classifica la specie nella fascia LC "Least concern", valutando la popolazione europea stabile (BirdLife International, 2015).

2.2.8 Corvo imperiale – *Corvus corax*

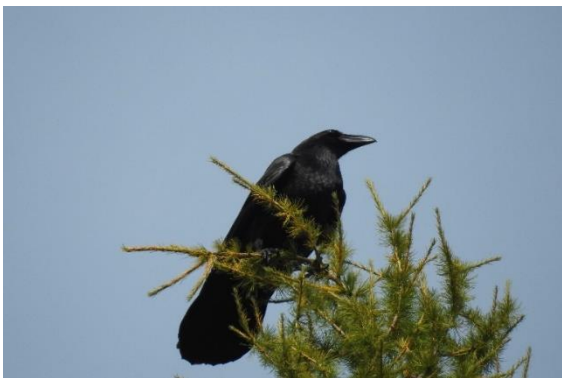


Figura 22: Corvo imperiale (*Corvus corax*). Foto N. Santoni.

Altro esponente della famiglia dei Corvidae è il corvo imperiale (Figura 22). Si tratta di una specie di dimensioni medio-grandi, dal piumaggio nero lucente e dal becco decisamente grosso. Caratteristica particolare è la coda a forma di rombo (Svensson *et al.*, 2012).

Nel Gruppo del Brenta, è più frequente nei settori settentrionali e occupa un ampio *range* altitudinale: la fascia di frequentazione che predilige è quella compresa tra i 1500 e i 2500 m, anche se i siti di nidificazione si collocano mediamente attorno ai 900 m. Habitat caratteristico è la parete rocciosa provvista di cenge e anfratti, anche se, per l'alimentazione, può frequentare anche praterie e aree circostanti le strutture antropiche, come malghe e discariche. In inverno, tende a effettuare un leggero abbassamento di quota (Bertoli, 2005).

Per il corvo imperiale, in quanto specie onnivora, opportunista e in grado di sfruttare un ampio range altitudinale e latitudinale, non sembra che il cambiamento climatico in atto abbia finora avuto grande influenza negativa, né sull'estensione dell'areale di distribuzione né sull'abbondanza della popolazione. Non si registrano spostamenti latitudinali dal 1850 ad oggi (Burton J., 1995, appendice 1); la popolazione europea sembra essere in crescita e classificabile nella fascia LC "Least concern" della IUCN (BirdLife International, 2015).

2.2.9 Picchio muraiolo – *Tichodroma muraria*

Il picchio muraiolo (Figura 23) è un passeriforme di alta quota, unico rappresentante della famiglia dei Tichodromidae. Si tratta di un uccello elusivo, che da posato assume colorazioni tendenti al grigio, non essendo pertanto sempre facilmente



Figura 23: Picchio muraiolo (*Tichodroma muraria*). Foto N. Santoni.

distinguibile a ridosso di una parete rocciosa. In volo, rivela ali color rosso acceso. La specie presenta un leggero dimorfismo sessuale, con il piumaggio del petto tendente al grigio-bianco nella femmina e al nero nel maschio (Svensson *et al.*, 2012).

In Provincia di Trento, è distribuito prevalentemente nel settore occidentale; il Parco Naturale Adamello Brenta è l'area che vanta il maggior numero di osservazioni. Nidifica a quote comprese tra i 1500 e i 2500 m, anche se non è impossibile osservarlo a quote superiori. Predilige habitat rocciosi e strapiombanti: pareti verticali a dirupo, con numerosi anfratti, sono caratteristici ambienti di nidificazione. Nella stagione invernale, si mantiene in zone rocciose, anche a bassa quota; occasionalmente frequenta i centri urbani (Maestri e Voltolini, 2005 *bis*).

Nel 2005, in Trentino, la specie veniva classificata come in declino, prevalentemente a causa dell'andamento climatico anomalo della stagione riproduttiva del 2003 (Maestri e Voltolini, 2005 *bis*). In effetti, a scala locale, sembra che le variabili climatiche e l'altitudine siano tra i fattori più limitanti per la distribuzione delle specie ornitiche alpine, tra cui è compreso il picchio muraiolo (de Gabriel Hernando *et al.*, 2021). Complessivamente, però, si ritiene che la conoscenza sulla biologia e sull'ecologia della specie sia ad oggi insufficiente (Scridel *et al.*, 2018), non consentendo di definire un quadro chiaro ed esaustivo degli effetti del cambiamento climatico sulla popolazione di picchio muraiolo, a piccola e larga scala. Burton (1995) non riporta variazioni direzionali dell'areale della specie successive al 1850 e la IUCN, ad oggi, la classifica nella categoria LC "Least concern", sebbene lo status della popolazione sia ignoto (BirdLife International, 2015).

2.2.10 Gheppio – *Falco tinnunculus*



Figura 24: Gheppio (*Falco tinnunculus*). Foto N. Santoni.

Il gheppio (Figura 24), un piccolo falco, è il rapace più comune nella Penisola Italiana. Presenta ali e coda lunghe e colorazione tendente al bruno. In particolare, il mantello e le copritrici del sopra-ala sono rossicci, in contrasto con le remiganti più scure. Inferiormente, sul petto, il piumaggio presenta una gocciolatura scura densa e marcata. La specie mostra un dimorfismo sessuale, in quanto nel maschio coda e groppone sono grigi, mentre nella femmina castano chiaro (Svensson *et al.*, 2012).

In Trentino, può frequentare un'ampia gamma di tipologie di ambienti aperti e un vasto range altitudinale, dalle quote più basse fino alla fascia dei 2500-3000 m. Nidifica in cenge ed anfratti o in vecchi nidi di altri rapaci e corvidi (Pedrini, 2005 *bis*).

Uno studio del 2016 stabilisce che, per il gheppio, il successo riproduttivo mostra una connessione più stretta con i parametri meteorologici che non con la composizione della dieta (Kreiderits *et al.*, 2016). In particolare, sembra che le precipitazioni influenzino le tempistiche di inizio della covata (Huchler *et al.*, 2020). Poiché tali parametri fisici sono a loro volta correlabili alle tendenze climatiche su larga scala, si può dunque immaginare che la sopravvivenza della specie possa venire influenzata dalle variazioni del macroclima. Come dimostra infatti il lavoro di Costantini, Carello e Dell'Omo (2010), sembra che la deposizione delle uova, per la specie *Falco tinnunculus*, sia condizionata dalle oscillazioni dell'indice NAO. Stabilire come gli effetti del cambiamento climatico, che comporta modificazioni dell'Oscillazione Nord-Atlantica, si riflettano sulla specie, è però estremamente complesso. Per la IUCN, il gheppio si colloca nella categoria LC "Least concern", anche se la popolazione è in calo (BirdLife International, 2015).



Figura 25: Pernice bianca (*Lagopus muta*). Foto N. Santoni.

2.2.11 Pernice bianca – *Lagopus muta*

La pernice bianca (Figura 25) è un tetraonide d'alta quota. Morfologicamente, presenta capo piccolo e corpo arrotondato, con ali corte e larghe. Caratteristiche fondamentali sono il doppio rachide delle piume e il mimetismo del mantello, che garantiscono protezione,

rispettivamente, dal freddo e dai predatori. Nella stagione estiva, il piumaggio è bruno con macchie bianche, mentre nella stagione invernale è completamente bianco. I due sessi si riconoscono per la presenza, nel maschio, di redini nere (più evidenti nella livrea invernale) e di caruncole rosse vistose e sporgenti (Svensson *et al.*, 2012; AA.VV., 2012).

Nella Provincia di Trento e nel Parco Naturale Adamello Brenta, la pernice bianca si ritrova oltre il limite superiore della vegetazione, ad altitudini superiori ai 2000 m, fino al confine con le nevi perenni. Predilige quindi ambienti freddi e aperti come la prateria alpina, le aree pietrose di alta montagna e i versanti detritici. In inverno non si evidenziano variazioni nella distribuzione, salvo un leggero abbassamento altitudinale e una tendenza alla frequentazione dei versanti meridionali (Artuso e Demartin, 2005; Caldonazzi *et al.*, 1994).

In quanto specie adatta agli habitat freddi, la pernice bianca è largamente considerata minacciata dal riscaldamento globale e dai cambiamenti climatici in atto. Secondo uno studio svizzero del 2012, le temperature estive sono un elemento determinante per la distribuzione della specie sul territorio (Revermann *et al.*, 2012). Questo si deve al fatto che la pernice bianca, in quanto specie endotermica, trova nella dissipazione del calore un fattore limitante; pertanto, il rischio di ipertermia è un elemento preponderante, rispetto alla disponibilità di cibo, nella scelta dell'areale di distribuzione (Speakman e Król, 2010). In questo quadro si collocano i risultati dello studio di Scridel *et al.* (2021): si stima che, sulla base degli scenari climatici futuri, l'areale di distribuzione della pernice bianca si ridurrà notevolmente; la specie tenderà ad occupare zone a latitudini e quote sempre maggiori. Anche la IUCN classifica la specie nella categoria NT "Near Threatened", annotando tra le potenziali minacce il cambiamento climatico (BirdLife International, 2015).

3. MONITORAGGIO AVIFAUNISTICO IN AGOLA: MATERIALI E METODI

3.1 IMPOSTAZIONE COMPLESSIVA DEL PROGETTO

All'interno dell'area di studio selezionata (Figura 26) sono stati individuati 4 plot, denominati *PEG*, *1908*, *1973* e *FRONTE*. Il centro di ciascuno di essi è situato in corrispondenza del margine massimo del ghiacciaio, come si suppone si estendesse nel corrispettivo anno, stabilito grazie al rilievo geomorfologico. Inoltre, all'esterno dei confini che definiscono la cronosequenza di regresso, è stato scelto un ulteriore plot, denominato *EXTRA PEG*: dal pregresso studio di V. Masè (2005) e dal lavoro del prof. R. Seppi, (Università di Pavia), non è noto che per questo punto si abbiano avuto fasi di glaciazione che non siano appartenenti all'epoca würmiana (circa 11000 anni fa); esso viene pertanto considerato un riferimento esterno al sistema influenzato dalle dinamiche del ghiacciaio d'Agola.

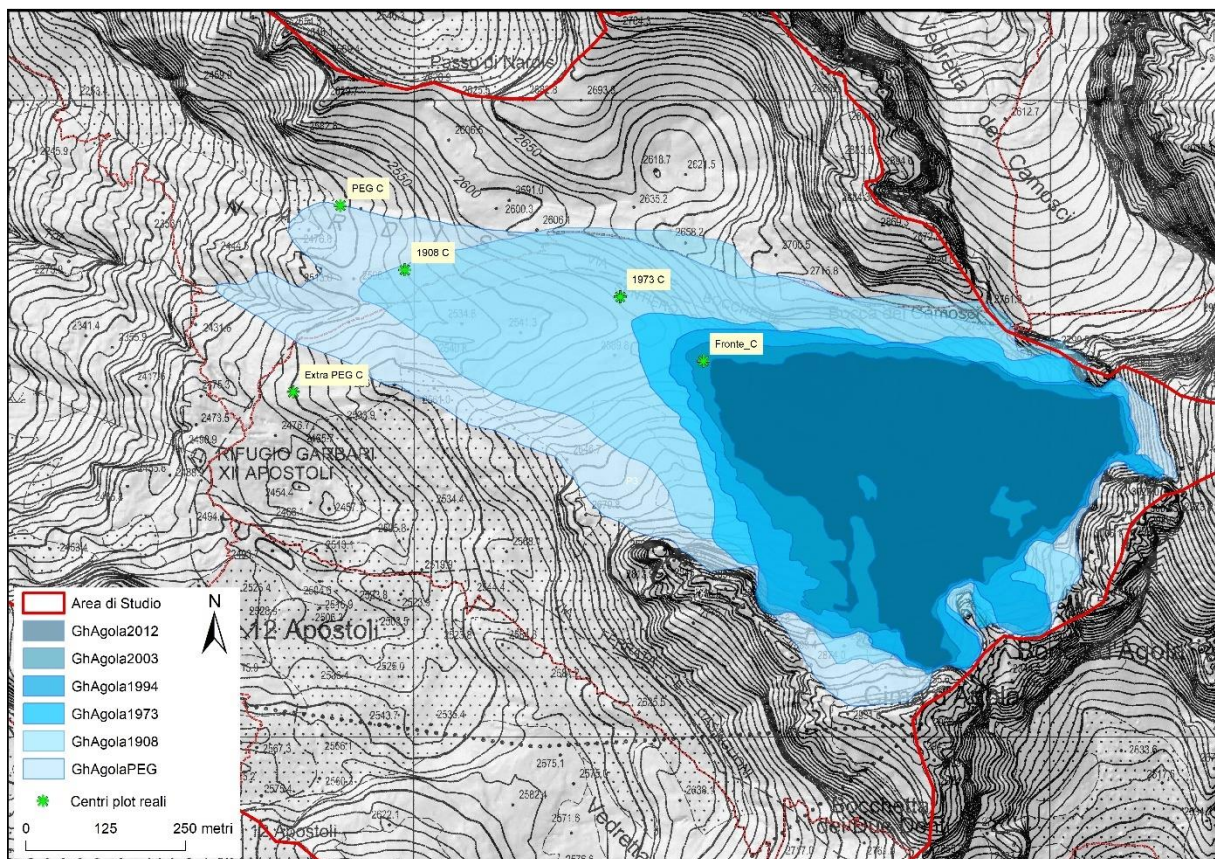


Figura 26: Centri dei plot, lungo la cronosequenza di regresso del ghiacciaio d'Agola

Per fornire una definizione più esatta rispetto alla collocazione e alle caratteristiche dei diversi plot, si specifica che:

- a. Il plot *EXTRA PEG*, situato alla quota di 2496 m, si trova ad una distanza orizzontale di circa 180 m dal Rifugio XII Apostoli (Figura 27); questo dettaglio è importante ai fini del monitoraggio avifaunistico, in quanto la presenza turistica può costituire una fonte di disturbo – o viceversa, per alcune specie, un incentivo alla frequentazione della zona.



Figura 27: vista sul Rifugio XII Apostoli dal plot EXTRA PEG. Foto A. Furlotti.

- b. Il plot *PEG*, posto ad una quota di 2487 m, è situato sul deposito morenico destro che corrisponde al margine destro del ghiacciaio durante l'ultimo impulso della Piccola Età Glaciale nel 1850. Si può dunque affermare che, nel 1850, il punto in cui è oggi collocato il centro del plot *PEG* apparteneva ad un'area glacializzata. Muovendo dall'ipotesi che, a partire dall'anno successivo, il ghiacciaio d'Agola abbia subito un progressivo regresso, nonostante possibili oscillazioni annuali (per i dettagli relativi alle variazioni frontali si veda: Masè, 2005), si deduce che il suolo in corrispondenza del plot *PEG* manca di copertura glaciale complessivamente da circa 171 anni, durante i quali esso ha potuto subire i caratteristici processi di sviluppo ed evoluzione.
- c. Il plot *1908* si colloca alla quota di 2523 m, sul deposito morenico destro, corrispondente al margine destro del ghiacciaio come si estendeva nel 1908. Dunque, è possibile affermare che il suolo in corrispondenza del centro del plot *1908* abbia subito un processo di deglaciazione e sviluppo ad oggi della durata complessiva di 113 anni.

d. Il plot *1973* è situato alla quota di 2582 m (Figura 28), pressoché in corrispondenza della fronte glaciale relativa all'anno 1973. Infatti, a causa della micro-morfologia del sito, non è stato possibile collocare il centro del plot all'esatto limite frontale identificato per l'anno 1973; con l'obiettivo di massimizzare la sicurezza degli operatori e la stabilità nel tempo e nello spazio delle *pitfall traps*, a cui viene fatto un accenno più avanti, si è scelto dunque di posizionare tale plot leggermente più a valle (circa 25m; Figura 26).

Di conseguenza, si potrebbe affermare che il processo di deglacializzazione ed evoluzione del suolo in coincidenza del centro del plot *1973* si è protratto, ad oggi, per più di 48 anni. In realtà, sia dal lavoro del prof. R. Seppi che dal rilievo svolto indipendentemente dal Comitato Glaciologico Trentino (CAI – SAT), i cui risultati non sono pubblicati, si ha motivo di supporre che, in corrispondenza della posizione scelta per il centro del plot *1973*, nel 1986 fosse localizzata la fronte glaciale. Il fatto che, dunque, nel 1986 la copertura glaciale fosse più avanzata rispetto all'anno 1973 è compatibile con il regime climatico di quel decennio (si veda: Masè, 2005). Di conseguenza, il tempo di deglacializzazione del suolo nel centro del plot *1973* è necessariamente compreso in un intervallo di 48-35 anni.

e. Il plot *FRONTE* si colloca alla quota di 2648 m, circa 70 metri più a valle rispetto all'odierna posizione della fronte glaciale. A causa dell'estensione della copertura nevosa, che si è mantenuta persistente a seguito delle abbondanti precipitazioni della stagione invernale 2020-2021, non è stato infatti possibile collocare il plot all'esatto limite frontale attuale. Il tempo di deglacializzazione deve dunque considerarsi compreso in un intervallo di 18-9 anni, in quanto il centro del plot è situato in un punto che, secondo il rilievo geomorfologico, nel 2003 era ancora coperto dal ghiaccio, mentre nel 2012 la fronte glaciale si ritrovava già a quote più elevate.

Le caratteristiche dei plot sono riassunte in Tabella 1.

Tabella 1: Parametri topografici e tempo di deglacializzazione dei plot.

Plot	Quota (m)	Pendenza	Esposizione	Tempo deglacializzazione (anni)
<i>EXTRA PEG</i>	2496	17,16	238,24	> 171
<i>PEG</i>	2487	16,92	260,54	171
<i>1908</i>	2523	18,66	267,88	113
<i>1973</i>	2582	26,06	212,47	48-35
<i>FRONTE</i>	2648	21,37	296,57	18-9

È possibile dunque notare che, seguendo i quattro plot, se si esclude il riferimento esterno costituito dall'*EXTRA PEG*, il tempo di deglaciazione è diverso e decrescente con la quota. Essi sono dunque rappresentativi della cronosequenza relativa al regresso del ghiacciaio d'Agola.

Al centro di ciascun plot, sono stati collocati due sensori di temperatura e umidità (*Tinytag data loggers*), il primo interrato nel suolo e il secondo posizionato in aria, a poco più di un metro da terra, grazie all'ausilio di un palo predisposto per proteggere il sensore dai raggi solari diretti. In questo lavoro, per semplicità, verranno analizzati i soli dati raccolti dal sensore collocato in aria. Per completezza, è necessario aggiungere che, lungo un transetto di 20 m, sono state disposte 5 *pitfall traps* per il monitoraggio di Carabidi e Aracnidi, contestuale al progetto Agola, e, nelle vicinanze, una fototrappola, per la raccolta di indici faunistici occasionali. Nessuna di queste serie di dati è stata considerata nel presente studio.

Il monitoraggio avifaunistico si è svolto mediante punti d'ascolto, allestiti al centro di ciascun plot, secondo le tempistiche e le modalità descritte in dettaglio al paragrafo 3.3.



Figura 28: Vista parziale sul ghiacciaio d'Agola e gruppo di camosci in corrispondenza del plot 1973. Foto N. Santoni.

3.2 MONITORAGGIO MEDIANTE PUNTI D'ASCOLTO: POTENZIALITÀ E ASPETTI CRITICI

Prima di esplorare le modalità di raccolta dati applicate specificamente durante le rilevazioni avifaunistiche in Agola di agosto-settembre 2021, è opportuno approfondire le problematiche e i punti di forza relativi ad un approccio fondato sul monitoraggio delle specie ornitiche al canto.

Generalmente, una metodologia impostata sul conteggio mediante punti d'ascolto viene utilizzata per raccogliere dati su aree campione di dimensioni medio-grandi; tutti gli individui visti e sentiti nell'unità di tempo selezionata vengono inclusi nella lista dei contatti. In questo modo, il vantaggio principale è la possibilità di raccogliere un elevato numero di dati in tempistiche relativamente brevi; non è necessario, infatti, che l'operatore identifichi visivamente un individuo per includerne l'indice di presenza nel *dataset*.

Gibbons (1996) suggerisce che, per una stessa area di indagine, si debba utilizzare un numero minimo di punti di ascolto non inferiore a 20 e posti l'uno dall'altro ad una distanza di 200 m; in un ambiente montano come l'area di studio qui selezionata, però, tali criteri non sono né adatti né funzionali. Infatti, il territorio soggetto a questa indagine ha dimensioni intrinsecamente limitate, perché la scelta dei confini è stata effettuata secondo un criterio – la cronosequenza del regresso di un ghiacciaio – che non consente di estendere o ridurre l'area di studio.

Per lo stesso motivo, la logica che definisce le distanze (in linea retta) tra un plot e il successivo non sempre consente di rispettare il limite proposto di 200 m; ad esempio, costruendo un cerchio di raggio 100 m attorno ai centri dei plot, è evidente che i confini delle aree delle coppie *PEG-1908* e *1973-FRONTA* si sovrappongono (Figura 29). Va inoltre aggiunto che, a quote così elevate, lavorare su ampie distanze risulta comunque difficoltoso, a causa della morfologia del paesaggio roccioso, che spesso costituisce un fattore limitante.

Si vuole però precisare che questi vincoli, derivanti direttamente dalla tipologia di ambiente analizzata, non compromettono la validità dei dati raccolti in Agola. Bibby (1992) afferma infatti che la scelta sistematica dei punti d'ascolto, per rappresentare diverse caratteristiche ambientali, è una metodologia valida per procedere alla caratterizzazione avifaunistica dell'area prescelta; considerate le peculiarità geomorfologiche della zona e la difficoltà legata alla percorrenza, da parte degli operatori, di questo tipo di ambiente, l'utilizzo di punti

d'ascolto fissi rimane l'alternativa di monitoraggio più idonea, rispetto, ad esempio, ad una tecnica fondata sul solo mappaggio dei territori.

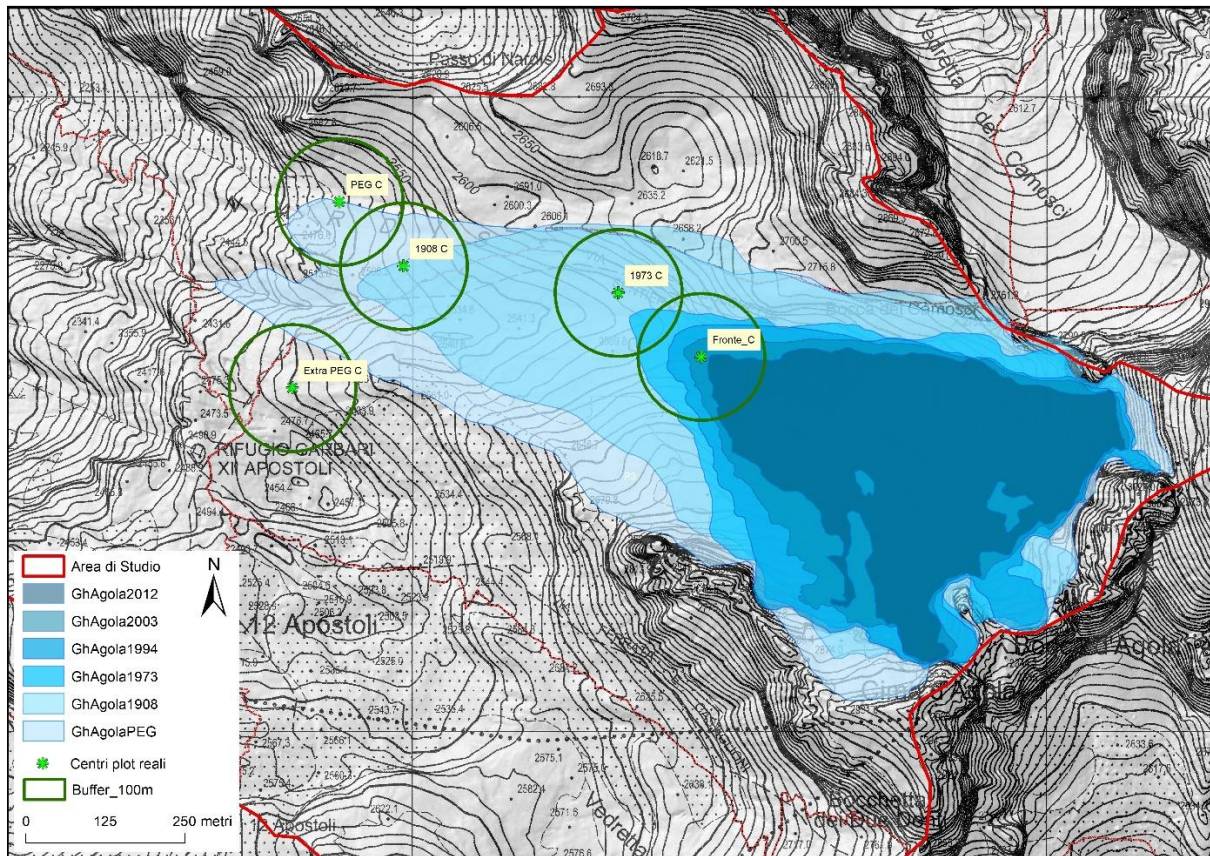


Figura 29: Stima della distanza tra i diversi plot.

Un aspetto veramente critico del monitoraggio mediante punti d'ascolto è invece il fatto che questa metodologia si adatta in modo particolare alla rilevazione di specie canore, mentre risulta meno compatibile con la ricerca di specie elusive e poco confidenti (Gagliardi e Tosi, 2012). Ciò si può riflettere sulla qualità dei dati, introducendo un errore sistematico connesso alla diversa contattabilità delle specie. A questo aspetto si accompagnano le difficoltà nell'identificazione delle specie al canto, che può decisamente ampliare il margine d'errore. Per ovviare a questi problemi, durante il monitoraggio in Agola si sono adottate soluzioni che si possono riassumere in: tempistiche di ascolto più lunghe, amplificazione del suono, registrazione dei richiami sentiti. Ciò verrà riportato in dettaglio al paragrafo successivo.

3.3 RACCOLTA DATI AVIFAUNISTICI: TEMPISTICHE E MATERIALI

Le sessioni di raccolta dei dati relativi all'ornitofauna della zona d'Agola si sono svolte nell'intervallo intercorso tra il 29/07/2021 e il 07/09/2021 (Figura 30). Considerando che la riproduzione di quasi tutte le specie di Uccelli in Trentino avviene nel periodo compreso tra la metà di aprile e la fine di luglio (Pedrini *et al.*, 2005), si potrebbe dedurre che il lasso di tempo in cui sono state svolte le sessioni di ascolto non coincide con quello in cui si ha la maggiore contattabilità delle specie. Ciò è parzialmente corretto: il ritardo nell'avvio delle attività di monitoraggio si spiega con la persistenza della copertura nevosa all'inizio della stagione estiva, che avrebbe reso difficoltosa la frequentazione dell'area di studio e l'allestimento dei punti d'ascolto da parte degli operatori, soprattutto per quanto concerne i plot alle quote più elevate. È però anche possibile che, in risposta all'avversità delle condizioni climatiche, il periodo riproduttivo di alcune specie ornitiche sia stato posticipato (Martin e Wiebe, 2004), limitando le problematiche connesse al differimento dell'inizio dei monitoraggi. Questa considerazione resta comunque solo un'ipotesi, in quanto non si hanno evidenze che, per la primavera 2021, a causa delle abbondanti precipitazioni nevose cadute ad inizio anno, la stagione riproduttiva degli uccelli d'alta montagna in Trentino sia stata ritardata. Va inoltre considerato che non sempre vi è una correlazione tra l'andamento delle temperature primaverili o lo scioglimento tardivo delle nevi e l'inizio del periodo riproduttivo nelle specie ornitiche degli ambienti alpini (Martin e Wiebe, 2004).



Figura 30: Ultima giornata di monitoraggio al canto per la stagione 2021. Plot FRONTE, 07/09/2021. Foto N. Santoni.

Per ciascun plot, il monitoraggio al canto è stato effettuato in due repliche. Ciascuna replica ha compreso due sessioni di un'ora, la prima tra le 8:30 e le 9:30 e la seconda tra le 10:30 e le 11:30, con possibili variazioni di qualche minuto dovute alle tempistiche di avvicinamento ai plot. Un prospetto riassuntivo è riportato in Tabella 2.

Tabella 2: Calendario delle sessioni di monitoraggio avifaunistico.

DATA	PLOT	REPLICA	SESSIONE 1	SESSIONE 2
29/07/2021	EXTRA PEG	1	8:23-9:23	-
30/07/2021	PEG	1	8:36-9:36	-
06/08/2021	1908	1	8:30-9:30	10:38-11:38
10/08/2021	1973	1	8:28-9:28	10:26-11:26
18/08/2021	FRONTE	1	8:35-9:35	10:31-11:28
26/08/2021	EXTRA PEG	2	8:30-9:30	10:30-11:30
30/08/2021	PEG	2	8:30-9:30	10:30-11:30
31/08/2021	1908	2	8:27-9:27	10:23-11:23
02/09/2021	1973	2	8:28-9:28	10:29-11:29
07/09/2021	FRONTE	2	8:37-9:37	10:30-11:30



Figura 31: Monitoraggio avifaunistico presso il plot EXTRA PEG (29/07/2021). Foto A. Mustoni.

La motivazione alla base di questa doppia sessione di ascolto giornaliera è l'osservazione che, nell'arco della mattinata, com'è ragionevole, le temperature nell'area di studio variano significativamente in conseguenza dell'irraggiamento solare. Durante l'attuazione dei primi punti d'ascolto in corrispondenza dei plot *EXTRA PEG* e *PEG*, si ha potuto notare in modo meramente qualitativo come il numero di specie contattabili crescesse all'aumentare della temperatura e con il trascorrere delle ore mattutine; si è ritenuto pertanto che questa riflessione potesse rappresentare una risorsa per l'intero assetto d'indagine.

La durata di un'ora per ciascuna sessione potrebbe apparire quasi eccessiva, se si tiene in considerazione il fatto che, generalmente, in un monitoraggio impostato sull'attuazione di punti d'ascolto, un rilevamento ha una durata compresa tra i 3 e i 20 minuti (Gagliardi e Tosi, 2012). La scelta di estendere il tempo di rilevazione è stata dettata, in primo luogo, da ragioni di confrontabilità dei dati con

il *dataset* raccolto dal Parco Naturale Adamello Brenta durante i monitoraggi avifaunistici inclusi nel progetto BioMiti nel biennio 2018-2019; in secondo luogo, tale approccio si deve alla consapevolezza che, risalendo verso i plot più elevati, la frequentazione della zona da parte delle specie ornitiche si fa sempre più sporadica: minori tempistiche di rilevamento avrebbero potuto comportare la totale assenza di indici avifaunistici, e ciò non è rappresentativo dell'effettiva presenza di uccelli ad alte quote. Inoltre, aumentando la durata dei monitoraggi, si accresce la probabilità di contattare anche le specie elusive e meno confidenti.

Per quanto concerne i materiali impiegati (Figure 31 e 32), per facilitare l'identificazione delle specie è stato utilizzato un microfono direzionale connesso ad un registratore. In questo modo, ciascun richiamo risulta più chiaro e amplificato; poiché, però, un angolo di ricezione ampio e la necessità di utilizzo di auricolari rendono complessivamente difficile identificare la direzione della sorgente, ogni sessione di monitoraggio è stata effettuata da due operatori, di cui uno sprovvisto dell'apparecchio di amplificazione. Ciò è risultato funzionale al fine massimizzare la precisione sia nell'identificazione della specie e del numero di individui, sia nella stima della distanza e della posizione dell'individuo contattato. L'impiego del registratore ha consentito inoltre il riascolto dei richiami sentiti, permettendo una revisione dei dati al fine di limitare i problemi connessi all'interpretazione dei diversi canti. Infine, un binocolo e una macchina fotografica sono strumenti aggiuntivi utili per il riconoscimento delle specie a vista.



Figura 32: Materiali impiegati nel monitoraggio avifaunistico. Foto A. Furlotti.

Per ogni contatto sentito o visto, i parametri raccolti comprendono: la specie, il numero di individui, la collocazione in una classe di distanza prefissata, l'orario di rilevamento e una stima della posizione su mappa; in aggiunta, se possibile, viene specificato il sesso e il comportamento. Per ogni sessione è stata inoltre stabilita la copertura nevosa e nuvolosa, secondo un indice che comprende valori discreti tra 0 (nessuna copertura) e 4 (massima copertura), ed è stato specificato il tipo substrato e di vegetazione, ad un livello di dettaglio molto basilare. All'Allegato 2 è possibile trovare un esempio di scheda di campo impiegata durante i monitoraggi.

3.4 DATI METEOROLOGICI

Per quanto riguarda i dati meteorologici analizzati, dai sensori posti in corrispondenza del centro dei differenti plot è stato possibile ricavare, ad intervalli orari, i valori di temperatura e di umidità. Per una stima della piovosità nelle ore antecedenti i monitoraggi, ci si avvale invece della serie storica di informazioni fornita da Meteotrentino³, per le stazioni T0436 Ragoli (Rifugio Alimonta, 2577 m s.l.m.) e T0382 Dos Del Sabion (Monte Gual, 1894 m s.l.m.), che, insieme alla stazione T0413 Val d'Ambiez (1888 m s.l.m.), circoscrivono la zona del ghiacciaio d'Agola (Figura 33). Per quest'ultima stazione, purtroppo, informazioni sulla piovosità giornaliera non sono disponibili e pertanto essa viene qui esclusa. Per le stazioni T0436 e T0382, invece, la piovosità totale in mm è rilevata ogni giorno alle 00:00.



Figura 33: Stazioni metereologiche. Immagine elaborata con Google Earth.

³ Dati storici delle diverse stazioni sono reperibili all'URL:
<https://www.meteotrentino.it/#!/content?menuItemDesktop=143>

3.5 DATI VEGETAZIONALI

Per compensare l'assenza di informazioni specifiche riguardanti la vegetazione (i rilievi fitosociologici previsti dal Progetto Agola sono ad oggi ancora incompleti), si è scelto di stimare la copertura vegetazionale attraverso una valutazione su ortofoto. Per ogni plot, è stata scattata una fotografia ad alta risoluzione ad un'altezza dal centro pari a 75 m, mediante l'uso di un drone (Figure 34 e 35). Le stime sono state successivamente effettuate con l'ausilio del programma ImageJ (Color Segmentation Plugin – per approfondimenti sull'uso della tecnica si veda: Chirichella *et al.*, 2017) a determinare una percentuale di copertura vegetazionale all'interno di ciascun plot.

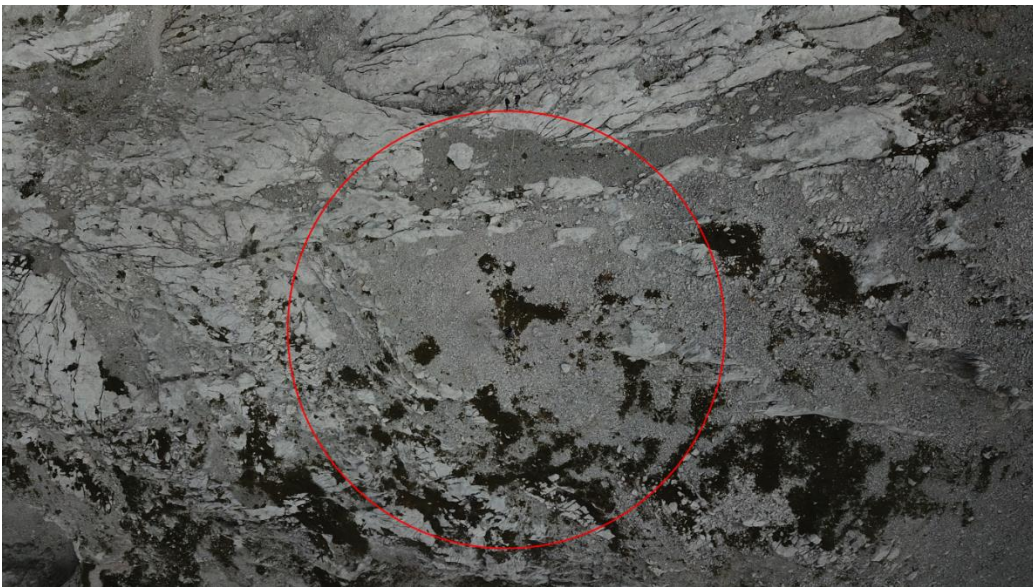


Figura 34: Esempio di ortofoto da 75m: plot EXTRA PEG.



Figura 35: Esempio di ortofoto da 75m: plot FRONTE.

4. ANALISI DEI DATI E DISCUSSIONE DEI RISULTATI

4.1 DESCRIZIONE QUALITATIVA DEI DATI

4.1.1 Ricchezza specifica, distribuzione delle specie e diversità

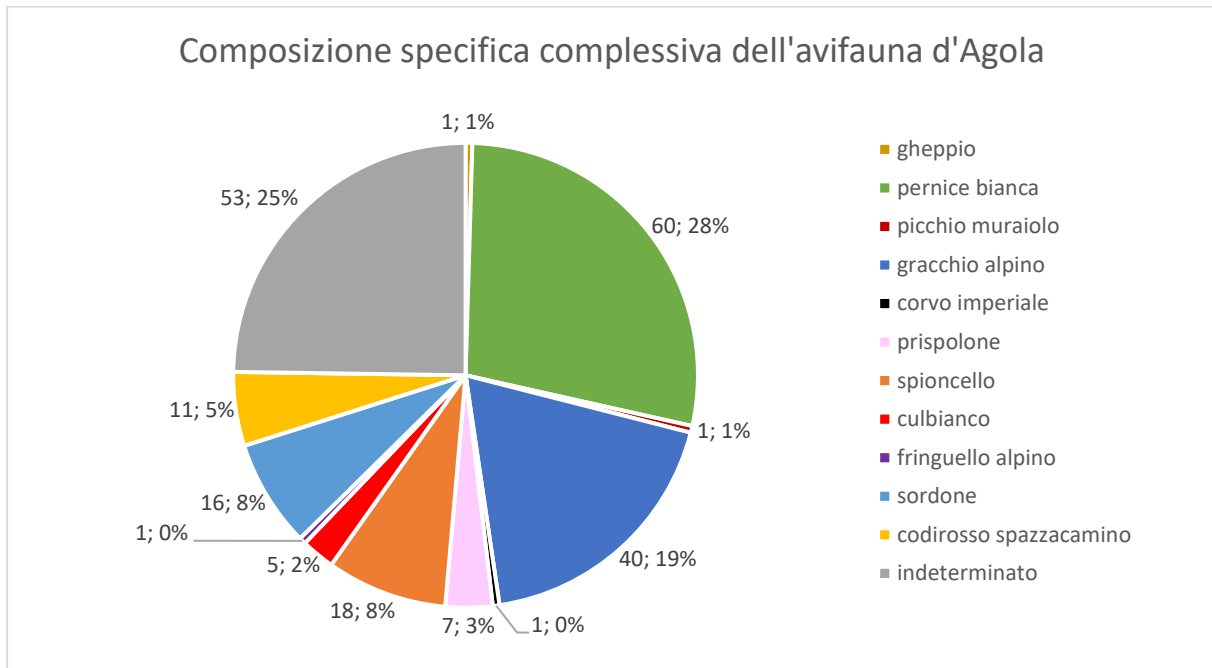


Grafico 1: Composizione in specie della comunità ornitica in Agola.

Procedendo alla descrizione dei risultati di questo studio, è opportuno offrire *in primis* una panoramica in merito alla composizione specifica della comunità ornitica nella zona d'Agola, così come è emersa dai monitoraggi al canto. Il Grafico 1 vuole rappresentare la totalità dei contatti registrati, suddivisi a seconda della specie.

In primo luogo, è notevole il fatto che, nonostante l'attuazione degli accorgimenti descritti nel dettaglio al Capitolo 3, per il 24.8% degli indici avifaunistici raccolti (53 contatti su 214) non è stato possibile attribuire con esattezza la specie di appartenenza. Le cause di questo ampio margine di incertezza vanno senz'altro ricercate nella difficoltà di riconoscimento delle specie ornitiche al canto: considerata la vastità dei repertori canori, la loro variabilità territoriale, le problematiche correlate alla soggettività del processo di identificazione (per il riconoscimento, non ci si è avvalso di alcun *software* specializzato ma solamente della competenza dell'operatore), tale dato risulta assolutamente comprensibile.

La specie contattata con maggiore frequenza è la pernice bianca (*Lagopus muta*), alla quale viene attribuito il 28.0% degli indici raccolti. Il gracchio alpino (*Pyrrhocorax graculus*) è la

seconda specie più abbondante, rappresentando il 18.7% degli indici di presenza. Seguono poi specie di piccola taglia quali lo spioncello (*Anthus spinoletta*; 18 indici su 214, 8.4%), il sordone (*Prunella collaris*; 16 indici su 214, 7.5%) e il codiroso spazzacamino (*Phoenicurus ochruros*, 11 indici su 214, 5.1%). Occasionale o poco più che occasionale risulta invece la frequentazione dell'area da parte del prispolone (*Anthus trivialis*), del culbianco (*Oenanthe oenanthe*), del fringuello alpino (*Montifringilla nivalis*), del picchio muraiolo (*Tichodroma muraria*), del corvo imperiale (*Corvus corax*) e del gheppio (*Falco tinnunculus*).

Se non stupisce la frequentazione dell'area da parte della pernice bianca, specie endotermica, e del gracchio alpino, per il quale la vicinanza ad un rifugio equivale ad una maggiore offerta alimentare, suscita invece maggiore interesse la presenza del prispolone, che generalmente frequenta quote più basse. Esso è stato però osservato in una sola sessione, in corrispondenza del plot 1973: la sua presenza si può dunque considerare un erratismo occasionale. Viceversa, sulla base della distribuzione della specie in Trentino (Maestri e Voltolini, 2005), ci si potrebbe forse aspettare una maggiore contattabilità per il fringuello alpino. Considerando che il repertorio canoro di quest'ultimo, però, è prevalentemente costituito da suoni brevi e secchi (Svensson *et al.*, 2012), e che i suoni classificati come indeterminati sono principalmente singoli frammenti di canti poco prolungati, si può ipotizzare che, se il processo di identificazione fosse stato di qualità e precisione superiori, l'incidenza di questa specie sulla composizione complessiva dell'avifauna avrebbe potuto risultare maggiore.

In ogni caso, va specificato che una maggiore contattabilità di una specie rispetto ad un'altra non si traduce necessariamente in una maggiore abbondanza relativa: ad esempio, non è possibile affermare che la pernice bianca sia la specie che, nella zona d'Agola, risulta più abbondante in assoluto. Il richiamo della pernice bianca è molto forte e ben distinguibile, a differenza di quello di molte altre specie: è possibile che l'elevato numero di contatti sia da attribuire ad un ristretto gruppo di individui, mentre è razionale supporre che, per i passeriformi di piccola taglia, non tutti gli individui presenti sul territorio siano stati contattati durante lo studio.

Poiché lo scopo di questo lavoro è una descrizione della distribuzione dell'avifauna lungo il gradiente ambientale individuato dai 5 diversi plot, viene ora riportata una rappresentazione concisa della composizione specifica, della ricchezza e della diversità della comunità ornitica per ciascuno di essi, come emerso dai monitoraggi estivi (Tabella 3 e Grafici 2-6).

In particolare, viene anche calcolato l'indice di diversità di Shannon, dalla formula:

$$H' = - \sum_i^S (p_i \cdot \log_2 p_i)$$

Dove: $p_i = \frac{n_i}{N}$ è l'abbondanza relativa, con n_i che rappresenta il numero di contatti della specie i -esima e N il numero di contatti complessivo; S identifica il numero totale di specie. Dal numero di contatti complessivo N sono esclusi i contatti registrati come indeterminati; tale parametro è pertanto pari al numero totale di contatti aspecifici, a cui viene sottratto il numero di indici indeterminati.

Un indice di Shannon così calcolato, dunque, non considera il numero esatto di individui appartenenti a ciascuna specie, bensì il numero di contatti registrati. Si può comunque ritenere rappresentativo della diversità ornitica.

Tabella 3: Caratteristiche ornitiche in corrispondenza dei diversi plot.

Plot	EXTRA PEG	PEG	1908	1973	FRONTE
Numero totale di specie	4	7	6	6	2
Numero totale di contatti aspecifici	53	39	38	77	7
Indice di diversità di Shannon	1,70	2,30	2,36	1,11	0,81

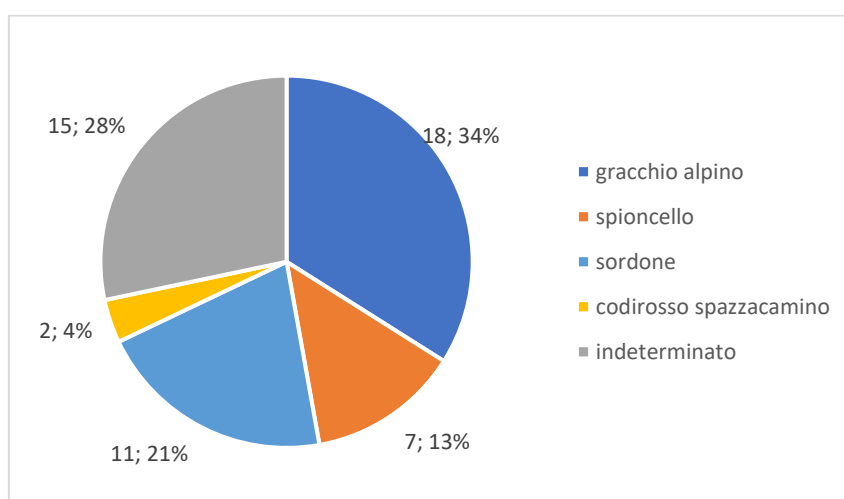


Grafico 2: Composizione specifica complessiva: plot EXTRA PEG

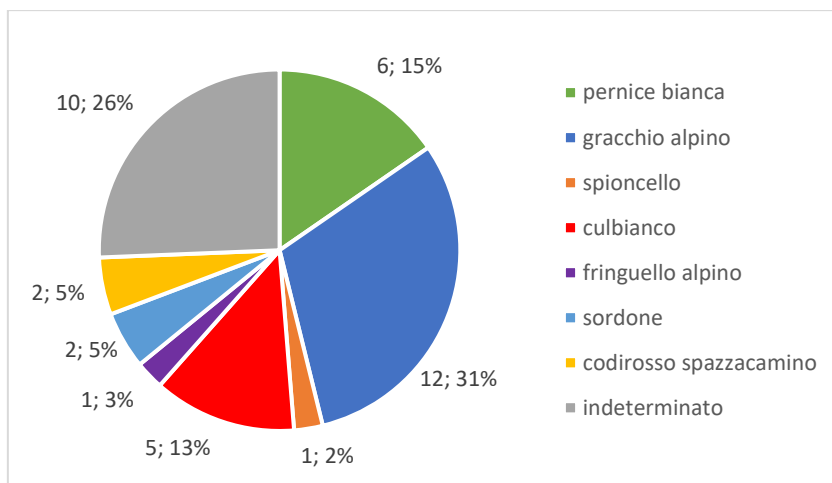


Grafico 3: Composizione specifica complessiva: plot PEG

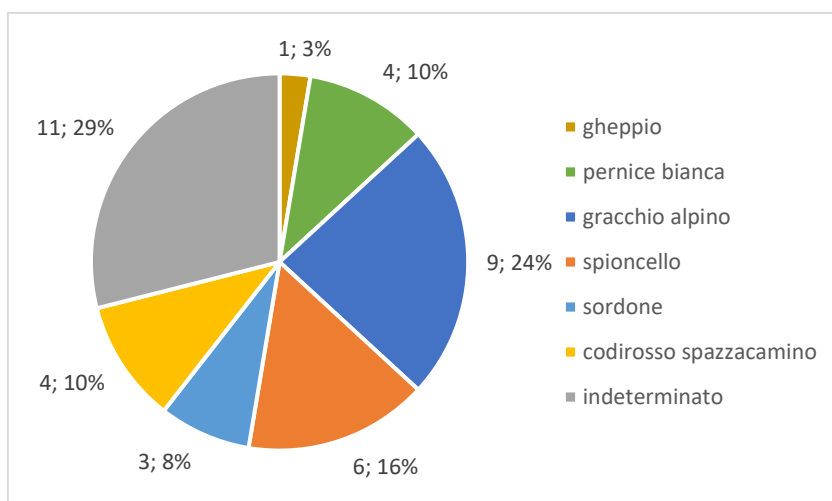


Grafico 4: Composizione specifica complessiva: plot 1908

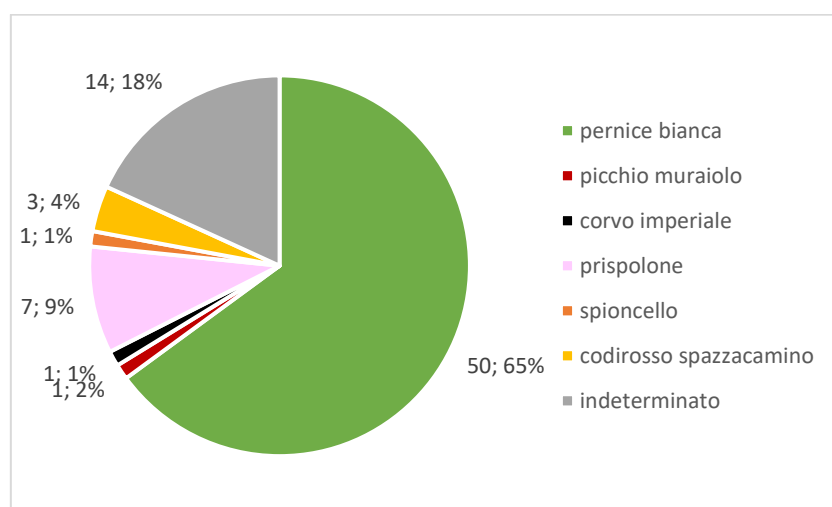


Grafico 5: Composizione specifica complessiva: plot 1973

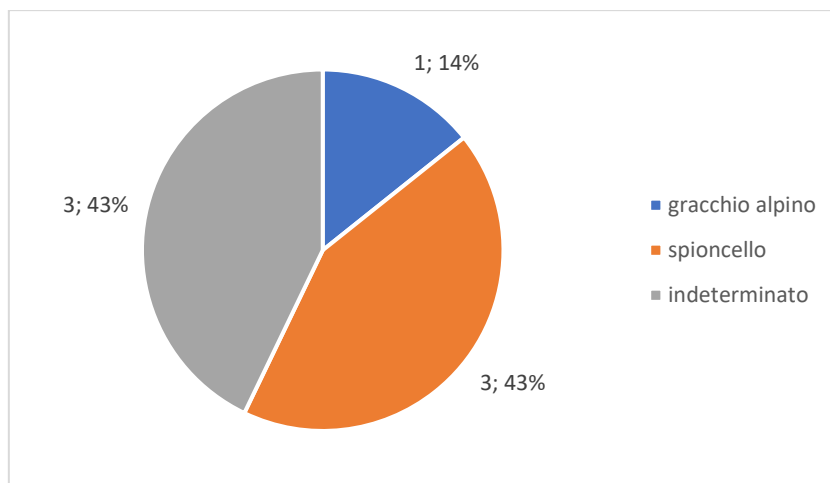


Grafico 6: Composizione specifica complessiva: plot FRONTE.

Come è possibile notare dalla tabella 3, il plot in prossimità del quale si è registrato un maggiore numero di contatti, a prescindere dalla specie, sembra essere il plot 1973. È però necessario ricordare che, per i plot *EXTRA PEG* e *PEG*, si è svolta una sessione di ascolto in meno rispetto agli altri (Tabella 2). Infatti, la prima replica ha compreso, per i due plot situati a quote più basse, la sola sessione 8:30-9:30: è stata dunque omessa la sessione delle 10:30-11:30, che ha generalmente fatto registrare un numero di indici superiore rispetto alla precedente (ciò è particolarmente vero per il plot *EXTRA PEG*, come ha dimostrato il risultato ottenuto nella replica 2: si veda il Grafico 8). Si può dunque immaginare che, se si fosse effettuata un'ulteriore sessione di ascolto, il numero di contatti registrati nei plot *EXTRA PEG* e *PEG* avrebbe ragionevolmente anche potuto essere pari o superiore a quello rilevato per il plot 1973. In ogni caso, se si esclude dal *dataset* quanto raccolto durante la sessione 2 della replica 1, effettuata per soli 3 plot su 5, il numero totale di contatti aspecifici, variando, sembra confermare che, in assoluto, sia il plot *EXTRA PEG* quello per cui la contattabilità delle specie risulta maggiore (Tabella 4).

Tabella 4: Caratteristiche ornitiche rivisitate considerando un dataset ridotto, da cui è esclusa la sessione 2 della replica 1 (r1-s2).

Plot	<i>EXTRA PEG</i>	<i>PEG</i>	<i>1908</i>	<i>1973</i>	<i>FRONTE</i>
Numero totale di specie (esclusa r1-s2)	4	7	5	4	2
Numero totale di contatti aspecifici (esclusa r1-s2)	53	39	27	42	6
Indice di diversità di Shannon (esclusa r1-s2)	1,70	2,30	2,04	0,68	0,81

Molto evidente è inoltre il fatto che, con riferimento alla Tabella 3, per il plot *FRONTE* sia il numero di specie che il numero di contatti aspecifici è inferiore rispetto a tutti gli altri punti di ascolto; ciò si riflette di conseguenza sull'indice di diversità di Shannon, che presenta il valore più basso in assoluto. Le cause di questa evidente diversità possono comprendere: temperature generalmente più rigide, quota molto elevata, maggiore umidità relativa, minore copertura vegetazionale in prossimità della fronte glaciale, minori possibilità mimetiche per via della persistenza della copertura nevosa; si tratta dunque di fattori principalmente connessi alla presenza della massa glaciale. In ogni caso, tutti questi aspetti, eccetto l'ultimo, verranno accuratamente discussi attraverso le considerazioni successive a questo paragrafo.

Infine, è possibile individuare alcune tendenze nella distribuzione delle diverse specie. In particolare, per la pernice e il gracchio alpino, ovvero le specie per le quali si è registrato il maggiore numero di contatti, si distinguono due *trend* opposti e coerenti con le abitudini e le preferenze ambientali di ciascuna specie (Grafico 7): se il gracchio alpino è più frequente in prossimità dei punti di ascolto posti alle quote inferiori, la pernice bianca si ritrova con maggiore assiduità nelle zone attigue a quelli delle altitudini superiori, esclusa la fronte glaciale.

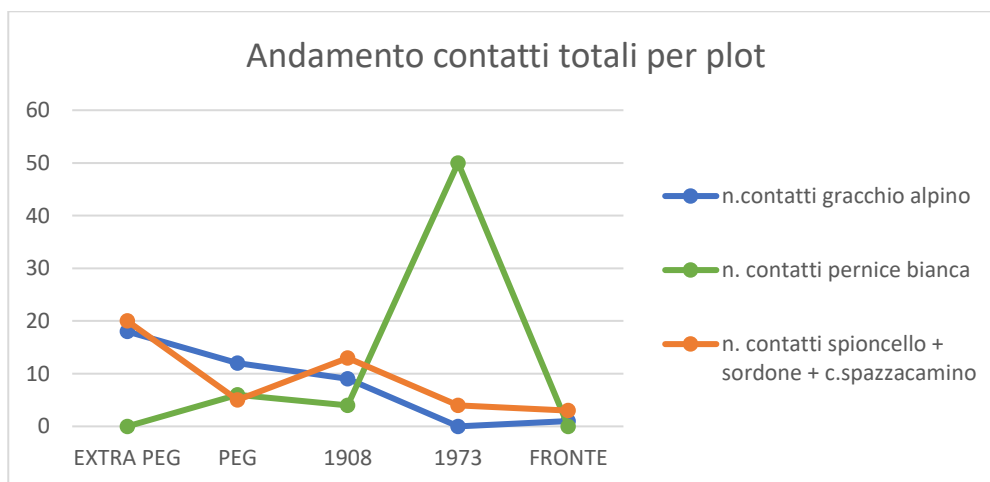


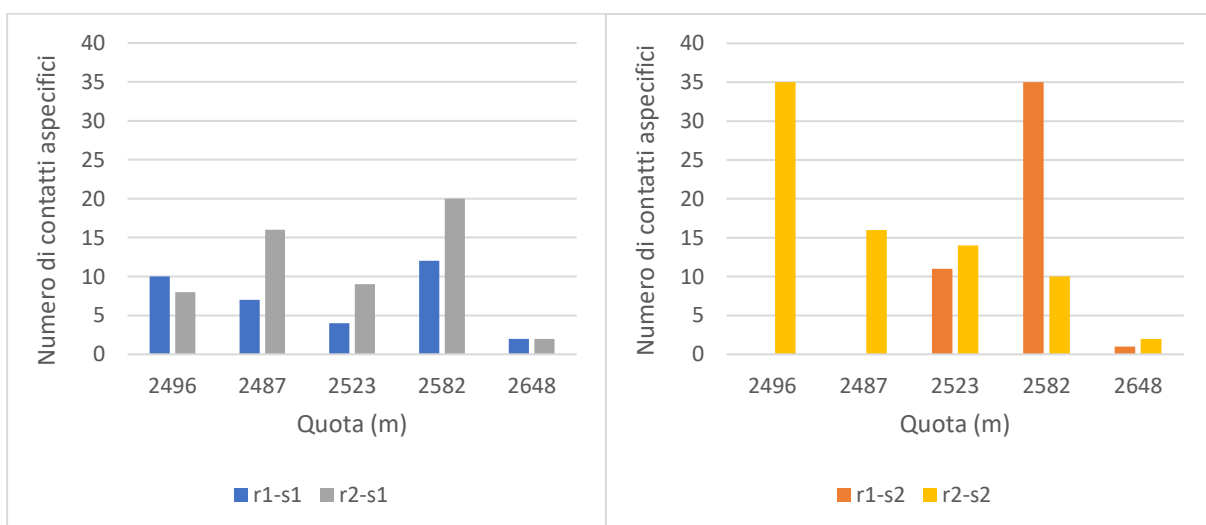
Grafico 7: Andamento del numero complessivo di contatti in relazione ai plot per gracchio, pernice e piccoli passeriformi

Per il gracchio, è noto che la vicinanza a strutture antropiche – in questo caso, il rifugio - e a praterie alpine aperte è un elemento fondamentale per l'approvvigionamento alimentare (Zanghellini, 2005). Per la pernice, il microclima caratteristico del vallone di ritiro del ghiacciaio potrebbe essere il fattore preponderante della definizione dei confini dell'areale della specie. La sua assenza in prossimità della fronte glaciale, che essendo ombreggiata fino in tarda mattinata garantirebbe temperature favorevoli alla presenza della specie, potrebbe invece essere imputabile alla scarsità di risorse alimentari, che in questo studio vengono

associate al diverso grado di copertura vegetazionale. Si tratta di un'ipotesi che dovrà essere confrontata con quanto emerso dalle analisi statistiche; in ogni caso, nell'interpretazione dei risultati, si terrà conto del fatto che, come evidenziano Speakman e Król (2010), sia la temperatura che la disponibilità alimentare sono fattori che influenzano la distribuzione territoriale della pernice bianca, anche se, nella definizione del limite inferiore dell'areale, la prima è determinante.

Per le specie di piccola taglia più frequenti, ossia lo spioncello, il sordone e il codiroso spazzacamino, è possibile notare come il numero di contatti complessivo diminuisca con l'aumentare della quota (Grafico 7): da un totale di 20 indici registrati per il plot *EXTRA PEG*, si giunge ai soli 3 indici per il plot *FRONTE*. Attribuire questa tendenza ad una combinazione di fattori è però più complesso, non trattandosi di specie particolarmente confidenti come il gracchio. Si cercherà dunque di stabilire una correlazione attraverso le indagini statistiche.

I Grafici 8 e 9, che vogliono riassumere la distribuzione complessiva dell'ornitofauna alle diverse quote caratteristiche dei 5 plot (in ordine: *EXTRA PEG*, *PEG*, *1908*, *1973*, *FRONTE*), mostrano che si può riscontrare una differenza nel numero di contatti registrati tra la sessione 1 (8:30-9:30) e la sessione 2 (10:30 – 11:30) di entrambe le repliche (r1 e r2). Complessivamente, infatti, nella prima sessione si è raccolto un totale di 90 indici di presenza, mentre nella seconda tale dato ammonta a 124, pur tenendo presente che, nella prima replica, il monitoraggio durante la sessione 10:30-11:30 si è svolto solo per 3 plot su 5. Ciò consente di introdurre la relazione tra la contattabilità delle specie ornitiche e i parametri meteorologici.



Grafici 8 e 9: Numero di contatti complessivo per classi di quota, relativo, rispettivamente, alle sessioni 1 e 2.

4.1.2 Considerazioni relative ai parametri fisici e ambientali

Prima di valutare l'influenza dei parametri meteorologici e ambientali sulle caratteristiche della comunità ornitica, è necessario mettere in evidenza alcuni aspetti riguardanti esclusivamente i fattori climatici: vengono qui dunque presentate alcune considerazioni relative alle variabili fisiche e al coefficiente di copertura vegetazionale.

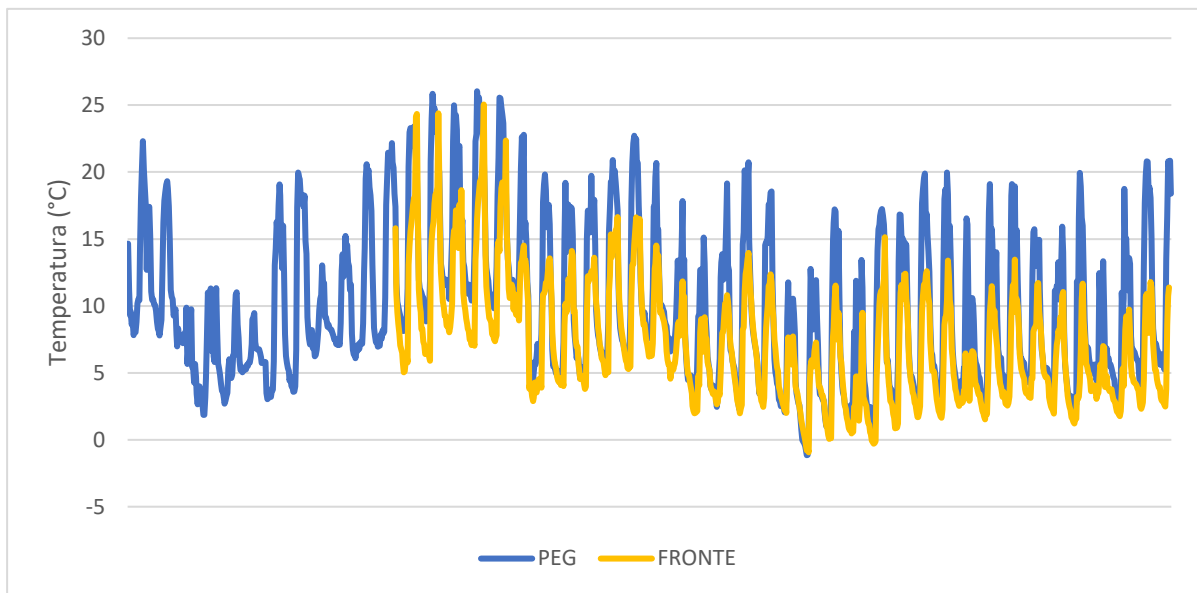


Grafico 10: Andamento delle temperature nei plot PEG e FRONTE (29/07/2021 – 07/09/2021).

In primo luogo, se si vuole stabilire un gradiente termico lungo cui valutare le differenze nella distribuzione dell'avifauna, si deve contemporaneamente fare luce sulla natura di tale gradiente. Nel Grafico 10 viene riportato l'andamento delle temperature nel periodo di monitoraggio, per i plot posti alla quota inferiore (*PEG*) e superiore (*FRONTE*). Come si osserva, la differenza principale riguarda le temperature massime; i minimi termici, infatti, frequentemente si sovrappongono. Sarà quindi necessario tenere conto di questo aspetto nelle successive indagini statistiche: se il maggiore gradiente si ha per le temperature massime, è razionale pensare che siano queste differenze, più evidenti, ad influenzare maggiormente la distribuzione dell'avifauna. Ciò ha anche valenza a livello biologico, in quanto, poiché l'oggetto d'indagine sono specie di alta quota adattate agli ambienti freddi, molto spesso sono i valori elevati di temperatura che influenzano la loro distribuzione sul territorio (Speakman e Król, 2010).

Per completezza, vengono riportate in Tabella 5 le temperature massime, minime e medie complessive per ciascun plot, riferite al periodo di monitoraggio (per i plot *EXTRA PEG* e

PEG, 29/07/2021-07/09-2021; per i plot 1908 e 1973, 30/07/2021-07/09/2021; per il plot FRONTE, 10/08/2021-07/09/2021):

Tabella 5: Riassunto delle caratteristiche termiche dei diversi plot.

PLOT	T media (°C)	T min (°C)	T max (°C)
EXTRA PEG	8,95	-0,20	21,36
PEG	10,03	-1,15	26,04
1908	9,31	-1,52	23,55
1973	8,88	-1,76	24,72
FRONTE	7,70	-0,94	25,05

Allo stesso modo, è possibile mostrare con il Grafico 11 l'andamento dell'umidità relativa, sempre considerando i due plot posti ai due estremi altitudinali.

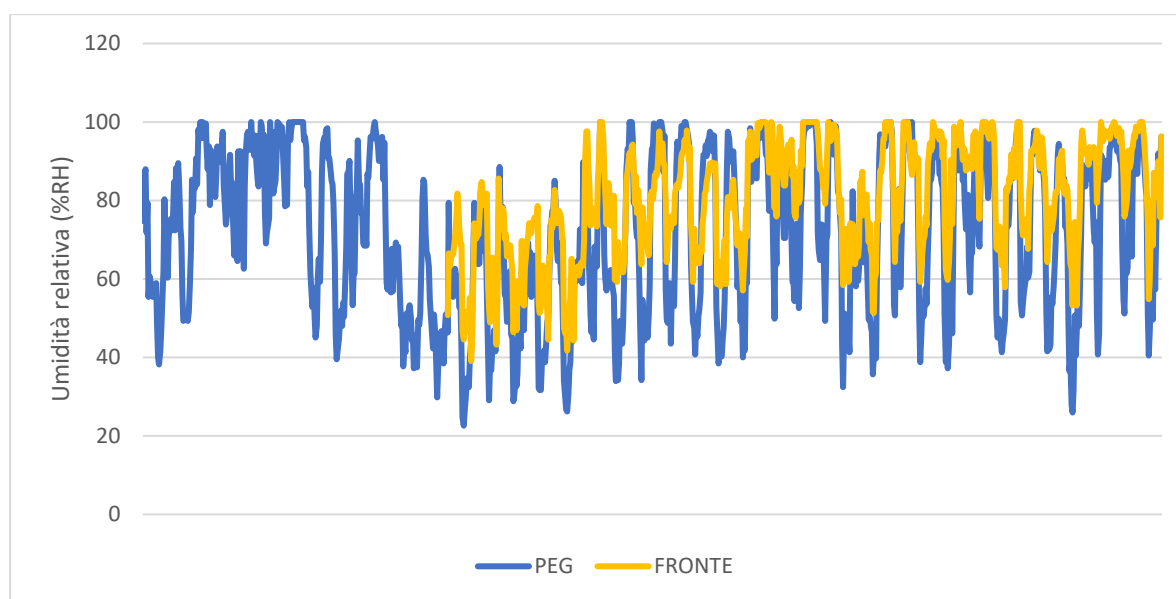


Grafico 11: Andamento dell'umidità relativa per i plot PEG e FRONTE (29/07/2021 – 07/09/2021).

In questo caso, è evidente che, invece, le differenze più rilevanti si hanno in corrispondenza dei minimi di umidità relativa: alla fronte glaciale, a causa della presenza di acque di scioglimento, l'umidità è complessivamente superiore. Anche questo aspetto andrà dunque tenuto in considerazione nello stabilire le correlazioni con i parametri caratteristici della comunità ornitica. Anche per l'umidità relativa, per completezza, vengono riportati in Tabella 6 i valori medi, minimi e massimi complessivi riferiti al periodo d'indagine.

Tabella 6: Riassunto delle caratteristiche di umidità dei diversi plot.

PLOT	RH% media	RH% min	RH% max
EXTRA PEG	78,9 %	32,6 %	100,0 %
PEG	72,2 %	22,6 %	100,0 %
1908	74,5 %	24,8 %	100,0 %
1973	72,2 %	25,8 %	100,0 %
FRONTE	80,5 %	39,1 %	100,0 %

L'ultima variabile meteo-climatica da prendere in considerazione è la piovosità. In generale, il dato di piovosità associato alla sessione di monitoraggio corrisponde alla quantità di pioggia (in mm) rilevata dalle stazioni alle ore 00:00 del giorno stesso. È dunque ipotizzabile che tale dato possa non sempre costituire un'informazione utile alla descrizione delle caratteristiche della comunità ornitica, a causa del lungo lasso di tempo che intercorre tra la misurazione della piovosità e la prima sessione di monitoraggio. In più, va specificato che, per garantire la sicurezza degli operatori durante l'avvicinamento all'area di studio, i monitoraggi si sono sempre svolti in mattinate caratterizzate dall'assenza di precipitazioni; questo aspetto introduce inevitabilmente una tendenza pregiudizievole nel dato relativo alla quantità di pioggia delle giornate di monitoraggio, interferendo con la relazione statistica tra il numero di indici raccolti e i dati di piovosità. Infatti, la quantità di pioggia è risultata bassa o nulla per quasi tutte le sessioni.

Infine, vengono presentati i dati relativi alla copertura vegetazionale. Essendo ricavati da ortofoto, per ciascun plot si possono sintetizzare in un'unica stima percentuale, valida per tutto il periodo d'indagine considerato (Tabella 7).

Tabella 7: Copertura vegetazionale calcolata in corrispondenza dei 5 plot.

PLOT	COPERTURA VEGETAZIONALE (%)
<i>EXTRA PEG</i>	20,25
<i>PEG</i>	14,36
<i>1908</i>	11,48
<i>1973</i>	6,71
<i>FRONTE</i>	4,71

Si può dunque osservare che, come atteso, la copertura vegetazionale è decrescente con la quota e segue l'andamento del tempo di deglacializzazione: dove la superficie è deglacializzata da un tempo complessivamente superiore, anche la percentuale di copertura vegetazionale aumenta.

4.2 ANALISI STATISTICHE

4.2.1 Approccio univariato

TEMPERATURA E UMIDITÀ RELATIVA

Per ciascuna sessione, sono state calcolate le temperatura e le umidità relative medie, minime e massime sull'intervallo delle 12 ore antecedenti il monitoraggio. Successivamente, esse

sono state messe in relazione al numero di specie rilevate e al numero di contatti aspecifici registrati, in un modello di regressione lineare.

Come già ipotizzato, per quanto riguarda la temperatura, il parametro che presenta il coefficiente di correlazione più elevato, sia con il numero di specie che con il numero di contatti, è risultato essere la temperatura massima (Grafici 12 e 13).

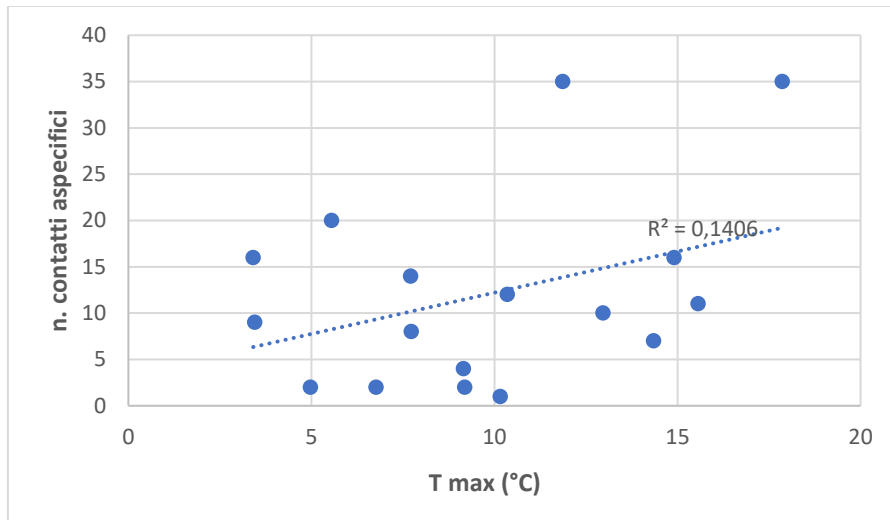


Grafico 12: Modello di regressione lineare tra numero di contatti aspecifici e temperatura massima.

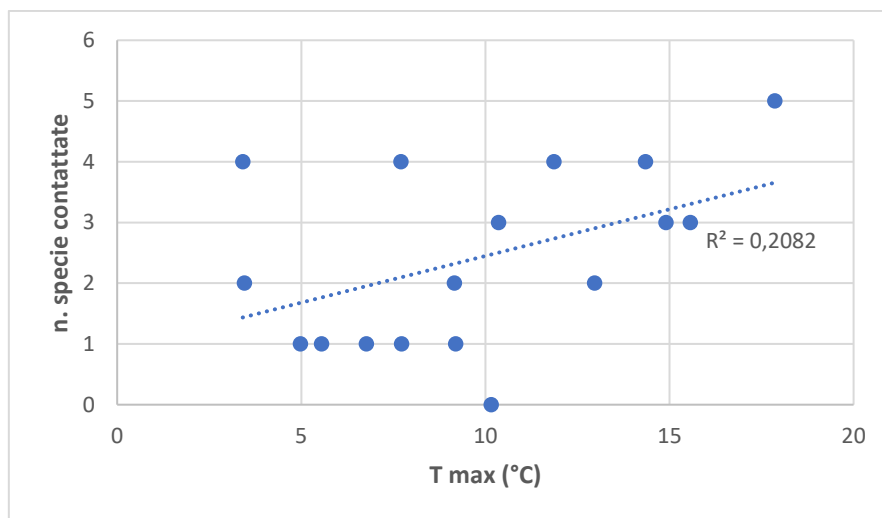
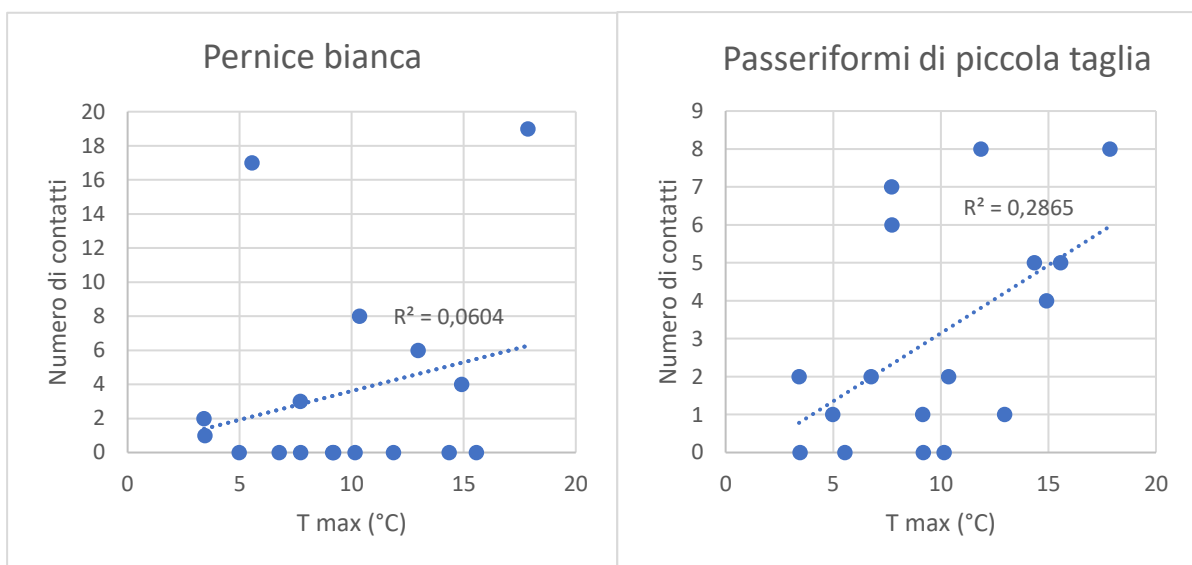


Grafico 13: Modello di regressione lineare tra numero di specie e temperatura massima.

Dai Grafici 12 e 13 si può dunque dedurre che, all'aumentare della temperatura massima, ci si può ragionevolmente attendere, per la comunità ornitica, un aumento sia per quanto riguarda il numero di contatti che la ricchezza specifica, nonostante il valore dell'indice R^2 non si possa considerare particolarmente elevato (0,14 e 0,21 rispettivamente). È probabile che il valore di tale coefficiente rifletta le differenze che interessano la relazione temperatura-contattabilità per ciascuna specie: l'aumento della contattabilità con la temperatura va

considerato un risultato proprio della comunità ornitica nel suo insieme e non di ogni singola specie. Infatti, specie diverse presentano a questo proposito tendenze molto differenti. Ad esempio, per la pernice bianca si registra un leggero aumento della contattabilità al crescere della temperatura massima, ma tale relazione è molto debole ($R^2 = 0,06$); va inoltre considerato che, nel periodo analizzato, non si sono registrate anomalie positive di temperatura particolarmente notevoli. Per quanto riguarda invece l'insieme delle specie di piccola taglia (prispolone, spioncello, culbianco, fringuello alpino, sordone, codiroso spazzacamino), la relazione positiva tra temperatura massima e contattabilità è molto più netta ($R^2 = 0,29$) (Grafici 14 e 15).



Grafici 14-15: Relazione tra numero di contatti e temperatura massima di pernice bianca e piccoli passeriformi a confronto.

Diversamente, invece, da quanto ipotizzato a livello qualitativo, per l'umidità relativa la variabile che meglio descrive la relazione con i parametri avifaunistici è risultata essere l'umidità media (Grafici 16 e 17).

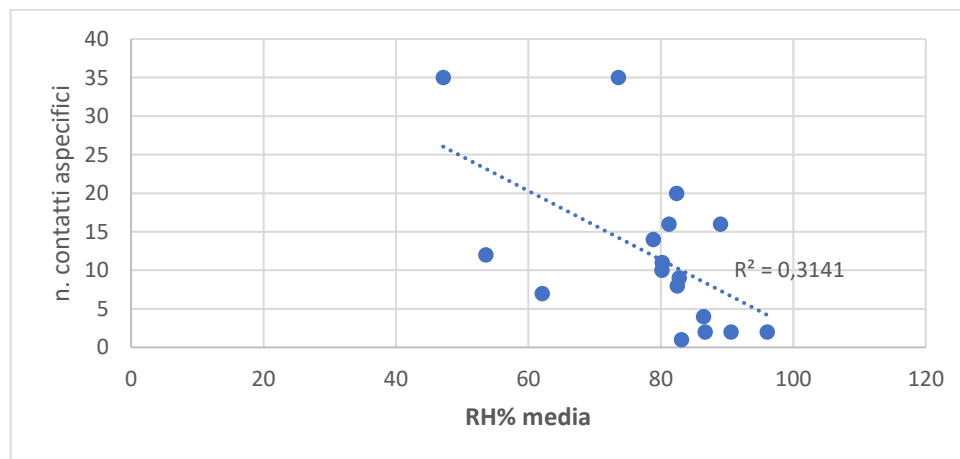


Grafico 16: Modello di regressione lineare tra numero di contatti e umidità relativa media.

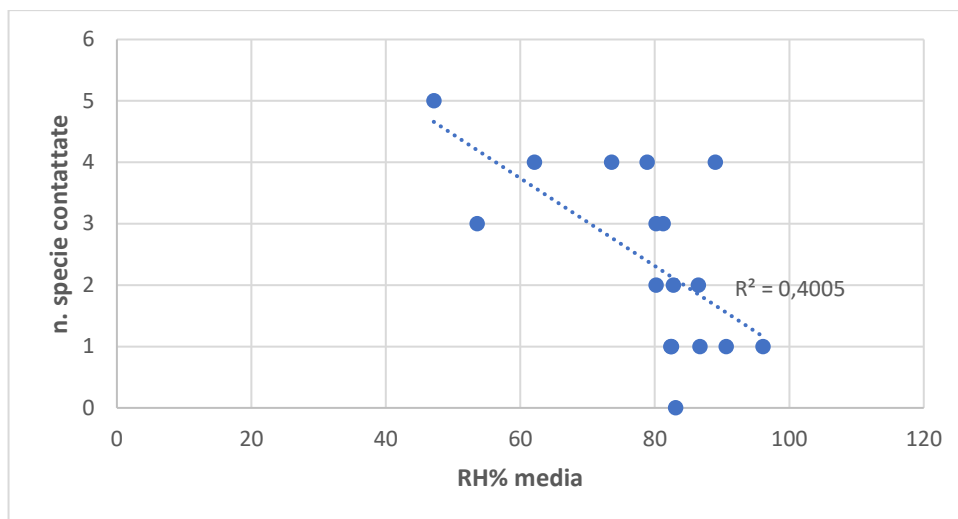


Grafico 17: Modello di regressione lineare tra numero di specie e umidità relativa media.

Nello specifico, risulta esservi una correlazione negativa tra l'umidità media e il numero di contatti o il numero di specie: all'aumentare dell'umidità dell'aria, diminuiscono dunque la contattabilità e la ricchezza specifica della comunità ornitica. Tale correlazione sembra essere più forte di quella che lega tali parametri alla temperatura, e sufficientemente stabile (per l'umidità, i valori di R^2 sono, rispettivamente, 0,31 e 0,40).

La relazione è inoltre più evidente per il numero di specie contattate. È infatti interessante notare che le specie per cui si ha registrato il minor numero di contatti, cioè quelle che hanno frequentato l'area di studio solo occasionalmente, sono state riscontrate, principalmente, durante sessioni caratterizzate da bassi valori di umidità relativa (Grafico 18).

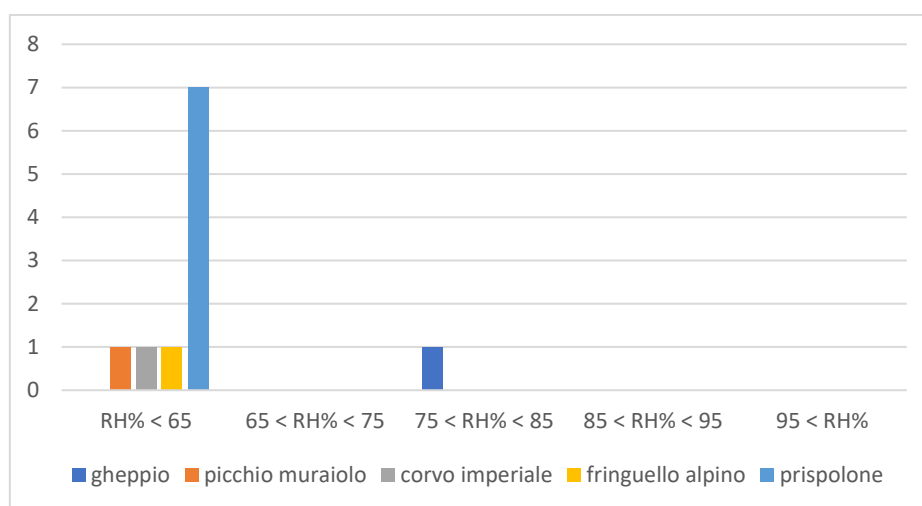


Grafico 18: Distribuzione del numero di contatti di specie occasionali secondo classi di umidità relativa.

Tra esse è incluso anche il prispolone che, come si è detto, è poco frequente alle quote caratteristiche dell'area di studio.

PIOVOSITÀ

Per quanto concerne invece la piovosità, le indagini statistiche non hanno evidenziato correlazioni forti, positive o negative, né con il numero di contatti aspecifici né con il numero di specie. È ragionevole supporre che questo risultato sia maggiormente connesso al pregiudizio introdotto nei dati a livello sistematico, rispetto che ad una reale risposta dell'avifauna alle precipitazioni. Considerando i valori del coefficiente di correlazione ottenuti per l'umidità relativa dell'aria, è infatti legittimo aspettarsi una relazione simile tra la contattabilità dell'ornitofauna e la piovosità.

COPERTURA VEGETAZIONALE

In riferimento alla copertura vegetazionale, al fine di costruire un analogo modello di regressione lineare, è stato ritenuto opportuno distinguere i dati relativi al numero di contatti e di specie rilevati nella sessione 1 rispetto a quelli rilevati nella sessione 2; si vuole infatti così eliminare dalle analisi la variabilità connessa al fattore meteorologico. Le correlazioni più significative sono quelle individuate per la sessione 2 (10:30-11:30), in quanto, generalmente, un maggiore numero di contatti ha favorito lo sviluppo di un modello statistico più preciso (Grafici 19 e 20).

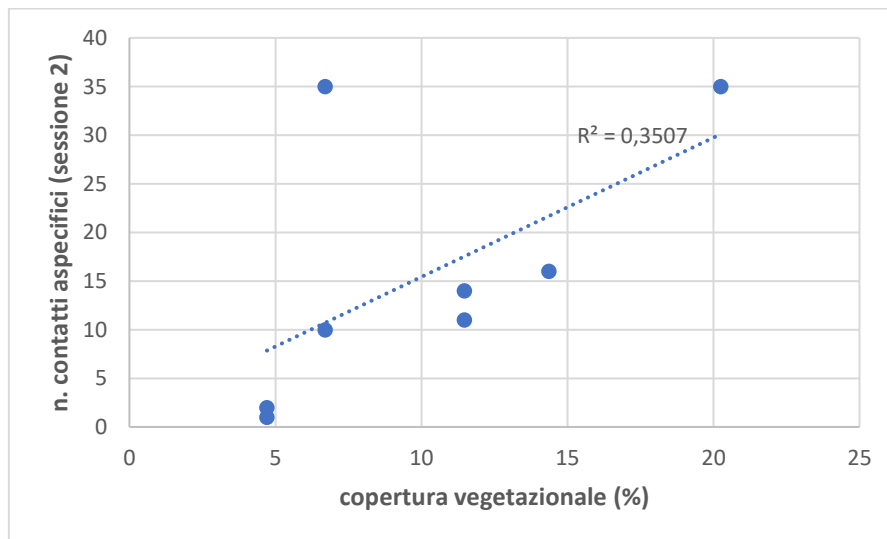


Grafico 19: Modello di regressione lineare tra numero di contatti (sessione 2) e copertura vegetazionale.

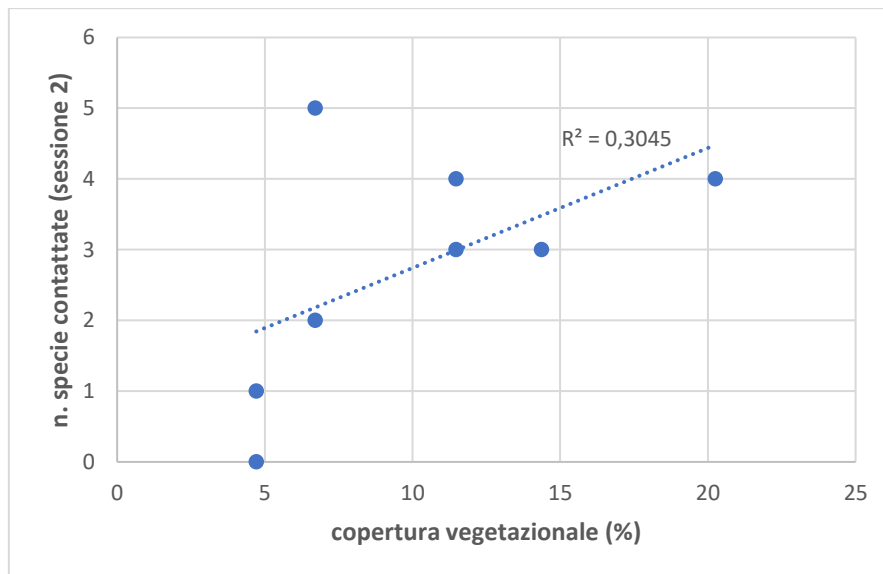


Grafico 20: Modello di regressione lineare tra numero di specie (sessione 2) e copertura vegetazionale.

Risulta dunque una chiara correlazione positiva, sia tra copertura vegetazionale e numero di contatti, che tra copertura vegetazionale e ricchezza specifica.

TEMPO DI DEGLACIALIZZAZIONE

Analogamente a quanto effettuato per la copertura vegetazionale, anche per costruire il modello di regressione lineare tra il tempo di deglacializzazione e il numero di contatti e di specie, si è adottato l'accorgimento di distinguere le due sessioni, in modo da evitare interferenze dovute alle variazioni dei parametri meteorologici. Anche in questo caso, il modello è risultato più preciso nel caso della sessione 2, a causa del maggior numero di indici avifaunistici inclusi. Per non lavorare su intervalli temporali, si è deliberatamente scelto di assegnare al plot *1973* e *FRONTE* il tempo di deglacializzazione massimo, ossia rispettivamente 48 e 18 anni. Per il plot *EXTRA PEG*, si è stabilito un tempo di deglacializzazione di 200 anni; non si hanno infatti informazioni precise in merito alla mancanza di copertura glaciale per un tempo superiore, anche se non vi sono evidenze che indichino fasi di glacializzazione successive a quella di Würm (Grafici 21 e 22).

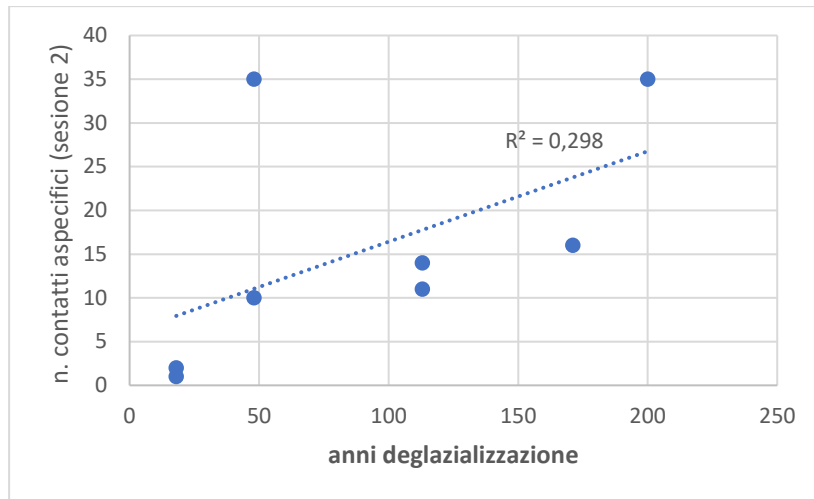


Grafico 21: Modello di regressione lineare tra numero di contatti (sessione 2) e tempo di deglaciazione.

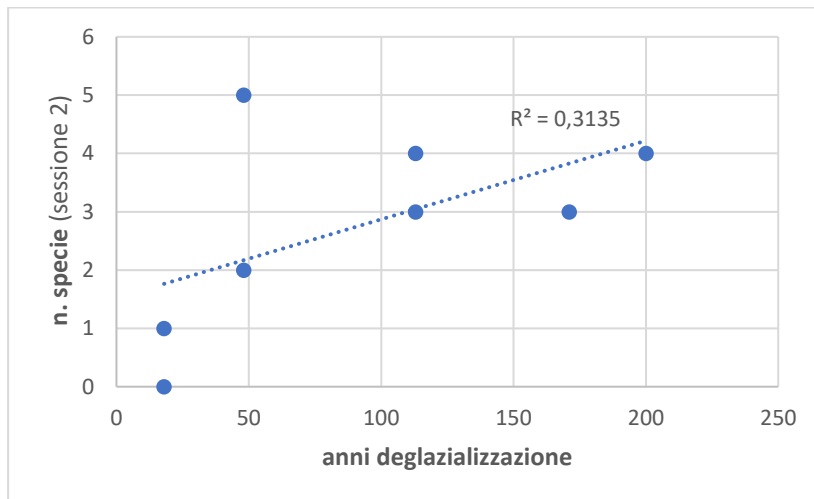


Grafico 22: Modello di regressione lineare tra numero di contatti (sessione 2) e tempo di deglaciazione.

Anche in questo caso, risulta una chiara correlazione positiva, sia tra tempo di deglaciazione e numero di contatti, che tra tempo di deglaciazione e ricchezza specifica.

Quanto emerso dalle analisi statistiche per la copertura vegetazionale e il tempo di deglaciazione sembra dunque appoggiare la tesi che il processo di ritiro di un ghiacciaio, favorendo lo sviluppo del suolo e della vegetazione, comporti in generale anche una colonizzazione degli ambienti da parte dell'avifauna. Va però sottolineato che sia la copertura vegetazionale che il tempo di deglaciazione mostrano un *trend* decrescente che si accompagna in modo coerente all'aumentare della quota. Resta dunque da stabilire se, nella determinazione del gradiente ambientale di distribuzione della comunità ornitica, siano prevalenti quei fattori connessi allo sviluppo conseguente la deglaciazione, come la crescita vegetazionale, o interferiscano altri fattori proibitivi, quali ad esempio l'elevazione; in altre parole, ci si chiede se la rarefazione lungo gradiente altitudinale della presenza di specie

ornitiche sia dovuta maggiormente all'influenza del glacialismo, che impedisce lo sviluppo degli habitat, o si debba direttamente all'aumento delle quote. Per questo motivo, viene costruito qui anche il modello di regressione lineare per i parametri caratteristici dell'ornitofauna e l'altitudine, sempre in riferimento alla sola sessione 2; risposte più complete si potranno però trovare nell'analisi tramite modello statistico multivariato.

ALTITUDINE

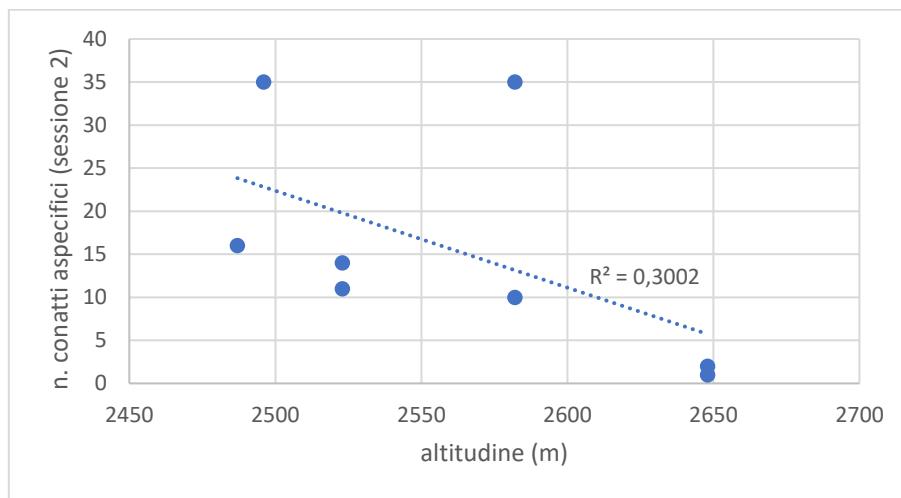


Grafico 23: Modello di regressione lineare tra numero di contatti (sessione 2) e altitudine.

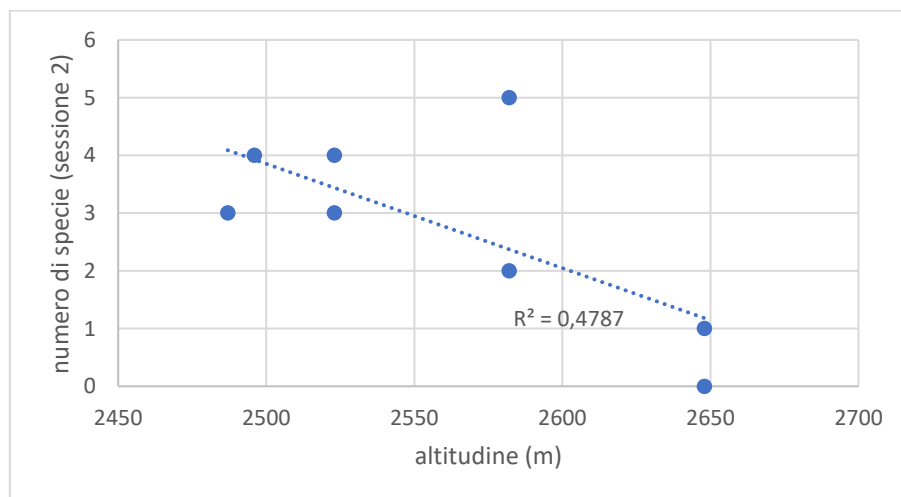


Grafico 248: Modello di regressione lineare tra numero di specie (sessione 2) e altitudine.

Come presupposto, anche la relazione tra il numero di contatti o il numero di specie e l'altitudine si presenta come una forte correlazione (Grafici 23 e 24); il valore di R^2 registrato per il Grafico 24 è, inoltre, il più elevato sinora riscontrato.

4.2.2 Approccio multivariato

L'approccio multivariato all'analisi statistica dei dati è stato trattato attraverso l'ausilio del programma *R software 4.0.4* (R Core Team, 2020) e ha portato all'elaborazione di due modelli, che utilizzano come variabile di risposta, rispettivamente, il numero di specie e il numero totale di contatti aspecifici. I risultati sono riassunti nelle tabelle successive.

NUMERO DI SPECIE

	Estimate	Standard error	t value	p
(intercept)	37.71	8.84	4.264	0.000679 ***
RH% media	-0.06	0.02	-3.489	0.003296 **
quota	-0.01	0.004	-3.397	0.003980 **

Tabella 8: Risultati del modello lineare elaborato con R software per la variabile di risposta "Numero di specie";
Simboli di significatività: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '.' '1';
 R^2 (adj.): 0.6104; F-statistic: 14.31; p-value: 0.0003329; AICc: 54.622

Secondo le stime effettuate tramite *software*, il modello che meglio descrive il contributo dei diversi fattori all'andamento complessivo del numero di specie ornitiche è quello che considera le variabili "umidità relativa media" e "quota". Quanto emerge dall'approccio multivariato è dunque coerente con quanto ipotizzato confrontando le singole correlazioni, ricavate attraverso le regressioni lineari esposte in precedenza.

In generale, i valori di p evidenziano una significatività elevata: di conseguenza, si può affermare che il numero di specie ornitiche, relativamente alle variabili considerate in questo studio, è spiegato dalla combinazione degli effetti che si devono alle variazioni di umidità relativa e di quota. Poiché il modello ricavato rappresenta la più valida possibilità di interpretazione dei dati ottenuti (AICc: 54.622), sembra dunque che, in relazione al numero di specie, l'altitudine sia un descrittore più funzionale rispetto, ad esempio, ad altre variabili quali la copertura vegetazionale e il tempo di deglacializzazione, che vengono quindi qui omesse. Va infine sottolineato come, nonostante la limitatezza nel numero di dati raccolti, l'umidità relativa media si confermi ancora una volta il parametro meteorologico maggiormente correlabile alle variazioni nelle caratteristiche della comunità ornitica lungo il gradiente ambientale individuato.

NUMERO DI CONTATTI TOTALI

	Estimate	Standard error	t value	p
(intercept)	50.6134	12.4521	4.065	0.00116 **
RH% media	-0.6127	0.1574	-3.891	0.00163 **
copertura vegetazionale	0.4014	0.3198	1.255	0.23000
replica 2	9.2448	3.8999	2.371	0.03266 *

Tabella 9: Risultati del modello lineare elaborato con R software per la variabile di risposta "Numero di contatti totali";
 Simboli di significatività: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1;
 R^2 (adj.): 0.481; F-statistic: 6.252; p-value: 0.006474; AIC_c: 132.665

Valutando invece le relazioni che concorrono alla definizione dell'andamento del numero di contatti totali aspecifici, dalle modellizzazioni emerge che i parametri che meglio descrivono quanto registrato durante i monitoraggi sono l'umidità relativa media e la copertura vegetazionale; quest'ultima non ha dimostrato una significatività sufficiente, ma è comunque necessaria al fine di determinare il miglior modello riscontrabile (AIC_c: 132.665). Inoltre, sembra che sia fondamentale considerare anche un'incidenza associabile al periodo di svolgimento dei monitoraggi: risulta infatti che, mediamente, durante la seconda replica di monitoraggio si sia registrato un numero di indici superiore rispetto alla prima. Ciò può essere dovuto a due cause indipendenti, connesse in primo luogo alla variabilità nella contattabilità di determinate specie, e secondariamente alla competenza degli operatori. Infatti, per alcune specie, come ad esempio il gracchio alpino, che nella prima replica è stato registrato solo 2 volte, mentre nella seconda 38, le oscillazioni nella contattabilità sono notevoli; ciò non si deve però imputare a qualche tipologia di influenza ambientale, bensì alla casualità: è chiaro che, per un *dataset* limitato come quello considerato, variazioni di natura aleatoria possono avere un impatto anche significativo. Inoltre, è ragionevole supporre che con il procedere del lavoro di monitoraggio gli operatori abbiano progressivamente acquisito esperienza, riuscendo ad ottimizzare la precisione nelle segnalazioni.

Anche per questo modello, il parametro "umidità relativa media" risulta quello che maggiormente influenza l'andamento della variabile di risposta; si vuole sottolineare quindi ancora che, per un set di dati ristretto, ciò non può che essere ritenuto estremamente significativo.

5. CONCLUSIONI

Dall'analisi dei dati così condotta, si possono dedurre considerazioni riguardanti l'efficacia dell'impiego di variabili fisiche quali temperatura, umidità e piovosità nella valutazione degli effetti del cambiamento climatico sulla ricchezza specifica e l'abbondanza delle specie ornitiche; contemporaneamente, è possibile fornire un'ipotesi sulle modificazioni indotte dal surriscaldamento globale su tali caratteri avifaunistici, attraverso una stima delle conseguenze ambientali derivanti dal ritiro del ghiacciaio d'Agola.

5.1 VARIABILI METEOROLOGICHE E DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO: LIMITI E FUNZIONALITÀ

Quando si vuole trattare l'influenza del cambiamento climatico sugli ecosistemi d'alta quota, molto spesso il parametro ritenuto adatto a riassume le informazioni relative alle modificazioni ambientali di origine antropica risulta essere la temperatura; questo perché, a scala globale, l'incremento nelle anomalie termiche positive annuali è una delle conseguenze dirette più evidenti delle immissioni di gas serra in atmosfera (IPCC, 2014). Su larga scala, sia spaziale che temporale, ciò ha effetti determinanti sulla distribuzione delle specie lungo gradiente altitudinale (Freeman *et al.*, 2018). Guardando tuttavia alla comunità ornitica d'alta quota nel suo insieme, è più difficile individuare una relazione immediata tra la distribuzione delle specie e la temperatura. Vi sono uccelli, come la pernice bianca, che, poiché presentano meccanismi endotermici di regolazione interna, risentono maggiormente e in modo diretto degli aumenti di temperatura, sia sul lungo periodo che nei ritmi di attività giornalieri (Revermann *et al.*, 2012; Speakman e Król, 2010). Altre specie, invece, come ad esempio i passeriformi nidificanti a terra, dipendono da questo parametro secondo modalità meno immediate: se per processi a cadenza stagionale, quali la scelta della collocazione del nido (determinante per minimizzare i costi energetici di termoregolazione: Rauter e Reyer, 2000) o il successo della schiusa delle uova, sono spesso necessarie temperature ridotte, che garantiscono una certa umidità del suolo, per l'attività giornaliera e la ricerca di cibo essi prediligono temperature più elevate (Pearce-Higgins e Green, 2014). Dalle analisi qui condotte, sembra infatti confermato che, in generale, all'aumentare della temperatura cresca anche la contattabilità dei passeriformi.

Nel definire l'influenza della temperatura – e quindi delle sue oscillazioni clima-correlate – sulle comunità ornitiche d'alta quota, è dunque necessario distinguere, innanzitutto, gli effetti

sui ritmi giornalieri (che in questo studio, per impostazione, sono quelli che vengono maggiormente evidenziati) dagli effetti a lungo termine. Nel primo caso, sembra delinarsi la possibilità che il parametro termico e la presenza di specie siano connessi, per quanto la sola temperatura non appare comunque in grado di spiegare l'andamento della contattabilità giornaliera delle specie in modo esaustivo, né risulta essere il descrittore più funzionale. Nel secondo caso, i dati di questo studio sono insufficienti affinché questa variabile possa fin da subito rappresentare un indicatore del cambiamento climatico in atto e quindi uno strumento utile a descrivere le modificazioni che esso induce sull'avifauna del Brenta: perché si realizzi questa condizione, è necessario che si raccolgano dati su un intervallo temporale più ampio. Va comunque ricordato che non sempre, anche impostando una maggiore durata d'indagine, i risultati consentono di identificare con esattezza quali dinamiche di popolazione siano imputabili all'incremento termico degli ultimi decenni (è il caso del lavoro di Popy, Bordignon e Prodon, 2010). A scala locale, dunque, sembra preferibile relazionare le caratteristiche dell'ornitofauna con variabili meno generaliste, che presentino però importanti oscillazioni come diretta conseguenza del surriscaldamento globale.

Per quanto riguarda la piovosità, non è possibile formulare alcuna considerazione, in quanto sembra che il pregiudizio introdotto nei dati comprometta inevitabilmente qualunque conclusione. Per un futuro approfondimento delle indagini, è pertanto consigliabile contenere tali interferenze; per massimizzare la precisione, sarebbe inoltre ottimale poter rilevare il dato di precipitazione direttamente all'interno dell'area di studio, limitando la dipendenza da risultati raccolti da stazioni meteorologiche esterne.

Volendo invece riassumere il ruolo svolto dall'umidità relativa, è necessario approfondire la discussione attraverso ulteriori considerazioni. All'interno dell'area di studio, è emerso in particolare come la ricchezza e la contattabilità delle specie fossero estremamente ridotte in corrispondenza della fronte glaciale. Come suggeriscono i modelli multivariati, è possibile in prima analisi trascurare fattori come l'altitudine e la ridotta copertura vegetazionale, nonostante abbiano anch'essi influenza diretta sulla distribuzione delle specie, per mettere invece in evidenza la relazione, più significativa, tra la contattabilità delle specie e un fattore meteorologico qual è l'umidità media. Da un punto di vista biologico, è noto che l'elemento meteorologico influenza le possibilità alimentari delle specie d'alta quota, soprattutto insettivore: ambienti costantemente freddi e umidi sono sfavorevoli alla ricerca di cibo, a causa di una minore disponibilità (Pearce-Higgins e Green, 2014). In un'area di studio come

la presente, direttamente influenzata dal glacialismo, l'umidità è sicuramente quel parametro meteorologico che presenta i valori più estremi e quindi non trascurabili: considerata l'abbondante presenza di acque di scioglimento, anche se limitata alle aree adiacenti la fronte glaciale a causa della natura carsica del substrato roccioso, i dati raccolti dai sensori del plot *FRONTE* sono certamente significativi. Se, dunque, biologicamente, valori anomali di temperatura e umidità cooperano entrambi alla limitazione dell'attività giornaliera delle specie, è anche vero che solo i secondi si possono direttamente imputare alla presenza della massa glaciale. Per questo motivo, da un punto di vista ambientale, l'umidità relativa rappresenta un parametro sicuramente funzionale alla descrizione degli effetti del riscaldamento globale sulle comunità d'alta quota in prossimità di un ghiacciaio. A differenza della temperatura, dunque, l'umidità relativa è un descrittore valido anche a scala locale.

Immaginando di approfondire i risultati di questo studio attraverso un'analisi delle modificazioni ambientali clima-correlate nelle Dolomiti di Brenta, ad altitudini analoghe a quelle qui considerate, sarà sicuramente necessario attribuire una discreta considerazione al parametro "umidità relativa media". È infatti quest'ultimo che, con ogni probabilità, consente di discriminare gli effetti dovuti allo scioglimento dei ghiacci dall'insieme delle dinamiche che complessivamente si devono al cambiamento climatico. Anche per l'umidità, però, resta da stabilire secondo quali processi essa influenzi non solo i ritmi giornalieri delle specie ornitiche, ma anche la dinamica di popolazione sul lungo periodo.

5.2 POSSIBILI DEDUZIONI RELATIVE ALL'INFLUENZA DELL'ABLAZIONE DEI GHIACCI SULLA COMUNITÀ ORNITICA

Volendo ora offrire una panoramica a proposito delle modificazioni indotte dal cambiamento climatico sulle caratteristiche della comunità ornitica della zona d'Agola, è opportuno precisare che quanto verrà esposto deve necessariamente considerarsi ipotetico. Non si posseggono infatti dati riguardanti la distribuzione dell'avifauna locale relativi agli ultimi due secoli, né sono stati condotti studi allo scopo di ricostruire il microclima dell'area di studio dalla Piccola Età Glaciale ad oggi. Quanto si conosce è l'odierna caratterizzazione dell'ornitofauna, estrapolabile dai dati dei monitoraggi dell'estate 2021, e la cronosequenza di regresso del ghiacciaio d'Agola successiva alla PEG, comprensiva dei bilanci di massa annuali (Masè, 2005) e dello sviluppo vegetazionale. È però possibile ipotizzare che, se si

escludono le modificazioni direttamente imputabili alle variazioni di quota, quanto si osserva oggi in termini avifaunistici in prossimità della fronte glaciale sia molto vicino a quanto si avrebbe potuto rilevare, in passato, in corrispondenza dei plot *PEG*, 1908 e 1973, a seconda dell'anno di osservazione; ciò che troviamo, invece, nel riferimento esterno alla cronosequenza, rappresenta l'evoluzione dell'ecosistema in assenza delle influenze riconducibili al glacialismo. Questa supposizione è ammissibile solo alla luce delle analisi statistiche, che hanno evidenziato una buona correlazione tra i parametri descrittivi dell'avifauna, quali la ricchezza specifica e la contattabilità delle specie, e quelli derivanti dal regresso della vedretta d'Agola, quali la percentuale di vegetazione e gli anni d'assenza della copertura glaciale.

Pertanto, è ragionevole supporre che, in generale, la colonizzazione degli ambienti ad opera della vegetazione, a partire dall'ultimo impulso della Piccola Età Glaciale, abbia contribuito a comportare un aumento nell'abbondanza dell'avifauna locale. Considerando, infatti, che il plot *EXTRA PEG*, pur avendo fatto registrare condizioni microclimatiche globalmente più sfavorevoli rispetto al plot *PEG*, e trovandosi a quote più elevate, ha generalmente mostrato un numero di indici superiore (si veda la Tabella 4 e il relativo commento), possiamo dedurre che la frequentazione degli ambienti sia connessa, almeno fino alle quote caratteristiche dei plot più bassi (2500 m s.l.m. circa), allo sviluppo dei suoli e all'evoluzione dell'ecosistema, a seguito della deglacializzazione. Tenendo però presente la stretta correlazione tra la rarefazione dell'avifauna (sia in termini di ricchezza specifica che di contattabilità) e l'aumento della quota, in mancanza di un riferimento esterno al sistema che sia posto ad altitudini più elevate, è più difficile stabilire se il successivo graduale declino nelle osservazioni sia imputabile al mancato sviluppo del suolo o all'altitudine in sé: dalle analisi multivariate, è lecito propendere per la seconda ipotesi. Infatti, non si può escludere che intervengano altri fattori quali le radiazioni UV, il livello di ossigeno o la pressione atmosferica (Chamberlain *et al.*, 2012), che possono costituire un limite all'adattamento delle specie ornitiche ma anche allo stesso sviluppo della vegetazione, a prescindere dalla presenza o dall'assenza della massa glaciale.

In ogni caso, non sembra irrazionale ipotizzare infine che, se l'estensione dell'area glacializzata fosse oggi simile a quella riscontrabile 50 o più anni fa, difficilmente a queste quote si sarebbero potuti registrare gli stessi valori di diversità ornitica. Ad esempio, se la copertura glaciale fosse oggi pari a quella che si aveva nel 1973, forse non si avrebbe potuto

segnalare la presenza di una specie caratteristica delle altitudini inferiori qual è il prispolone; l'erratismo occasionale di cui si ha preso nota, anche se suggerisce solo una frequentazione saltuaria, può comunque ritenersi indice del fatto che le modificazioni ambientali successive al regresso del ghiacciaio sono in grado di consentire a determinate specie, per quanto raramente, di espandere il proprio areale. Quali siano gli esatti fattori responsabili di questa tendenza, osservabile ad ampia scala in conseguenza dell'incremento termico, ma decisamente meno certa entro i limiti della zona considerata, resta un punto che richiede ulteriori approfondimenti.

In questo quadro, è pertanto evidente che, complessivamente, le conclusioni fin qui tratte in questo elaborato vanno considerate come parziali, in quanto si devono collocare in un contesto più esteso e articolato: in mancanza, infatti, di una visione completa dei risultati relativi alle indagini intraprese nella zona d'Agola attraverso l'omonimo Progetto di ricerca, che saranno disponibili solo alla sua definitiva conclusione, risulta estremamente difficile dedurre informazioni relative agli effetti di un fenomeno globale e multi-scala qual è il cambiamento climatico. Per questo motivo, dunque, le considerazioni raccolte in questa tesi vengono presentate come un'ipotesi; si mantiene però la consapevolezza che proprio e solo dalla somma di contributi parziali come questo lavoro sarà possibile fornire, al termine del Progetto, una definizione complessiva ed integrata delle modificazioni indotte dal cambiamento climatico a seguito del regresso del ghiacciaio d'Agola.

ALLEGATO 1

Checklist degli Uccelli del Parco Naturale Adamello Brenta

Da: Volcan, 2013.

Ordine	Famiglia	n°	Euring	Nome volgare	Nome scientifico	Autore	Status
1. Anseriformes							
1. Anatidae							
		001	01790	Fischione	<i>Anas penelope</i>	Linnaeus, 1758	A-1 (M)
		002	01860	Germàno reale	<i>Anas platyrhynchos</i>	Linnaeus, 1758	M irr, B irr, W irr
		003	01910	Marzaiola	<i>Anas querquedula</i>	Linnaeus, 1758	A-1 (M)
		004	01960	Fischione turco	<i>Netta rufina</i>	(Pallas, 1773)	A-1 (M)
2. Galliformes							
2. Tetraonidae							
		005	03260	Francolino di monte	<i>Banasa bonasia</i>	(Linnaeus, 1758)	SB
		006	03300	Pernice bianca	<i>Lagopus muta</i>	(Montin, 1776)	SB
		007	03320	Fagiano di monte	<i>Tetrao tetrix</i>	Linnaeus, 1758	SB
		008	03350	Gallo cedrone	<i>Tetrao urogallus</i>	Linnaeus, 1758	SB
3. Phasianidae							
		009	03570	Coturnice	<i>Alectoris graeca</i>	(Meisner, 1804)	SB
		010	03700	Quaglia comune	<i>Coturnix coturnix</i>	(Linnaeus, 1758)	EB irr ? M?
3. Pelecaniformes							
4. Phalacrocoracidae							
		011	00720	Cormorano	<i>Phalacrocorax carbo</i>	(Linnaeus, 1758)	M irr, W irr
4. Ciconiiformes							
5. Ardeidae							
		012	01220	Airone cinereo	<i>Ardea cinerea</i>	Linnaeus, 1758	M irr, W irr, ES
5. Podicipediformes							
6. Podicipedidae							
		013	00070	Tuffetto	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	(Pallas, 1764)	EB irr
		014	00090	Svasso maggiore	<i>Podiceps cristatus</i>	(Linnaeus, 1758)	A-1 (M)
		015	00120	Svasso piccolo	<i>Podiceps nigricollis</i>	C.L. Brehm, 1831	A-1 (M)
6. Falconiformes							
7. Accipitridae							
		016	02310	Falco pecchiaiolo	<i>Fernis apivorus</i>	(Linnaeus, 1758)	M reg, EB
		017	02380	Nibbio bruno	<i>Milvus migrans</i>	(Boddaert, 1783)	EB, M irr
		018	02390	Nibbio reale	<i>Milvus milvus</i>	(Linnaeus, 1758)	A-1 (M)
		019	02460	Gipeto	<i>Gypaetus barbatus</i>	(Linnaeus, 1758)	Erratico
		020	02510	Grifone	<i>Gyps fulvus</i>	(Hablizl, 1783) (J. F. Gmelin, 1788)	A-2
		021	02560	Biancone	<i>Circaetus gallicus</i>	(Linnaeus, 1758)	ES, M
		022	02600	Falco di palude	<i>Circus aeruginosus</i>	(Linnaeus, 1758)	M reg.
		023	02610	Albanella reale	<i>Circus cyaneus</i>	(Linnaeus, 1766)	M reg., W irr ?
		024	02670	Astore	<i>Accipiter gentilis</i>	(Linnaeus, 1758)	SB
		025	02690	Sparviere	<i>Accipiter nisus</i>	(Linnaeus, 1758)	SB, M
		026	02870	Poiàna	<i>Buteo buteo</i>	(Linnaeus, 1758)	SB, M
		027	02900	Poiàna calzata	<i>Buteo lagopus</i>	(Pontoppidan, 1763)	A-1 (M) 2011
		028	02960	Aquila reale	<i>Aquila chrysaetos</i>	(Linnaeus, 1758)	SB

8.Pandionidae	029	03010	Falco pescatore	<i>Pandion haliaetus</i>	(Linnaeus, 1758)	A-1 (M) 2009
9.Falconidae	030	03040	Ghèppio	<i>Falco tinnunculus</i>	Linnaeus, 1758	B, M, Wirr
	031	03100	Lodolàio	<i>Falco subbuteo</i>	Linnaeus, 1758	A-2 (M)
	032	03200	Fàlco pellegrino	<i>Falco peregrinus</i>	Tunstall, 1771	S, B
7.Charadriiformes						
10.Charadriidae	033	04820	Piviere tortolino	<i>Charadrius morinellus</i>	Linnaeus, 1758	A-4 (M) 2009-2012
	034	04830	Pavoncèlla	<i>Vanellus vanellus</i>	(Linnaeus, 1758)	A-1 (M) 2008
11.Scolopacidae	035	05090	Piovanèllo comùne	<i>Calidris ferruginea</i>	(Pontoppidan, 1763)	A-1 (M) 2007
	036	05190	Beccaccino	<i>Gallinago gallinago</i>	(Linnaeus, 1758)	A-1 (M) 2012
	037	05290	Beccàccia	<i>Scolopax rusticola</i>	Linnaeus, 1758	B irr ?, M reg
	038	05560	Pìro pìro piccolo	<i>Actitis hypoleucos</i>	(Linnaeus, 1758)	M irr
	039	05530	Pìro pìro culbiànco	<i>Tringa ochropus</i>	Linnaeus, 1758	A-1 (M)
	040	05640	Pìro pìro boscheréccio	<i>Tringa glareola</i>	Linnaeus, 1758	A-1 (M) 2011
12. Sternidae	041	06260	Mignattino piombàto	<i>Chlidonias hybrida</i>	(Pallas, 1811)	A-1 (M)
8.Columbiformes						
13.Columbidae	042	06700	Colombàccio	<i>Columba palumbus</i>	Linnaeus, 1758	M reg, EB
	043	06870	Tòrtora selvàtica	<i>Streptopelia turtur</i>	(Linnaeus, 1758)	A-1 (B?) 2006
9.Cuculiformes						
14.Cuculidae	044	07240	Cucùlo	<i>Cuculus canorus</i>	Linnaeus, 1758	M reg, EB
10.Strigiformes						
15.Strigidae	045	07390	Assiòlo	<i>Otus scops</i>	(Linnaeus, 1758)	M reg, EB
	046	07440	Gùfo reàle	<i>Bubo bubo</i>	(Linnaeus, 1758)	SB
	047	07510	Civètta nàna	<i>Glaucidium passerinum</i>	(Linnaeus, 1758)	SB
	048	07610	Allòcco	<i>Strix aluco</i>	Linnaeus, 1758	SB
	049	07670	Gùfo comùne	<i>Asio otus</i>	(Linnaeus, 1758)	B
	050	07700	Civètta capogròsso	<i>Aegolius funereus</i>	(Linnaeus, 1758)	SB
11.Caprimulgiformes						
16.Caprimulgidae	051	07780	Succiacàpre	<i>Caprimulgus europaeus</i>	Linnaeus, 1758	M reg, EB
12.Apodiformes						
17.Apodidae	052	07950	Rondòne comùne	<i>Apus apus</i>	(Linnaeus, 1758)	M reg, EB
	053	07980	Rondòne maggiòre	<i>Apus melba</i>	(Linnaeus, 1758)	M reg, EB
13.Coraciiformes						
17.Alcedinidi	054	08310	Martìn pescatore	<i>Alcedo atthis</i>	(Linnaeus, 1758)	A-1 (W) 2008
13.Piciformes						
18.Picidae	055	08550	Picchio cenerìno	<i>Picus canus</i>	J. F. Gmelin, 1788	SB
	056	08560	Picchio vérdè	<i>Picus viridis</i>	Linnaeus, 1758	Wirr, B?
	057	08630	Picchio néro	<i>Dryocopus martius</i>	(Linnaeus, 1758)	SB
	058	08780	Picchio ròsso maggiòre	<i>Dendrocopos major</i>	(Linnaeus, 1758)	SB

14. Passeriformes

19. Alaudidae

059 09760 Allòdola *Alauda arvensis* (Linnaeus, 1758) M reg, EB

20. Hirundinidae

060 09910 Ròndine montàna *Ptyonoprogne rupestris* (Scopoli, 1769) M reg, EB
 061 09920 Ròndine *Hirundo rustica* Linnaeus, 1758 M reg, Dispersiva
 062 10010 Balestrùccio *Delichon urbicum* (Linnaeus, 1758) M reg, EB

21. Motacillidae

063 10090 Prispolòne *Anthus trivialis* (Linnaeus, 1758) M reg, EB
 064 10110 Pispola *Anthus pratensis* (Linnaeus, 1758) M irr.
 065 10140 Spioncèllo *Anthus spinoletta* (Linnaeus, 1758) M reg, EB
 066 10190 Ballerìna giòlla *Motacilla cinerea* Tunstall, 1771 M reg, B
 067 10200 Ballerìna biànca *Motacilla alba* Linnaeus, 1758 M reg, EB

22. Cinclidae

068 10500 Mèrlo acquaiòlo *Cinclus cinclus* (Linnaeus, 1758) B, M, W

23. Troglodytidae

069 10660 Scricciolo *Troglodytes troglodytes* (Linnaeus, 1758) EB, M reg.

24. Prunellidae

070 10840 Pàssera scopaiòla *Prunella modularis* (Linnaeus, 1758) M reg, EB
 071 10940 Sordòne *Prunella collaris* (Scopoli, 1769) SB

25. Turdidae

072 10990 Pettiròsso *Erithacus rubecula* (Linnaeus, 1758) M reg, B, W irr
 (S. G. Gmelin, 1774)
 073 11210 Codiròsso spazzacamìno *Phoenicurus ochruros* (Linnaeus, 1758) M reg, EB
 074 11220 Codiròsso comùne *Phoenicurus phoenicurus* (Linnaeus, 1758) M reg, EB
 075 11370 Stiacchino *Saxicola rubetra* (Linnaeus, 1758) M reg, EB
 076 11390 Saltimpàlo *Saxicola torquatus* (Linnaeus, 1766) EB irr
 077 11460 Culbiànco *Oenanthe oenanthe* (Linnaeus, 1758) M reg, EB
 078 11620 Codirossòne *Monticola saxatilis* (Linnaeus, 1766) M reg, EB
 079 11860 Mèrlo dal collàre *Turdus torquatus* Linnaeus, 1758 M reg, EB, W irr
 080 11870 Mèrlo *Turdus merula* Linnaeus, 1758 B, M reg, W reg.
 081 11980 Ceséna *Turdus pilaris* Linnaeus, 1758 B, M irr, W irr
 082 12000 Tòrdo bottàccio *Turdus philomelos* C. L. Brehm, 1831 M reg, EB
 083 12010 Tòrdo sassèllo *Turdus iliacus* Linnaeus, 1766 M reg., W irr.
 084 12020 Tordéla *Turdus viscivorus* Linnaeus, 1758 B, M reg. W reg.

26. Sylviidae

085 12770 Capinéra *Sylvia atricapilla* (Linnaeus, 1758) M reg, EB
 086 12760 Beccafico *Sylvia borin* (Boddaert, 1783) M reg, EB
 087 12740 Bigiarèlla *Sylvia curruca* (Linnaeus, 1758) M reg, EB
 088 13070 Lui biànco *Phylloscopus bonelli* (Vieillot, 1819) M reg, EB
 089 13080 Lui vérdè *Phylloscopus sibilatrix* (Bechstein, 1793) M reg, EB irr
 090 13110 Lui piccòlo *Phylloscopus collybita* (Vieillot, 1817) M reg, EB
 091 13120 Lui gròsso *Phylloscopus trochilus* (Linnaeus, 1758) M reg?
 092 13140 Régolo *Regulus regulus* (Linnaeus, 1758) B, M reg. W reg.
 093 13150 Fiorrancìno *Regulus ignicapilla* (Temminck, 1820) M reg, EB

27. Muscipidae

094 13350 Pigliamòsche *Muscicapa striata* (Pallas, 1764) M reg, EB
 095 13490 Bàlia néra *Ficedula hypoleuca* (Pallas, 1764) M reg

28. Aegithalidae

096 14370 Codibùgnolo *Aegithalos caudatus* (Linnaeus, 1758) SB

29. Paridae

097 14620 Cinciarèlla *Cyanistes caeruleus* (Linnaeus, 1758) SB
 098 14640 Cincialégra *Parus major* Linnaeus, 1758 SB
 099 14540 Cincia dal ciuffo *Lophophanes cristatus* (Linnaeus, 1758) SB
 100 14610 Cincia mòra *Periparus ater* (Linnaeus, 1758) SB
 101 14420 Cincia alpèstre *Poecile montanus* (Conrad, 1827) SB
 102 14400 Cincia bigia *Poecile palustris* (Linnaeus, 1758) SB

30.Sittidae	103	14790	Picchio muratòre	<i>Sitta europaea</i>	Linnaeus, 1758	SB
31.Tichodromadidae	104	14820	Picchio muraiòlo	<i>Tichodroma muraria</i>	(Linnaeus, 1766)	EB, W irr
32.Certhiidae	105	14860	Rampichino alpèstre	<i>Certhia familiaris</i>	Linnaeus, 1758	SB
	106	14870	Rampichino comùne	<i>Certhia brachydactyla</i>	C. L. Brehm, 1820	B?
33.Laniidae	107	15150	Avèrta piccola	<i>Lanius collurio</i>	Linnaeus, 1758	M reg, EB
34.Corvidae	108	15390	Ghiandàia	<i>Garrulus glandarius</i>	(Linnaeus, 1758)	SB
	109	15570	Nocciolàia	<i>Nucifraga caryocatactes</i>	(Linnaeus, 1758)	SB
	110	15580	Gràcchio alpino	<i>Pyrrhocorax graculus</i>	(Linnaeus, 1766)	SB
	111	15671	Cornacchia nera	<i>Corvus corone</i>	Linnaeus, 1758	pres. regulari
	112	15673	Cornacchia grigia	<i>Corvus cornix</i>	Linnaeus, 1758	pres. saltuaria
	113	15720	Còrvo imperiàle	<i>Corvus corax</i>	Linnaeus, 1758	SB
35.Passeridae	114	16110	Fringuèllo alpino	<i>Montifringilla nivalis</i>	(Linnaeus, 1766)	SB
36.Fringillidae	115	16360	Fringuèllo	<i>Fringilla coelebs</i>	Linnaeus, 1758	SB, M reg., W reg.
	116	16380	Pèppola	<i>Fringilla montifringilla</i>	Linnaeus, 1758	M reg., W irr.
	117	16490	Verdòne	<i>Carduelis chloris</i>	(Linnaeus, 1758)	Pres. irr, W irr SB, M reg., W reg.
	118	16530	Cardellino	<i>Carduelis carduelis</i>	(Linnaeus, 1758)	W reg.
	119	16440	Venturòne alpino	<i>Carduelis citrinella</i>	(Pallas, 1764)	M reg, B, W irr SB, M reg., W reg.
	120	16540	Lucherino	<i>Carduelis spinus</i>	(Linnaeus, 1758)	W reg.
	121	16600	Fanèllo	<i>Carduelis cannabina</i>	(Linnaeus, 1758)	M reg, EB
	122	16630	Organétto	<i>Carduelis flammea</i>	(Linnaeus, 1758)	SB
	123	16660	Crocière	<i>Loxia curvirostra</i>	Linnaeus, 1758	SB
	124	17100	Ciuffolòtto	<i>Pyrrhula pyrrhula europaea</i>	(Linnaeus, 1758)	SB
			Ciuffolòtto trombettiere	<i>Pyrrhula pyrrhula pyrrhula</i>	(Linnaeus, 1758)	A-3 (M, W irr)
	125	17170	Frosòne	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	(Linnaeus, 1758)	W irr, M irr
37.Emberizidae	126	18600	Zigolo muciatto	<i>Emberiza cia</i>	Linnaeus, 1766	SB

SPECIE PROBABILI

4.Ciconiiformes	127	01340	Cicogna bianca	<i>Ciconia ciconia</i>	(Linnaeus, 1758)	M
------------------------	-----	-------	----------------	------------------------	------------------	---

Specie osservata ripetutamente in Val Rendena in primavera. Mai osservata nel territorio del Parco.

Di seguito i codici utilizzati nella definizione della fenologia delle specie (da Brichetti & Fracasso 2008, modificato)

S, Sedentary, Resident, Sedentaria, Stazionaria

Specie presente per tutto il corso dell'anno nel territorio del Parco, dove viene normalmente portata a termine il ciclo riproduttivo; possono essere compiuti erratismi stagionali di breve portata, generalmente in autunno-inverno e a seguito di particolari situazioni ambientali o meteorologiche, ma sempre circoscritti al territorio in oggetto. Viene sempre abbinato a "B".

B, Breeding, Nidificante

Specie che porta regolarmente a termine il ciclo riproduttivo nel territorio del Parco. E' utile abbinare sempre tale termine ad altri (per es. sedentaria o estiva) che di per sé sono insufficienti ad indicare la nidificazione ma che completano l'indicazione.

M, Migratory, Migrant, Migratrice

Specie o popolazione che compie annualmente degli spostamenti dalle aree di nidificazione verso quelle di svernamento. Una specie è considerata solo migratrice per il territorio del Parco quando vi transita senza nidificare o svernare. In questa categoria sono incluse anche le specie dispersive e quelle che compiono erratismi di una certa portata (unica eccezione il Gipeto).

W, Wintering, Winter visitor, Svernante

Specie o popolazione migratrice che si sofferma a passare l'inverno (dicembre - gennaio) o buona parte di esso nel Parco, ripartendo in primavera verso le aree di nidificazione. In alcuni casi (per es. specie estive) è difficile stabilire se le sporadiche segnalazioni invernali si riferiscano a reali casi di svernamento oppure a individui menomati o a presenze temporanee di migratori tardivi o precoci. In questa categoria sono incluse specie la cui presenza nel periodo invernale non sembra assimilabile ad un vero e proprio svernamento (vengono indicate con "W irr"; tale codice è utilizzato anche ad indicare specie che non svernano tutti gli anni nel territorio del Parco).

A, Accidental, Vagrant, Accidentale

Specie che capita nel Parco sporadicamente, in genere con individui singoli o comunque in numero molto limitato. Solitamente si tratta di specie con areali di nidificazione e quartieri di svernamento molto lontani dai territori ove compaiono, spesso sospinte fuori dalle abituali rotte migratorie da particolari condizioni meteorologiche. Vengono anche considerate accidentali per il Parco quelle specie che, per le loro abitudini sedentarie o per l'ubicazione delle loro rotte migratorie, compaiono raramente entro i confini dell'area protetta, pur vivendo in territori non lontani da quello in oggetto. Viene indicato il numero di segnalazioni (e non di individui) ritenute valide.

E, Estiva, migratrice nidificante (migrant breeder)

Termine invariabilmente associato a B, ad indicare specie che portano regolarmente a termine il ciclo riproduttivo in un determinato territorio, nel quale non viene abitualmente effettuato lo svernamento.

ES, Estivante

Specie presente in una determinata area durante il periodo riproduttivo ma per la quale non è accertata la riproduzione nell'area interessata.

reg, regular, regolare

Viene normalmente abbinato solo a "M".

irr, irregular, irregolare

Viene abbinato a tutti i simboli, ad indicare una irregolarità evidenziata nel corso di più anni.

par, partial, partially, parziale

Viene abbinato ad alcuni simboli ad indicare un comportamento diversificato di alcune frazioni della popolazione o della specie nel territorio del Parco (ad es. W parz indica che lo svernamento riguarda solo una parte della popolazione migratrice). Viene abbinato a SB per indicare specie con popolazioni sedentarie e migratrici.

?, doubtful data

Può seguire qualsiasi simbolo ed esprime uno status dubbio, che deve essere verificato.

In rosso le variazioni rispetto alla precedente check-list (31 dicembre 2012).

BIBLIOGRAFIA

AA.VV., 2007. *Piano Faunistico*. Parco Naturale Adamello Brenta, Strembo (TN). [online] URL: https://www.pnab.it/wp-content/uploads/2018/04/pf_con_allegati-1.pdf (25/08/2021).

AA.VV., 2012. *Analisi delle metodologie di monitoraggio della pernice bianca (Lagopus mutus L.) nel Parco Naturale Adamello Brenta. Relazione finale*. Parco Naturale Adamello Brenta, Strembo (TN). [online] URL: <https://www.pnab.it/info/area-download/?upf=dl&id=8043> (11/09/2021).

AA.VV., 2019. *Analisi delle consistenze e dei prelievi di ungulati, tetraonidi e coturnice – stagione venatoria 2019*. Provincia Autonoma di Trento, Servizio Foreste e fauna – Ufficio Faunistico: 67-79. [online] <https://forestefauna.provincia.tn.it/content/download/12964/232268/file/relazione%202019%20Web.pdf> (08/09/2021).

ARRIGHETTI A., 1988. Il Trentino e la sua flora. In: Boato S., Arrighetti A., Osti F., *Parchi e riserve naturali del Trentino*. Temi editrice, Trento: 138-142.

ARTUSO I., DEMARTIN P., 2005. Pernice bianca. In: Pedrini *et al.* (a cura di), 2005, op. cit.: 69-71.

BERTOLI R., 2005. Corvo imperiale. In: Pedrini *et al.* (a cura di), 2005, op. cit: 474-476.

BERTONI E., CASAROTTO C., 2014. L'evoluzione dei ghiacciai trentini dopo la Piccola Età Glaciale. In: *Passato, presente e futuro dei ghiacciai alpini*. Natura alpina, Vol.65 (2014), n.1/2: 27-38. Museo tridentino di scienze naturali, Trento.

BIBBY C.J., BURGESS N.D., HILL D.A., MUSTOE H.S., 1992. *Bird census techniques*. Second edition. Academic Press, London, San Diego California.

BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2015. The IUCN Red List of Threatened Species 2015. Version 2021-2. [online] URL: <https://www.iucnredlist.org/> (15/09/2021)

BOMBARDA R., 1994. I ghiacciai (vedrette) del Parco Naturale Adamello Brenta. In: Bombarda R., Azzali M., Comitato glaciologico trentino (a cura di), *I ghiacciai del Parco Naturale Adamello Brenta*. Parco Adamello Brenta, Strembo (TN): 9-37

BOMBARDA R., PARISI B., 1997. *I ghiacciai (vedrette) delle Dolomiti di Brenta: centotrent'anni di frequentazione e di osservazioni*. Geogr. Fis. Dinam. Quat. **20**: 299-304.

BOSELLINI A., 2005. *Storia geologica d'Italia. Gli ultimi 200 milioni di anni*. Zanichelli editore, Bologna.

- BRAMBILLA M., RESANO-MAYOR J., SCRIDEL D., ANDERLE M., BOGLIANI G., BRAUNISCH V., CAPELLI F., CORTESI M., HORRENBERGER N., PEDRINI P., SANGALLI B., CHAMBERLAIN D., ARLETTAZ R., RUBOLINI D., 2018. *Past and future impact of climate change on foraging habitat suitability in a high-alpine bird species: Management options to buffer against global warming effects*. *Biological conservation*, **221**: 209-218.
- BRICHETTI P., FRACASSO G., 2003. *Ornitologia italiana. Vol. 4 – Apodidae-Prunellidae e Vol. 5 – Turdidae-Cisticolidae*. Alberto Perdisa Editore, Bologna.
- BRICHETTI P., GARIBOLDI A., 1997. *Manuale pratico di ornitologia*. Edagricole, Bologna.
- BURTON J.F., 1995. *Birds and climate change*. Christopher Helm – A & C Black, Londra (UK).
- BURTON N. H. K., 2006. *Nest orientation and hatching success in the tree pipit *Anthus trivialis**. *J. Avian. Biol.* **37**: 312-317
- CALDONAZZI M., PEDRINI P., ZANGHELLINI S., BARBIERI F., 1994. *Gli uccelli del Parco Adamello-Brenta*. Documenti Parco Adamello Brenta, Strembo (TN).
- CALDONAZZI M., 2005. Prispolone. In: Pedrini *et al.* (a cura di), 2005, op. cit.: 309-310.
- CANTURAN L., SEPPI R., 2005. Il bilancio di massa dei ghiacciai dolomitici ad alimentazione mista: il caso del ghiacciaio d'Agola (Dolomiti di Brenta, Trentino). In: Bondesan A., Fontana A. (a cura di), *Riassunti: Convegno nazionale A.I. Geo, Montagne e pianure: Padova, 15-16-17 febbraio 2005*, Università degli Studi di Padova: 58-60.
- CANTURAN L., SEPPI R. (a cura di), 2005 bis. *Il ghiacciaio d'Agola: un osservatorio sui mutamenti dell'ambiente glaciale delle Dolomiti di Brenta*. Adamello Brenta, A.9 n.3. Strembo (TN): 23-26.
- CARLINI E. (a cura di), 2004. *Lo stambecco delle Alpi (*Capra [ibex] ibex Linnaeus, 1758*) nel Parco Naturale Adamello Brenta. Status e indicazioni per il monitoraggio*. [online] URL: <https://www.pnab.it/info/area-download/?upf=dl&id=8019> (25/08/2021).
- CASAROTTO C., 2010. *Ghiacciai in Trentino. Ricerca e stato di salute*. Atti Acc. Rov. Agiati, a.260, ser. VIII, vol.X, B, Rovereto (TN): 63-78.
- CHAMBERLAIN D., ARLETTAZ R., CAPRIO E., MAGGINI R., PEDRINI P., ROLANDO A., ZBINDEN N., 2012. *The altitudinal frontier in avian climate impact research*. *Ibis*, **154**: 205–209.
- CHIRICHELLA R., MUSTONI A., APPOLLONIO M., 2017. *Alpine landscape and canopy cover from 1973 to 2011: are roe and red deer population dynamics linked?* *Wildlife Research*, **44**(7): 504-513. [online] URL: <https://doi.org/10.1071/WR16232> (22/09/2021).

- CHIRICHELLA R., 2019. Impostazione tecnica del progetto BioMiti. In: *Biomiti: alla ricerca della vita sulle Dolomiti di Brenta. Atti dell'incontro collegiale del 30 novembre 2019 (Carisolo – casa Geopark)*: 5-6. [online] URL: https://www.pnab.it/wp-content/uploads/2020/11/2020_Atti-BioMiti-30-Novembre-2019.pdf (18/09/2021)
- COMITATO GLACIOLOGICO TRENINO, 1994. Catasto dei ghiacciai del Brenta. In: Bombarda R., Azzali M., Comitato glaciologico trentino (a cura di), *I ghiacciai del Parco Naturale Adamello Brenta*. Parco Adamello Brenta, Strembo (TN): 95-120.
- COSTANTINI D.; CARELLO L.; DELL'OMO G., 2010. *Patterns of covariation among weather conditions, winter North Atlantic Oscillation index and reproductive traits in Mediterranean kestrels*. *Journal of Zoology*, **280.2**: 177-184.
- FESTI F., PROSSER F., 2008. Flora del Parco Naturale Adamello Brenta. Documenti del Parco n°17, Ed. Osiride, Rovereto (TN).
- FICKERT T., GRÜNINGER F., 2018. *High-speed colonization of bare ground—Permanent plot studies on primary succession of plants in recently deglaciated glacier forelands*. *Land Degradation & Development*, **29(8)**: 2668-2680.
- FLOUSEK J., TELENSKY T., HANZELKA J., REIF J., 2015. *Population Trends of Central European Montane Birds Provide Evidence for Adverse Impacts of Climate Change on High-Altitude Species*. *PLoS ONE* 10(10): e0139465. [online] URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139465>
- FREEMAN B. G., LEE-YAW J. A., SUNDAY J. M., HARGREAVES A. L., 2018. *Expanding, shifting and shrinking: The impact of global warming on species' elevational distributions*. *Global Ecology and Biogeography*, **27(11)**: 1268-1276.
- De GABRIEL HERNANDO M., FERNÁNDEZ-GIL J., ROA I., JUAN J., ORTEGA F., de la CALZADA F., REVILLA E., 2021. *Warming threatens habitat suitability and breeding occupancy of rear-edge alpine bird specialists*. *Nordic Society Oikos, Ecology* 44: 1191-1204.
- GAGLIARDI A., TOSI G. (a cura di), 2012. *Monitoraggio di Uccelli e Mammiferi in Lombardia. Tecniche e metodi di rilevamento*. Regione Lombardia, Università degli Studi dell'Insubria, Istituto Oikos.
- GENERO F., PEDRINI P., 1995. *Il ritorno del gipeto (Gypaetus barbatus) sulle Alpi. Resoconto sulla sua presenza nel territorio del Parco Adamello Brenta e aree limitrofe*. Documenti Parco Adamello Brenta, Strembo (TN).
- GIBBONS D.W., HILL D., SUTHERLAND W.J., 1996. Birds. In: Sutherland W.J. (a cura di), *Ecological census techniques: a handbook*. Cambridge University Press.

GROFF C., ANGELI F., BRAGALANTI N., PEDROTTI L., ZANGHELLINI P., ZENI M. (a cura di), 2021. Rapporto Grandi carnivori 2020 del Servizio Faunistico della Provincia Autonoma di Trento.

HOCK R., G. RASUL, C. ADLER, B. CÁCERES, S. GRUBER, Y. HIRABAVASHI, M. JACKSON, A. KÄÄB, S. KANG, S. KANG, S. KUTUZOV, A. MILNER, U. MOLAU, S. MORIN, B. ORLOVE, H. STELZER, 2019. High Mountain Areas. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]: 131-202. In press.

HUCHLER, K., SCHULZE C. H., GAMAUF A., SUMASGUTNER P., 2020. *Shifting breeding phenology in Eurasian kestrels Falco tinnunculus: Effects of weather and urbanization*. *Frontiers in Ecology and Evolution*, **8**: 247.

IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginevra, Svizzera, 151 pp.

IPCC, 2019. Technical Summary [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]: 37-69. In press.

JANIGA M., ROMANOVÁ E., 1997. *The biology of the Alpine Accentor Prunella Collaris. II. Behaviour: Rhythmic aspects of maintenance activities*. *Oecologia montana*, **6**: 45-48.

KREIDERITS A., GAMAUF A., KRENN H. W., SUMASGUTNER P., 2016. *Investigating the influence of local weather conditions and alternative prey composition on the breeding performance of urban Eurasian Kestrels Falco tinnunculus*. *Bird Study*, **63.3**: 369-379.

MAESTRI F., VOLTOLINI L., 2005. Fringuello alpino. In: Pedrini *et al.* (a cura di), 2005, op. cit.: 486-488.

MAESTRI F., VOLTOLINI L., 2005 *bis*. Picchio muraiolo. In: Pedrini *et al.* (a cura di), 2005, op. cit.: 437-439.

MARCHESI L., PEDRINI P., SERGIO F., 2001. *Gli Strigiformi del Parco Adamello-Brenta. Relazione del secondo anno di attività (2000)*. Museo Tridentino di Scienze Naturali – Sezione Zoologia dei Vertebrati, Trento. [online] URL: <https://www.pnab.it/info/area-download/?upf=dl&id=8013> (11/09/2021).

- MARTIN K., WIEBE K. L., 2004. *Coping mechanisms of alpine and arctic breeding birds: extreme weather and limitations to reproductive resilience*. Integrative and comparative biology, **44.2**: 177-185.
- MASÈ V., 2005. *Studio geofisico e geomorfologico del ghiacciaio d'Agola (Dolomiti di Brenta)*. Tesi di laurea in Scienze Geologiche, Università degli Studi di Padova, a.a. 2004-2005.
- MATTHEWS J. A., VATER A. E., 2015. *Pioneer zone geo-ecological change: Observations from a chronosequence on the Storbreen glacier foreland, Jotunheimen, southern Norway*. Catena, **135**: 219-230.
- MICHELI A., 2005. Culbianco. In: Pedrini *et al.* (a cura di), 2005, op. cit., 409-410.
- MUSTONI A., 2004. *L'orso bruno sulle Alpi. Biologia comportamento e rapporti con l'uomo*. Nitida immagine editrice, Cles (TN).
- MUSTONI A., 2019. Biomiti – alla ricerca della vita sulle Dolomiti di Brenta. Premessa. In: *Biomiti: alla ricerca della vita sulle Dolomiti di Brenta. Atti dell'incontro collegiale del 30 novembre 2019 (Carisolo – casa Geopark): 2-3*. [online] URL: https://www.pnab.it/wp-content/uploads/2020/11/2020_Atti-BioMiti-30-Novembre-2019.pdf (18/09/2021)
- MUSTONI A., CHIRICHELLA R., CHIOZZINI S., ZIBORDI F. (a cura di), 2010. *Progetto galliformi. Relazione finale*. Parco Naturale Adamello Brenta, Strembo (TN). [online] URL: <https://www.pnab.it/info/area-download/?upf=dl&id=8004> (11/09/2021).
- PEARCE-HIGGINS J. W., GREEN R. E., 2014. *Birds and Climate Change. Impacts and Conservation Response*. Cambridge University Press, Cambridge (UK).
- PEDRINI P., CALDONAZZI M., ZANGHELLINI S. (a cura di), 2005. *Atlante degli Uccelli nidificanti e svernanti in Provincia di Trento*. Studi Trentini di Scienze Naturali, Acta Biologica, **80** (2003), suppl. 2. Museo Tridentino di Scienze Naturali, Trento.
- PEDRINI P., 2005. Sordone. In: Pedrini *et al.* (a cura di), 2005, op. cit.: 329-331.
- PEDRINI P., 2005 *bis*. Gheppio. In: Pedrini *et al.* (a cura di), 2005, op. cit.: 158-161.
- PEDRINI P., NOSELLI S., 2005. Spioncello. In: Pedrini *et al.* (a cura di), 2005, op. cit.: 313-315.
- PEDROTTI F., 2008. *Notizie storiche sul Parco Naturale Adamello Brenta*. Tipografia editrice TEMI s.a.s, Trento.
- POPY S., BORDIGNON L., PRODON R., 2010. *A weak upward elevational shift in the distributions of breeding birds in the Italian Alps*. Journal of Biogeography, **37.1**: 57-67.

- R CORE TEAM, 2020. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [online] URL: <https://www.R-project.org/>.
- RAUTER C., REYER H., 2000. *Thermal and energetic consequences of nest location and breeding times in Water Pipits (Anthus spinoletta)*. Journal für Ornithologie, **141.4**: 391-407.
- RAUTER C. M., REYER H., BOLLMANN K., 2002. *Selection through predation, snowfall and microclimate on nest-site preferences in the Water Pipit Anthus spinoletta*. British Ornithologist's Union, Ibis (2002), **144**: 433-444.
- REVERMANN R., SCHMID H., ZBINDEN N., SPAAR R., SCHRÖDER B., 2012. *Habitat at the mountain tops: how long can Rock Ptarmigan (Lagopus muta helvetica) survive rapid climate change in the Swiss Alps? A multi-scale approach*. Journal of Ornithology, **153.3**: 891-905.
- RUMPF S. B., HÜLBER K., ZIMMERMANN N. E., DULLINGER S., 2019. *Elevational rear edges shifted at least as much as leading edges over the last century*. Global Ecology and Biogeography, **28(4)**: 533-543.
- SAURO F., DE WAELE J., 2019. La grotta Raponzolo: un archivio del tempo. In: *Biomiti: alla ricerca della vita sulle Dolomiti di Brenta. Atti dell'incontro collegiale del 30 novembre 2019 (Carisolo – casa Geopark): 17-18*. [online] URL: https://www.pnab.it/wp-content/uploads/2020/11/2020_Atti-BioMiti-30-Novembre-2019.pdf (25/08/2021)
- SCRIDEL D., BRAMBILLA M., MARTIN K., LEHIKONEN A., IEMMA A., ANDERLE M., JÄHNIG S., CAPRIO E., BOGLIANI G., PEDRINI P., ROLANDO A., ARLETTAZ R., CHAMBERLAIN D., 2018. *A review and meta-analysis of the effects of climate change on Holarctic mountain and upland bird populations*. British Ornithologist's Union, Ibis (2018), **160**: 489-515.
- SCRIDEL D., BRAMBILLA M., de ZWAAN D. R., FROESE N., WILSON S., PEDRINI P., MARTIN K., 2021. *A genus at risk: Predicted current and future distribution of all three Lagopus species reveal sensitivity to climate change and efficacy of protected areas*. Diversity and Distributions, **27.9**: 1759-1774.
- SEPPI R., 2007. *Ghiaccio, morfologie glaciali e permafrost nella ricostruzione climatico-ambientale del Trentino*. Studi Trent. Sci. Nat., Acta Geol., **82** (2005): 73-84. Museo Tridentino di Scienze Naturali, Trento.
- SPEAKMAN J. R.; KRÓL E., 2010. *Maximal heat dissipation capacity and hyperthermia risk: neglected key factors in the ecology of endotherms*. Journal of Animal Ecology, **79.4**: 726-746.
- SVENSSON L., MULLARNEY K., ZETTERSTRÖM D., 2012. *Guida degli uccelli d'Europa, Nord Africa e Vicino Oriente*. Ed. it. a cura di Gustin M., Sorace A., Corso A. Ricca Editore, Roma.

- TOMASI G., 1990. Aspetti naturalistici. In: Flaim S. (a cura di), *Incontri col Parco*. Edizioni ARCA, Trento: 31-40.
- VERONESE L., 1990. Aspetti geologici della regione Adamello Brenta. In: Flaim S. (a cura di), *Incontri col Parco*. Edizioni ARCA, Trento: 41-48.
- VOLCAN G., 2005. Codirosso spazzacamino. In: Pedrini *et al.* (a cura di), 2005, op. cit.: 398-400.
- VOLCAN G., 2006. *Monitoraggio rapaci diurni. Relazione interna*. Parco Naturale Adamello Brenta, Strembo (TN). [online] URL: <https://www.pnab.it/info/area-download/?upf=dl&id=8015> (11/09/2021).
- VOLCAN G., 2011. *Monitoraggio aquila reale 2011. Relazione interna*. Parco Naturale Adamello Brenta, Strembo (TN). [online] URL: <https://www.pnab.it/info/area-download/?upf=dl&id=8016> (11/09/2021).
- VOLCAN G., 2013. *Check-list degli Uccelli del Parco Naturale Adamello Brenta*. Parco Naturale Adamello Brenta, Strembo (TN). [online] URL: <https://www.pnab.it/info/area-download/?upf=dl&id=8014>
- WINKLER D. E., BUTZ R. J., GERMINO M. J., REINHARDT K., KUEPPERS L. M., 2018. *Snowmelt timing regulates community composition, phenology, and physiological performance of alpine plants*. *Frontiers in Plant Science*, **9**: 1140.
- ZANGHELLINI S., 2004. *Il Parco Naturale Adamello Brenta. Lo spettacolo della natura e i segni dell'uomo*. Litografica Editrice Saturnia, Trento.
- ZANGHELLINI S., 2005. Gracchio alpino. In: Pedrini *et al.* (a cura di), 2005, op. cit.: 462-464.
- ZIBORDI F., MUSTONI A., VIVIANI V., LICCIOLI S., STEFANI G. (a cura di), 2010. *L'impegno del Parco per l'orso: il progetto Life Ursus*. Documenti del parco n°18, Manfrini, Rovereto (TN).
- ZORZI D., 1990. Il Parco dalla sua nascita all'emanazione della L.P. 6/5/1988, n.18. In: Flaim S. (a cura di), *Incontri col Parco*. Edizioni ARCA, Trento: 25-29.

RINGRAZIAMENTI

In conclusione a questo elaborato e al mio percorso di studi triennale, desidero ringraziare i docenti del Campus di Ravenna, e in particolare il Prof. Andrea Pasteris, che con il suo contributo ha permesso la stesura e la presentazione di questa tesi.

Inoltre, un ringraziamento va certamente all'Ufficio Ricerca Scientifica ed Educazione Ambientale del Parco Naturale Adamello Brenta, e ai suoi collaboratori esterni: senza il loro sostegno e la loro ospitalità, questo lavoro non avrebbe mai visto la luce. Voglio particolarmente menzionare il dott. Andrea Mustoni, per avermi offerto la possibilità di vivere l'esperienza del tirocinio, e il dott. Marco Armanini e la dott.ssa Roberta Chirichella, per la grande disponibilità e l'attenzione che mi hanno sempre dedicato, in qualità di correlatori. Inoltre, ringrazio Enrico, Nicolò e tutti gli altri colleghi del Parco che mi hanno seguito durante l'attività in campo, trasmettendomi parte della loro esperienza e la loro amicizia. Il merito di aver reso questo progetto possibile, e di avermi aiutato a immaginare la direzione del mio futuro percorso di studi, va a tutti loro.

Ringrazio soprattutto la mia famiglia per avermi da sempre supportata e incoraggiata. Se oggi posso superare questo bellissimo traguardo, lo devo in tutto e per tutto a loro: a mamma Partizia, che con il coraggio e la determinazione che dimostra ogni giorno, mi insegna a dare sempre il meglio in ogni situazione, con entusiasmo e gentilezza; a papà Aurelio, che con la sua costante presenza ed il suo genuino interesse per le mie scelte, è la spalla su cui posso sempre contare; a mia sorella Veronica, che con il suo altruismo e il suo esempio mi aiuta costantemente ad intraprendere la strada giusta. Ringrazio tutti gli zii, i cugini e i parenti, che con il loro affetto dimostrano da sempre di credere nel mio lavoro.

Una menzione speciale va a tutti gli amici: ai compagni di scuola, come Lara, Ismaele, Chiara, Giulia e Arianna: li ringrazio per il supporto che mi hanno sempre dimostrato in questi anni, anche quando eravamo più distanti. Un grazie agli amici dell'università: ad Ale, per la compagnia durante la nostra avventura speleologica; ad Alice, per tutte le volte che mi ha prestato ascolto e consigli; a Cleris e Bea, compagne di laboratorio, di eterne relazioni e presentazioni; a Costanza, per le risate che abbiamo condiviso; a Marco, per le nostre chiacchierate in bici lungo l'argine; al gruppo di D&D, per le inenarrabili serate.

Soprattutto, mi preme ringraziare le coinquiline di via Bassano del Grappa: veramente senza di loro questi ultimi mesi non avrebbero lasciato tanta emozione e nostalgia. In particolare, voglio esprimere tutta la mia gratitudine a Clara: non vi sono davvero parole per raccontare questi tre meravigliosi anni che abbiamo condiviso. Se vi è una nota triste in questa conclusione, sono tutti quei chilometri tra la sua Ravenna e il mio Trentino.

Infine, vorrei ricordare qui con una dedica speciale la nonna Fortunata, che per prima mi ha dimostrato l'amore per l'ambiente e gli animali. Davvero vorrei poter oggi condividere questa gioia con lei, che purtroppo non c'è.