



CLUB ALPINO ITALIANO

IL BOLLETTINO

COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE
PERIODICO DI DIVULGAZIONE SCIENTIFICA

APRILE 2023





CLUB ALPINO ITALIANO

IL BOLLETTINO

**COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE
PERIODICO DI DIVULGAZIONE SCIENTIFICA**

APRILE 2023





CLUB ALPINO ITALIANO
Via Petrella, 19 - 20124 Milano

COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE

© 2023 - CAI - Comitato Scientifico Centrale

ISBN 978 88 7982 141 4

Proprietà letteraria riservata
Riproduzione vietata senza l'autorizzazione scritta da parte del CAI

Comitato di redazione:
Piero Carlesi, Luca Pellicoli, Giovanni Margheritini

Consulenza e revisione editoriale:
Alessandra Demonte

Progettazione grafica e impaginazione:
Giovanni Margheritini

Il Comitato Scientifico Centrale ringrazia, per aver effettuato la lettura critica degli articoli contenuti in questo Bollettino, la prof.ssa Assunta Fiorenzano - Università di Modena e Reggio, il dott. Marco Peresani - Università di Ferrara, il dott. Andrea Piotti - Istituto di Bioscienze e Biorisorse del Consiglio Nazionale delle Ricerche, la dott.ssa Giovanna Barbieri - Università di Modena e Reggio, il dott. Luca Pellicoli - Ph. D. Specializzato in patologia della selvaggina, il dott. Ivan Borroni - medico veterinario

Publicato sul sito www.csc.cai.it in aprile 2023
in pdf scaricabile gratuitamente



COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE (periodo 2023 - 2025)

Presidente

Vice Presidente

Componenti

Segretario esterno

Referenti CC e CDC

- Consigliere Centrale
- Incaricato speciale dal PG

Piero Carlesi

Luca Pellicoli

Milena Merlo Pich

Luigi Iozzoli

Francesco Meneguzzo

Marco Peresani

Giovanni Margheritini

Antonino Gullotta

Amedeo Locatelli

Gian Carlo Nardi



SOMMARIO

7 EDITORIALE

ARTICOLI SCIENTIFICI

- 11 Enrico Croce, Diego E. Angelucci, Jacopo Armellini, Federico Confortini, Francesco Dordoni, Chiara Rossi, Diego Veneziano, Laura Vezzoni, Stefania Casini
Archeologia di montagna alle sorgenti del Brembo
- Antonio Gelati
- 31 **Avvelenamento da piombo in fenicotteri rosa (*Phoenicopterus roseus*) rinvenuti nel Parco Regionale Veneto del Delta del Po**
- Anna Corli, Rita Baraldi, Luisa Neri
- 39 **I composti organici volatili biogenici e i loro effetti sulla salute umana durante i percorsi di Terapia Forestale**
- Giovanna Barbieri
- 45 **Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico al Monte Cimone - Appennino settentrionale - Report del terzo anno del progetto con focus sul *Geranium argenteum***
- Fulvio Ducci
- 63 **Gli antichi rifugi glaciali degli alberi forestali nell'Appennino settentrionale**
- Giancarlo Sani
- 93 **Le rocce dei Pennati - Sulle tracce delle rocce sacre dei Liguri Apuani nelle Alpi Apuane**

INDICE PER ARGOMENTI

EDITORIALE

È con estremo orgoglio che presento questo sesto numero del Bollettino del Comitato Scientifico Centrale del Club Alpino Italiano, serie ripresa dopo decenni di oblio. Le nuove tecnologie ci hanno permesso di realizzare un prodotto di nicchia che difficilmente avrebbe potuto rivedere la luce in forma di carta stampata, ma ora grazie all'informatica e alla tecnologia digitale ciò si è reso possibile, consentendo la circolazione di contributi scientifici interessanti e inediti.

Il consenso e l'apprezzamento giunto da più parti è lo sprone migliore per continuare in questa direzione.

Come neo presidente del Comitato non posso intanto che ringraziare il mio predecessore Giuliano Cervi che con lungimiranza ha promosso questa nuova iniziativa editoriale, grazie al supporto essenziale del suo vicepresidente Giovanni Margheritini, che continua con entusiasmo a curare la realizzazione e il coordinamento della nostra linea editoriale *on line* che, come sapete, oltre al Bollettino, si avvale delle Monografie e dei Quaderni.

Questo sesto numero del Bollettino continua a raccogliere studi che hanno visto protagonisti soci Cai ricercatori da tutta Italia. Si parte con una interessante relazione firmata a più mani da ricercatori lombardi e trentini afferenti alle Università di Genova e di Trento e dai Musei di Bergamo sulla archeologia di montagna alle sorgenti del Brembo, uno dei grandi fiumi bergamaschi che ha dato poi il nome alla valle Brembana. Qui, partendo da incisioni rupestri scoperte in val Cavisana, è partita una indagine che ha fatto luce sulla storia del popolamento della valle dall'età preromana all'Alto Medioevo.

Il secondo contributo è lo studio dell'avvelenamento da piombo dei fenicotteri rosa presenti nel Parco Regionale Veneto del Delta del Po firmato dal direttore del Museo civico di Storia naturale di Marano sul Panaro. Si sottolinea come i pallini di piombo emessi dai fucili dei cacciatori, una volta ingeriti dai fenicotteri possano portare alla loro morte. Lo studio si è incentrato nella zona del litorale di Rosolina (Ro); l'autopsia su una decina di sfortunati fenicotteri ha confermato l'ipotesi di avvelenamento. Il problema che qui si vuole evidenziare è che non solo i fenicotteri ma anche i rapaci possono essere vittime di tale avvelenamento, vista la quantità di piombo presente nelle lagune e, in prospettiva, anche lo stesso uomo che si ciba di volatili può esserne vittima.

Il terzo studio di tre ricercatrici del CNR è un ulteriore approfondimento su un progetto condotto dal CNR e dal CAI e di cui già sono usciti significativi studi

sulla cosiddetta "Terapia Forestale". In questo caso si presenta uno studio sui composti organici volatili biogenici e i loro effetti benefici sulla salute umana. I composti, costituiti prevalentemente da isoprene e monoterpeni, sono rilasciati in abbondanza, specie nei mesi caldi, nei contesti forestali soprattutto dove sono presenti le conifere. Lo studio ha avuto luogo presso i rifugi CAI e lungo sentieri CAI in contesti forestali dalle Alpi all'Appennino.

Nei tempi del cambiamento climatico ben venga poi uno studio di monitoraggio floristico eseguito al Monte Cimone sull'Appennino settentrionale. Alcune specie floristiche sono possibili indicatori del cambiamento del clima. Studiando tre specie si è osservato un anticipo della data di fioritura riconducibile all'andamento inusuale della temperatura.

Ho trovato poi molto interessante l'articolo successivo di un ricercatore forestale che riguarda la presenza sull'Appennino settentrionale (area tosco-emiliana) di popolazioni botaniche relitte che sono ben diffuse oggi nell'Europa settentrionale e qui rimaste come testimonianza di un antico clima. A quanti sarà capitato di trovare nelle escursioni sull'Appennino emiliano o toscano foreste di abeti bianchi o rossi? Ebbene questi relitti sono assai preziosi perché possono essere portatori di caratteri adattati oggi utili visto il cambiamento repentino di clima.

Infine l'ultimo contributo del presente Bollettino riguarda lo studio sulla presenza del popolo dei Liguri sulle Alpi Apuane attraverso le incisioni rupestri e in particolare di un'arma, il pennato, uno strumento utilizzato dai boscaioli, antenato dei moderni falchetti o roncole. Tali incisioni rilevate su rocce panoramiche dominanti fa pensare a luoghi di culto o di riunione in epoca precristiana, ma si tratta di uno studio iniziale che attende conferme.

In conclusione anche questo Bollettino spazia dalla botanica all'archeologia all'avifauna. Ogni articolo, corredato da abbondante bibliografia, è stato oggetto di referaggio: così colgo l'occasione per ringraziare sia i ricercatori-autori sia gli accademici ed esperti che hanno riletto i testi garantendone la validità scientifica.

Piero Carlesi
Presidente del Comitato Scientifico Centrale
del Club Alpino Italiano

ARTICOLI SCIENTIFICI



Figura 01 - Operazioni di rilievo con Stazione Totale ai Piani di Sasso, Carona (BG) - foto E. Croce

Archeologia di montagna alle sorgenti del Brembo

di Enrico Croce¹, Diego E. Angelucci², Jacopo Armellini³, Federico Confortini⁴, Francesco Dordoni,
Chiara Rossi, Diego Veneziano⁵, Laura Vezzoni, Stefania Casini⁶

1. Università degli Studi di Genova - Sezione CAI Sesto S. Giovanni
2. Università di Trento. Sezione CAI SAT Trento
3. Università di Trento
4. Museo Civico di Scienze Naturali "Enrico Caffi" di Bergamo - Sezione CAI Alzano Lombardo
5. C&V Studio di Archeologia srl - Sezione CAI Sesto San Giovanni
6. Civico Museo Archeologico di Bergamo

Riassunto: Le ricerche archeologiche nell'area delle sorgenti del Brembo di Carona hanno preso avvio a seguito della scoperta delle incisioni rupestri della val Camisana. Le indagini condotte dal Civico Museo Archeologico di Bergamo a partire dal 2007 hanno aperto interessanti prospettive sulla storia del popolamento umano della val Brembana, un'area fino ad oggi poco conosciuta dal punto di vista archeologico. Le incisioni più antiche attestano frequentazioni di età preromana e la presenza dell'area di culto di una divinità celtica protettrice delle vette e dei valichi. Risale invece all'Alto Medioevo un insediamento minerario scoperto ai Piani di Sasso, presso il lago Cavasabbia. Negli anni più recenti le ricerche sono state estese a tutto il territorio circostante i siti, attraverso uno studio di archeologia del paesaggio condotto dall'Università di Trento. I dati raccolti in più di quindici anni di ricerche sono ancora in corso di studio ma permettono già di intuire i processi evolutivi del popolamento umano dell'area di Carona in un lungo arco temporale, che va dall'età del Ferro fino al presente. Le metodologie di ricerca utilizzate in questo contesto si inseriscono appieno in un nuovo approccio allo studio del passato nelle terre alte, che sta portando alla definizione dell'archeologia di montagna come una vera e propria branca indipendente della disciplina.

Abstract: Mountain archeology at the source of the Brembo river

The discovery of the rock engravings of Camisana valley marked the starting point of the archaeological research at the source of the river Brembo of Carona (province of Bergamo, Italy). In 2007, the Archaeological Museum of Bergamo started the investigation of the area and its subsequent yearly research campaigns shed new light on the history of human presence in Brembo valley. The first engravings dated back to the Iron Age and are related to a Celtic deity of mountains and passes. The mining settlement discovered in the Piani di Sasso area, near lake Cavasabbia, was probably established in the Early Middle Ages. Recent doctoral research focused more on the whole landscape historical evolution, instead of single site analysis. The data collected in more than fifteen years are not already complete, but can provide an insight on the human presence in the area since the Iron Age. The methodology used in this research can be related to a wide development of a new branch of Archaeology, focused on new approaches to mountain contexts.

Introduzione

Le ricerche archeologiche nell'area delle Sorgenti del Brembo di Carona hanno preso avvio dal fortuito incontro tra alcuni studiosi di storia e cultura locale con il Civico Museo Archeologico di Bergamo e si sono sviluppate negli ultimi quindici anni abbracciando tematiche differenti, grazie alla collaborazione di diverse istituzioni di ricerca: l'Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali del CNR, il Laboratorio di Palinologia e Paleoecologia dell'Università di Milano Bicocca e il Dipartimento di Lettere e Filosofia dell'Università di Trento. Gli studi condotti in alta Val Brembana hanno visto inoltre proficue collaborazioni con il Centro Storico Culturale Valle Brembana "Felice Riceputi" e il Club Alpino Italiano, che ha finanziato parte delle ricerche attraverso il Bando Terre Alte del Comitato Scientifico Centrale e ha visto le sezioni di Sesto San Giovanni e dell'Alta Valle Brembana attivamente coinvolte nella divulgazione dei risultati preliminari delle ricerche e fortemente

impegnate nel supporto logistico ai ricercatori sul campo, che alloggiavano al rifugio Baitone.

Il punto focale delle ricerche a Carona è stato sempre il tentativo di ricostruire la storia del popolamento del territorio di alta quota, utilizzando tutte le fonti disponibili e le moderne metodologie della ricerca archeologica. Le ricerche si sono svolte in un'area mediamente compresa tra i 1300 e i 2400 metri di quota, con morfologie spesso aspre, che hanno richiesto approcci complessi, soprattutto per quanto riguarda le attività materialmente più 'pesanti' come lo scavo archeologico. I risultati sono ancora preliminari, dato che le ricerche sono ben lontane da una conclusione, ma offrono numerosi dati di grande interesse per comprendere la storia del popolamento delle vallate orobiche, che vanno a inserirsi in un quadro caratterizzato da una endemica povertà di notizie storiche e archeologiche, sempre più accentuata man mano che si sale di quota.

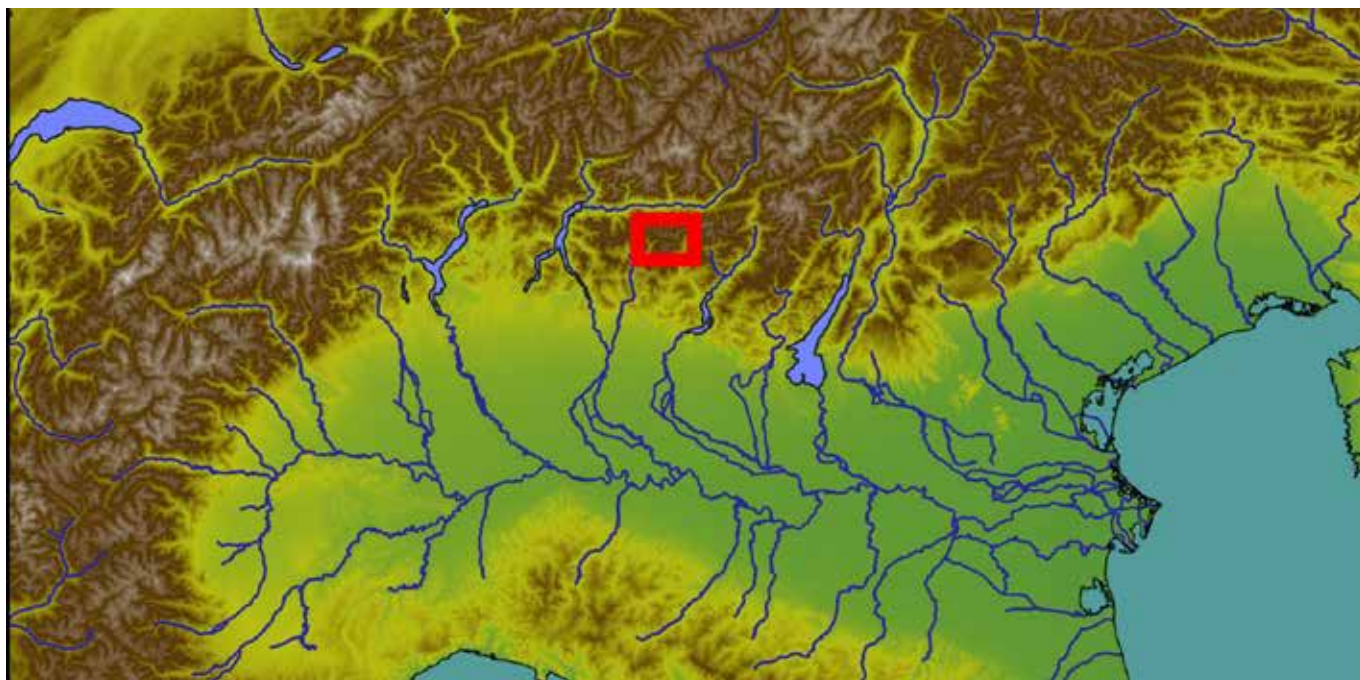


Figura 02 - L'area delle Sorgenti del Brembo di Carona (BG) posizionata nell'arco alpino – European Digital Model (EU-DEM) v.1.1 Copernicus – European Environment Agency (EEA)

Il contesto archeologico delle valli bergamasche

Il panorama archeologico delle Alpi e delle Prealpi Orobie è sempre stato dominato dalla preponderanza delle evidenze preistoriche. La montagna bergamasca, sebbene al cuore di questo sistema montuoso, appare invece relativamente povera di attestazioni di cultura materiale, soprattutto per quanto riguarda la preistoria e la protostoria. Sono noti solo rari ritrovamenti collocabili in questo lungo lasso cronologico, concentrati quasi esclusivamente nella parte bassa delle vallate. Il periodo che va dal Paleolitico alle soglie dell'età romana, nelle sezioni più basse dei bacini idrografici orobici, è conosciuto principalmente attraverso lo studio di ambienti carsici che hanno restituito diverse fasi di occupazione umana, correlate soprattutto a scopi funerari e cultuali (Longhi et al. 2021; Fortunati & Poggiani Keller 2007; Basezzi & Dell'Olio 1981). Non mancano altre attestazioni archeologiche sul territorio, ma si tratta di rinvenimenti sporadici, che non permettono di ricostruire un quadro organico del popolamento delle vallate nella preistoria. I contesti più importanti per la comprensione dei momenti più antichi della storia umana in area orobica sono il sito di Ubiale-Clanezzo in Val Brembana, frequentato nel Neolitico e durante la tarda età del Bronzo (Poggiani Keller 2007; Poggiani Keller 1989) e il sito di Parre, in Val Seriana, le cui prime attestazioni insediative risalgono alle fasi finali dell'età del Bronzo e vede poi un periodo di fioritura durante l'età del Ferro, con sopravvivenze almeno fino alla prima età romana imperiale (Poggiani Keller & Rondini 2020; Poggiani Keller 2006).

L'assenza di attestazioni archeologiche nelle parti

più elevate delle vallate non è da leggersi come testimonianza di un vuoto nella frequentazione umana per questi periodi remoti, ma più come il risultato di una meno capillare ricerca scientifica. Dimostrazione ne è il rinvenimento fortuito di tracce di frequentazione mesolitica all'alpe di Azzaredo (Longhi et al. 2016), che conferma come l'interesse umano per le testate delle vallate orobiche possa essere iniziato non appena esse sono state liberate dai ghiacciai pleistocenici.

Il quadro storico-culturale si fa più fitto di attestazioni in età romana (Tozzi 2007), ma rimane sostanzialmente limitato all'area prealpina, con ritrovamenti perlopiù sporadici e concentrati soprattutto nel fondovalle. Solo a partire dal Medioevo possiamo tratteggiare in modo più compiuto la natura della presenza umana nelle valli bergamasche, grazie alla compresenza di fonti scritte e attestazioni archeologiche, sempre più numerose man mano che ci si avvicina all'età moderna (Cerami 2019; Matteoni 2018; Chittolini 1999; Zonca 1998; Menant 1993; Jarnut 1980). Per le alte quote orobiche è proprio a partire dal Medioevo che percepiamo la presenza delle attività che determineranno in modo fondamentale i caratteri economici e sociali di quest'area in tutti i secoli successivi: l'allevamento e l'estrazione mineraria. Per i secoli precedenti sembra invece che, almeno le parti più alte delle vallate, fossero dominate da ampie distese incontaminate di faggi e abeti (Novellino et al. 2021: 44), contrappunto vegetale alle austere forme del rilievo, modellate dalla tettonica e dai movimenti glaciali nel corso delle ere passate.

Geologia e processi formativi del territorio di Carona

L'origine glaciale del paesaggio della testata del Brembo di Carona è testimoniata dalla presenza di creste ripide e frastagliate che delimitano con pendii scoscesi delle ampie vallate, caratterizzate al fondo da conche e dossi arrotondati dall'azione abrasiva di passati ghiacciai. Le loro tracce sono riconoscibili anche nei numerosi solchi e nelle strie che caratterizzano le superfici rocciose e che ci aiutano a comprenderne la direzione di movimento.

Molte conche sono oggi occupate da piccoli specchi d'acqua circondati da torbiere o da aree prative pianeggianti che sono l'esito dei processi di interramento di torbiere ancora più antiche. Dopo le fasi glaciali sono stati i corsi d'acqua a modellare il paesaggio vallivo: concentrando la loro erosione nel fondovalle hanno inciso profonde forre dalle pareti verticali, nelle quali scorrono ancora oggi impetuosi.

Ma l'acqua, nei suoi vari stati, non è il solo elemento che plasma il territorio delle sorgenti del Brembo: forze più potenti ma meno percepibili sono all'opera al di sotto delle praterie e delle vaste pietraie. L'area infatti è percorsa da numerose faglie, lineamenti strutturali prodotti dalle spinte compressive delle placche tettoniche che, con il loro movimento, hanno generato le Alpi. Lungo una di queste grandi fratture si sono impostati alcuni dei passi che collegano l'area alle vallate vicine, come il passo di Valsecca, che permette di raggiungere la Val Seriana, e il passo di Venina verso la Valtellina, ma anche il passo Selletta, punto di passaggio obbligato di numerosi percorsi alpinistici ed escursionistici.

Alla scala più ristretta dell'affioramento, le deformazioni subite dalla roccia in seguito ai movimenti tettonici pervadono l'ammasso roccioso e permettono una facile suddivisione delle pietre in lastre: caratteristica sfruttata per l'estrazione delle tipiche "piode" di Carona e di Branzi.

Le incisioni rupestri della Val Camisana

Risale al 2005 la prima segnalazione ufficiale della presenza di incisioni rupestri nell'area delle sorgenti del Brembo di Carona, scoperte da Francesco Dordoni e Felice Riceputi sui massi che costellano la testata della Valle Camisana (Riceputi & Dordoni 2005). Così la racconta Francesco:

"Nell'agosto del 2005, durante una gita sui pascoli dell'Armentarga, con il prof. Felice Riceputi notammo alcuni massi che riportavano incisioni di frasi e disegni schematici ed elementari. Di queste incisioni si era a conoscenza in paese, ma venivano banalmente indicate come incisioni dei pastori e trascurate, poiché le si pensava risalenti solo al secolo scorso. Con nostra sorpresa trovammo però anche date del 1600! Ne parlammo le sere seguenti e si

Dal punto di vista geologico le rocce maggiormente presenti in zona appartengono principalmente all'unità un tempo denominata "Formazione di Collio", oggi indicata come "Gruppo dei laghi Gemelli" nel quale rientrano il "Conglomerato Basale", le "Vulcaniti del Monte Cabianca" e la "Formazione del Pizzo del Diavolo" (Boriani & Bini 2012).

Quest'ultima risale al Permiano Inferiore, datata a circa 280 milioni di anni fa, e la sua litologia è assai variegata, prodotta dalla sedimentazione di particelle generate da attività vulcanica in un articolato ambiente di deposizione continentale, di tipo alluvionale e lacustre. Si possono individuare differenti facies sedimentarie: arenarie, siltiti e argilliti, con colorazioni dal grigio-verde al nero. Le strutture sedimentarie osservabili riflettono l'ampia gamma dei paleoambienti fluviali e di bacino, prevalentemente effimeri, e le variazioni negli apporti di materiale sedimentario, legate soprattutto a variazioni climatiche. La granulometria minuta e l'uniformità delle particelle sedimentarie che formano le rocce, assieme alla caratteristica sfaldatura in lastre, determinano spesso la presenza di superfici di strato lisce e ampie, sulle quali possono essersi conservate strutture sedimentarie peculiari e tracce di rilevanza paleontologica. Le evidenze più caratteristiche sono le fratture poligonali dei fanghi argillosi (*mud cracks*), le ondulazioni (*ripples*) prodotte dal movimento delle acque su sedimenti non ancora consolidati e le impronte di anfibi e rettili preistorici raccolte, conservate, studiate ed esposte fin dagli anni '90 dal Museo Civico di Scienze Naturali di Bergamo (Marchetti et al. 2013; Confortini et al. 2001). Le medesime superfici, ampie e levigate, sono presenti anche sui numerosi massi che costellano i versanti della Val Camisana e sono state sfruttate dagli umani, che hanno visto in esse dei supporti ideali per incidere il segno del loro passaggio.

decise di approfondire la ricerca. Fu così che a fine estate ritornai a cercare e con sorpresa scoprii una serie di evidenze dal 'sapore' medievale. Le incisioni raffiguravano scene di vita quotidiana, donne con visi felici che raccoglievano frutti in ceste, danzanti e uomini armati di spade, come il 'crociato' della roccia n°1. Poi un'iscrizione: 'noi siamo stato in questo paese detto Mertarga', che mi riportò alla mente la tradizione orale di Carona, secondo la quale il paese antico si trovava presso i 'Piani del Monte Sasso'. Inviai le foto a Felice ed entrambi ci rendemmo conto che sul pascolo dell'Armentarga era scritta la storia degli ultimi 500 anni della nostra montagna e che era importante avere il parere di qualche esperto. Durante l'inverno Felice si recò

presso il Museo Archeologico di Bergamo dove informò la dott.ssa Stefania Casini dei nostri ritrovamenti e si accordò con lei per una visita in loco per l'estate del 2006. Fu durante questa visita, alla quale partecipò anche il prof. Angelo Fossati, che sulla roccia incisa, poi denominata CMS1, Casini e Fossati individuavano una serie di iscrizioni in alfabeto Leponzio databili dal III al I secolo a.C. Con grande sorpresa mia e di Felice, queste iscrizioni aprivano un nuovo capitolo inaspettato della storia della nostra montagna!"

In questo modo dal 2007 prendono avvio le campagne sistematiche di rilievo delle incisioni da parte del Civico Museo Archeologico di Bergamo in Val Camisana e nelle aree limitrofe, sotto la direzione della dott.ssa Stefania Casini. Queste attività rappresentano il punto di partenza di tutta la successiva attività archeologica nell'area delle sorgenti del Brembo, ancora oggi portata avanti sotto la supervisione del museo bergamasco. Negli anni successivi verranno identificati 256 massi incisi, di cui 146 sono stati anche rilevati con il sistema del *contact tracing* su fogli Cristal di misura preordinata. Le cronologie finora individuabili sono eterogenee e spaziano dall'età del ferro a tutto il XX secolo.

L'area con il numero maggiore di incisioni è situata ai piedi del Monte Aga, compresa tra i 2100 m e 2400 m circa, inizia dalla parte alta dell'Armentarga, prosegue in Val Camisana e arriva fino ai piedi

del Pizzo del Diavolo: grossomodo la fascia che collega, in senso Est-Ovest, il passo Selletta al passo di Valsecca. Un'altra concentrazione di incisioni, prevalentemente di età tardo-medievale e moderna, è invece attestata nell'area della baita Masoni, sul versante destro della Valle del Monte Sasso.

Le incisioni, realizzate perlopiù con tecnica filiforme tramite uno strumento metallico, sono state praticate sulla superficie piatta e liscia dei numerosi grandi blocchi rocciosi distribuiti lungo i versanti. Il repertorio iconografico è costituito prevalentemente da iscrizioni, date di varie epoche e figure a carattere simbolico. Tra le immagini più frequenti vi sono croci, sacri cuori, nodi di Salomone, reticoli e scaliformi, stelle a cinque punte, i cosiddetti "filetti" e le scacchiere. Si tratta di simbologie di carattere sacro e profano con buoni confronti nel periodo compreso tra il tardo Medioevo e la prima età moderna (Bassi 2010). Le figure antropomorfe sono incise sia in modo generico sia con caratterizzazioni sessuali e tra di esse spiccano alcuni personaggi armati di epoca medievale (fig. 3) e moderna e diverse figure femminili vestite in abiti tradizionali e in atteggiamento di danza. Sono presenti anche peculiari rappresentazioni di personaggi chiaramente appartenenti al corpo militare degli alpini e verosimilmente databili al periodo tra le due guerre mondiali (Bassi et al. 2016). Altri motivi iconografici comuni sono i fitomorfi e le figure di animali, tra cui



Figura 03 - Roccia CMS1, Val Camisana, Carona (BG). Incisioni di età medievale: armato e figura femminile, attorniate da una sorta di ragnatela di altri segni incisi, tra loro sovrapposti e di cronologie differenti – foto N. Pedernana



Figura 04 - La roccia CMS1 nel contesto della Val Camisana, Carona (BG). Sullo sfondo si nota il passo Portula e, alla sua destra, la sequenza dei monti Madonnino, Cabianca e Valrossa – foto E. Croce

possiamo individuare bovini, pecore, cervi, rettili e uccelli. Assai frequenti sono anche i cerchi a compasso e le linee tracciate senza alcuna precisa sintassi, a cui sono state date diverse interpretazioni, che spaziano da segni inconsci tracciati dai pastori in momenti di alienazione e solitudine fino, all'estremo opposto, a parti di un sistema di seriazione numerica (Bassi 2010), oppure semplicemente dovute al desiderio di cancellare precedenti incisioni. La maggior parte delle figure possono in ogni caso essere interpretate come tracce del passaggio di pastori e bergamini (Bassi et al. 2016; Bassi 2010) che hanno frequentato l'area nell'ambito degli spostamenti stagionali di greggi e mandrie che scandivano lo scorrere del tempo lungo le vallate orobiche bergamasche, prima dell'attuale stagione del trasporto degli armenti su gomma e della contrazione delle attività di alpeggio sui pascoli più alti. Tuttavia queste non sono le uniche testimonianze delle attività umane conservate sulle superfici dei blocchi che costellano i versanti delle vallate di Carona. Esistono anche strati più profondi di segni incisi, fittamente sovrapposti a formare intrichi di linee che ci connettono a un passato molto più remoto, popolato non solo da pastori, ma anche da viaggiatori, sacerdoti e divinità alpine.

Il masso che ha restituito le testimonianze più antiche è stato denominato CMS1, ha una superficie di circa 16 m², e si trova poco più a sud del tracciato del sentiero n. 248, alla testata della Val

Camisana in una posizione dominante i versanti sottostanti (fig. 4). Oltre a un complesso palinsesto figurativo e scrittorio di età storica, sono state individuate delle figure risalenti al V secolo a.C. La prima è un piccolo antropomorfo posto di profilo, abbigliato con una lunga tunica rigata, con un braccio proteso in avanti, recante nella mano un oggetto non identificabile; la figura è confrontabile con alcune immagini di offerenti sbalzate sulle laminette votive dei santuari paleoveneti (Casini et al. 2010: 85-86). La seconda, databile attraverso i confronti, è una figura antropomorfa in posizione frontale, veste una lunga tunica stretta da una cintura a losanga e un cappello a larghe falde ricurve, ed è raffigurata nell'atto di alzare il braccio sinistro con quello destro piegato davanti al busto. Questo personaggio è circondato da lupi raffigurati con artigli in evidenza e con le fauci aperte e la lingua protesa (fig. 5). Molti sono i confronti iconografici possibili e rimandano tutti ad ambiti cronologici di V secolo a.C. (Casini et al. 2010: 84-85). A queste figure sono sovrapposte iscrizioni in alfabeto di Lugano o leponzio, fittamente incise sulla superficie a formare una complessa stratigrafia (fig. 6), in cui le più recenti sono databili da un punto di vista paleografico tra III e I secolo a.C. (Casini et al. 2014; Casini et al. 2010).

Le cronologie desunte dai confronti iconografici e paleografici sono state confermate dal ritrovamento, nei pressi del masso, di alcuni materiali metallici.



Figura 05 - Roccia CMS1, Val Camisana, Carona (BG). Incisioni di V sec. a.C.: figura umana con cappello a larghe falde e lupi. Si nota anche un'incisione a forma di lancia e il reticolo di incisioni sovrapposte, più recenti delle figure descritte – foto N. Pedernana



Figura 06 - Roccia CMS1, Val Camisana, Carona (BG). Dediche votive del III – I sec. a.C.; grazie allo studio delle sovrapposizioni dei diversi segni è possibile desumere i rapporti cronologici esistenti tra diversi gruppi di incisioni – foto E. Croce

Una fibula Certosa, di tipo Teržan VII-C, è attribuibile alla cultura di Golasecca e risulta databile al V secolo a.C. (de Marinis 1981). Insieme alla fibula sono stati raccolti anche due frammenti di *aes rude*, pezzi irregolari di metallo, ricavati dal frazionamento di lingottini o pani di bronzo, di peso variabile, utilizzati per gli scambi in fase pre-monetale. La zona di maggiore concentrazione dell'*aes rude* in Italia coincide con l'area etrusca, in particolare della pianura padana, tra il VI e il IV secolo a.C. (Cattani 1986) ma pezzi di *aes rude* sono presenti anche negli abitati della cultura di Golasecca, particolarmente a Como (Casini et al. 2001). Questo materiale è citato anche in un passo di Livio (Livio, XXVI, 119), che narra un episodio riferibile al 211 a.C., in cui alcuni soldati di Annibale avrebbero fatto delle offerte di *aes rude* nel santuario del *Lucus Feronie* (sulla via Tiberina, presso Scorano, a Capena). Ciò indica non solo che i pezzi di metallo alla fine del III secolo a.C. erano ancora in uso come mezzo di pagamento dei soldati, ma che erano anche oggetto di offerte votive, in sostituzione delle monete. Da un punto di vista cronologico l'*aes rude* di Carona potrebbe quindi essere datato tra il V e il III secolo a.C. e sarebbe correlabile con le figure incise e le più antiche iscrizioni presenti sulla roccia CMS1. Tra le iscrizioni più importanti presenti su questo masso vi è l'attestazione del nome di un dio celtico delle vette e dei valichi, *Poininos*, conosciuto fino a ora solo dalla tradizione epigrafica e storiografica romana come *Poeninus*, che venne assimilato con *Juppiter Summus* in seguito alla conquista romana. Il dio Pennino aveva un luogo di culto ben conosciuto nell'antichità al passo del Gran San Bernardo, che risulta denominato ancora nella *Tabula Peutingeriana* come *Summus Poeninus*. L'origine celtica del santuario, cui fa riferimento anche Livio (XXI, 28-32, XXXVIII, 9), dicendo che prima della conquista romana era occupato dalle popolazioni dei Seduni e dei Veragri, è comprovata dal ritrovamento di numerose monete galliche (Geiser 2008; Ottoz 2008; Gallo 2001), concentrate alla base di una roccia e negli immediati dintorni, e da parecchi oggetti votivi rinvenuti in un laghetto poco più a nord (Ferrero 1892). Evidenze naturali che fungevano probabilmente da sedi del culto prima che venisse costruito un piccolo tempio *in antis* di cui oggi restano soltanto le fondazioni (Galloro 2008). L'assimilazione della divinità celtica nel *pantheon* romano è documentata dalle placchette di bronzo rinvenute presso il passo: si tratta di ex voto dedicati a *Poeninus*, a *Juppiter Poeninus* o a *Poeninus Optimus Maximus*, appellativi questi ultimi propri di Giove (Giorcelli 2004; Walser 1984).

Una dedica a Pennino è stata rinvenuta anche nel sito fortificato d'alta quota denominato *Mur d'Hannibal* (Andenmatten & Pignolet 2017), nel Vallese svizzero, incisa per picchiettatura su un masso collocato all'interno di un piccolo riparo artificiale apposita-

mente costruito per custodirlo (Casini et al. 2014). La maggior parte delle altre iscrizioni preromane rilevate sul masso CMS1 riguarda nomi propri di persone che hanno transitato da quel luogo lasciando una testimonianza personale, probabilmente di tipo devozionale. Le ricerche degli ultimi anni hanno permesso di verificare che anche altri massi recano incisioni con una simile cronologia, tuttavia su questi massi le iscrizioni non hanno una grafia regolare come quelle di CMS1 e sono quindi più difficili da leggere. Spesso sono contornate da iconografie attribuibili all'antichità: folgori, falci, lance ed elementi vegetali (fitomorfi). Lo studio di queste iscrizioni è attualmente in corso e sta portando anche alla definizione della presenza di iscrizioni in lingua e alfabeto camuni (Casini & Fossati 2013). La compresenza di testimonianze celtiche e camune attesta un variegato flusso di persone di diversa provenienza nell'area delle Sorgenti del Brembo in età preromana.

Altre tracce fanno ipotizzare che questa frequentazione sia continuata anche nel periodo successivo: sempre sul masso CMS1 è stato individuato un alfabeto inciso, costituito da 21 lettere, chiaramente iscrivibile all'ambito linguistico latino del I secolo a.C. (Casini & Fossati 2016; Casini & Fossati 2014). Alfabetari simili non sono noti nell'ambiente celtico dell'Italia settentrionale, ma lo sono sia nel mondo paleoveneto, sia in quello camuno, solitamente rinvenuti in contesti rituali come santuari e rocce incise (Casini & Fossati 2014). Sempre di età romana sono anche altre rappresentazioni schematiche, probabilmente fitomorfe, che trovano dei confronti in laminette d'argento provenienti dal santuario romano al passo del Piccolo San Bernardo, probabilmente dedicato a Giove Dolicheno (Mollo Mezzena 1988) e in materiali da altri contesti legati alla sfera del sacro in ambito alpino e databili ai primi secoli dell'età romana imperiale (Casini & Fossati 2016). Alla stessa categoria di segni afferiscono anche dei segni a zig-zag, molto probabilmente schematizzazioni della folgore, notoriamente attribuita a Zeus/Giove nella tradizione greco-romana.

L'intreccio di tutti questi elementi peculiari, raffigurazioni, iscrizioni, manufatti, spesso correlabili alla sfera del sacro, che si susseguono dall'età del ferro fino all'età romana permettono quindi di proporre un parallelo tra il contesto archeologico dell'alta Val Camisana e i ben più importanti santuari di valico alpini, in particolare quelli valdostani come il Grande e il Piccolo San Bernardo. I confronti sono ben osservabili in una serie di elementi caratteristici: la posizione in quota, la prossimità a valichi che collegano diversi ambiti idrografici, le dediche a Pennino e la presenza della scrittura con valore rituale. In questo quadro si inseriscono anche gli elementi di piena età romana, come l'alfabeto latino e le figure incise fitomorfe e di folgore, che alludono al culto di Giove Dolicheno. Tutte queste evidenze

permettono di inserire il santuario di Carona in un contesto che caratterizza l'arco alpino tra l'età di La Tène e gli inizi dell'età Romana (grossomodo tra il V e il I secolo a.C.), e che rivela la presenza di diverse forme di religiosità finalizzate a propiziarsi l'attraversamento di zone montane spesso impervie e pericolose, per mezzo di offerte di monete e oggetti di valore, spesso in associazione con altri atti di devozione, tra cui va annoverata probabilmente anche la pratica della scrittura (Per un elenco preciso dei contesti correlati si veda: Casini et al. 2012: 145-151).

A partire dal 2009 le attività di ricerca in quota sono state ampliate con l'esecuzione di numerosi saggi stratigrafici in Val Camisana e all'Armentarga, soprattutto in prossimità dei blocchi incisi, che hanno però restituito solo labili tracce di frequentazione antropica (Croce et al. 2018). Queste indagini hanno

Il sito dei Piani di Sasso

Nel 2014 il Museo Archeologico di Bergamo compie i primi sondaggi esplorativi in un pianoro nei pressi del lago Cavasabbia, segnato in cartografia attuale con il toponimo "baite le Croci", dove vengono individuati resti di edifici che si riveleranno essere parte di un abitato attivo almeno dall'Alto Medioevo. Anche in questo caso la scoperta è dovuta a segnalazioni di studiosi locali, tra cui ancora Francesco Dordoni, a riprova dell'importanza del dialogo tra chi vive in modo continuo nel contesto delle terre alte e i ricercatori che le studiano da una prospettiva più esterna. La scintilla che ha fatto scaturire la scoperta in questo caso è attribuibile ad una carta itineraria di Leonardo da Vinci[3], che rappresenta la Val Brembana come una serie di luoghi correlati tra loro da notazioni delle distanze che li separano. Uno di questi luoghi, denominato "aipner" e posto tra Carona e Ambria (in Valtellina), ha suscitato un acceso dibattito tra chi lo indica come la frazione Pagliari (Moreschi 2019) e chi sostiene che fosse in realtà un abitato ora non più visibile, situato nei pressi del lago Cavasabbia, in un luogo detto "Piani di Sasso" (Camozi 2016). Il rapporto tra le distanze indicate sulla mappa e le reali distanze degli itinerari tra i diversi luoghi descritti non può che confermare questa seconda ipotesi[4].

La denominazione "Piani di Sasso" è attestata nella documentazione storica di archivio[5] almeno a partire dagli inizi del XIX secolo. Il toponimo è legato al toponimo storico "Monte Sasso", che probabilmente definiva il massiccio del Monte Masoni fino al pizzo di Cigola e di cui oggi è rimasta traccia soltanto nella denominazione della "Valle del Monte Sasso", a monte del sito archeologico. Questa denominazione storica ha lasciato tracce anche in altri toponimi dell'area, come la "Costa del Monte Sasso" attestata nel catasto Lombardo Veneto poco a nord del Prato del Lago e in documenti più antichi di carattere notarile e legati alle attività minerarie (Tizzoni 1997).

però permesso di identificare dei resti di antichi focolari: testimonianze di pastori o viandanti che percorrevano la valle in età altomedievale. I campioni di carbone raccolti in diversi saggi di scavo hanno infatti restituito date comprese tra la metà del VII e gli inizi del IX secolo d.C.[1]. Nel 2014 nuove ricerche sono state condotte anche nella vicina Valle del Monte Sasso, ai piedi del rifugio Fratelli Longo. Un saggio, effettuato in una piccola struttura adiacente a tre recinti in pietra a secco utilizzati in passato per la pastorizia (localmente denominati *bàrek*), ha restituito resti di frequentazione antropica ascrivibile con buona probabilità al pieno al XV secolo d.C.[2].

Gli acclivi versanti delle testate delle valli probabilmente non erano adatti ad accogliere presenze umane stabili, e le loro tracce vanno quindi cercate più a valle, in luoghi meno dinamici e più accoglienti.

Il sito archeologico di Piani di Sasso si colloca in una conca alla confluenza della Valle del Monte Sasso nel Brembo (fig. 7), posizione in cui i fenomeni di erosione glaciale e fluviale hanno dato origine a una depressione di una certa rilevanza, riempita da spessori significativi di sedimenti tardoglaciali e olocenici. La conca presenta una morfologia generale che ne denota l'origine glaciale, tuttavia il suo aspetto attuale risulta dominato da dinamiche alluvionali e di versante. Le prime sono correlate all'azione dei due corsi d'acqua che vi convergono, con una più marcata impronta sedimentaria e morfologica da parte del Brembo. Allo stesso tempo, i versanti circostanti mostrano evidenze di movimenti e deformazioni, tra cui lobi di spinta dovuti a movimenti lenti, ben riconoscibili immediatamente a nord del sito. A queste dinamiche naturali si è venuto a sovrapporre, in tempi più recenti, l'intervento antropico.

Dal punto di vista morfologico, il sito si colloca su un terrazzo legato all'azione di accumulo da parte del Brembo durante il Pleistocene finale (verosimilmente nel tardoglaciale), successivamente inciso da parte dei due corsi d'acqua già citati: questa sequenza accumulo-incisione è responsabile della caratteristica posizione del sito, che si trova qualche metro più in alto rispetto ai corsi del Brembo e del torrente della Valle del Monte Sasso. La collocazione dell'insediamento sfrutta dunque una fortunata coincidenza di elementi: la posizione morfologica rilevata rispetto ai corsi d'acqua; la vicinanza degli stessi, che permette di captare acqua da punti di quota più elevati; l'ampiezza della conca e la sua esposizione, con ampio soleggiamento durante il corso della giornata; e i suoli evoluti su tessiture fini, facilmente lavorabili, che si trovano nei dintorni.

I depositi che riempiono la conca sono stati osservati in più punti nelle vicinanze del sito. Si tratta di ghiaie stratificate con ciottoli di dimensioni anche decimetriche e forma da ben arrotondata a



Figura 07 - Panoramica del sito dei Piani di Sasso, Carona (BG), visto da Nord. Si notano le incisioni fluviali del torrente della Valle del Monte Sasso e quella del Brembo, con lo scavo artificiale del lago Cavasabbia. Viene annotato anche il posizionamento della torbiera da cui provengono i dati paleobotanici – foto E. Croce

subangolosa, per uno spessore minimo totale superiore ai 5 m. Al tetto di questo corpo ghiaioso, derivato da dinamiche di contatto glaciale ('fluvioglaciale'), si rilevano in più punti unità sabbiose o limose, al tetto delle quali è presente un profilo di suolo moderatamente sviluppato, risultate dalla fase di stabilità olocenica (fig. 8). Sedimenti con caratteristiche analoghe sono stati osservati anche al di sotto della stratificazione archeologica del sito di Piani di Sasso. Una trincea di verifica ha infatti messo in luce la presenza di una successione di origine alluvionale, costituita da corpi discontinui, lenticolari, con marcata variabilità laterale e verticale, che attestano una prima fase di accumulo con comportamento marcatamente fluviale, seguita da uno o più episodi con caratteristiche torrenziali o di colata rapida. Questi depositi sono stati successivamente isolati dalle dinamiche alluvionali attive per effetto dell'approfondimento del corso del Brembo e della Valle del Monte Sasso. Ciononostante, al tetto della successione non si rileva alcun profilo di suolo, come sarebbe da aspettarsi, il che fa supporre un'asportazione precedente all'occupazione del sito (o in concomitanza con essa), valutabile nell'ordine delle poche decine di centimetri, con ogni probabilità di origine antropica. Presso il Sito dei Piani di Sasso sono state eseguite sette campagne di scavo archeologico tra il 2014 e

il 2022 (Casini et al. 2022; Casini et al. 2019). A seguito della segnalazione del 2014 sono stati effettuati sondaggi esplorativi che hanno portarono all'individuazione di resti archeologici in corrispondenza di anomalie identificate sul terreno e visibili anche da foto aerea (fig. 9). Il rinvenimento di numerosi frustoli carboniosi ha permesso di datare, con il metodo del radiocarbonio, alcune delle evidenze scoperte, arrivando alla conclusione che i sondaggi avevano intercettato dei livelli antropizzati collocabili tra il VII e il XIII secolo d.C. In seguito a tale scoperta sono state effettuate altre sei campagne di scavo archeologico. Allo stato attuale della ricerca le evidenze archeologiche di maggior interesse venute alla luce sono riconducibili al saggio CVS 03, attualmente ancora in fase di esplorazione, e al saggio CVS 04, scavato tra il 2016 e il 2018.

Il saggio CVS 03 ha restituito una struttura in pietra a secco con diversi livelli antropici (fig. 10). Posizionata nella porzione nord-occidentale del pianoro, la struttura presenta un andamento pressoché Est-Ovest, con tre murature di cui si conservano tra i due e i tre corsi in pietre sbozzate e messe in opera senza l'utilizzo di leganti. Il lato settentrionale della struttura risulta costruito contro terra, a differenza dei lati meridionale e orientale. A Ovest non sono emerse tracce di

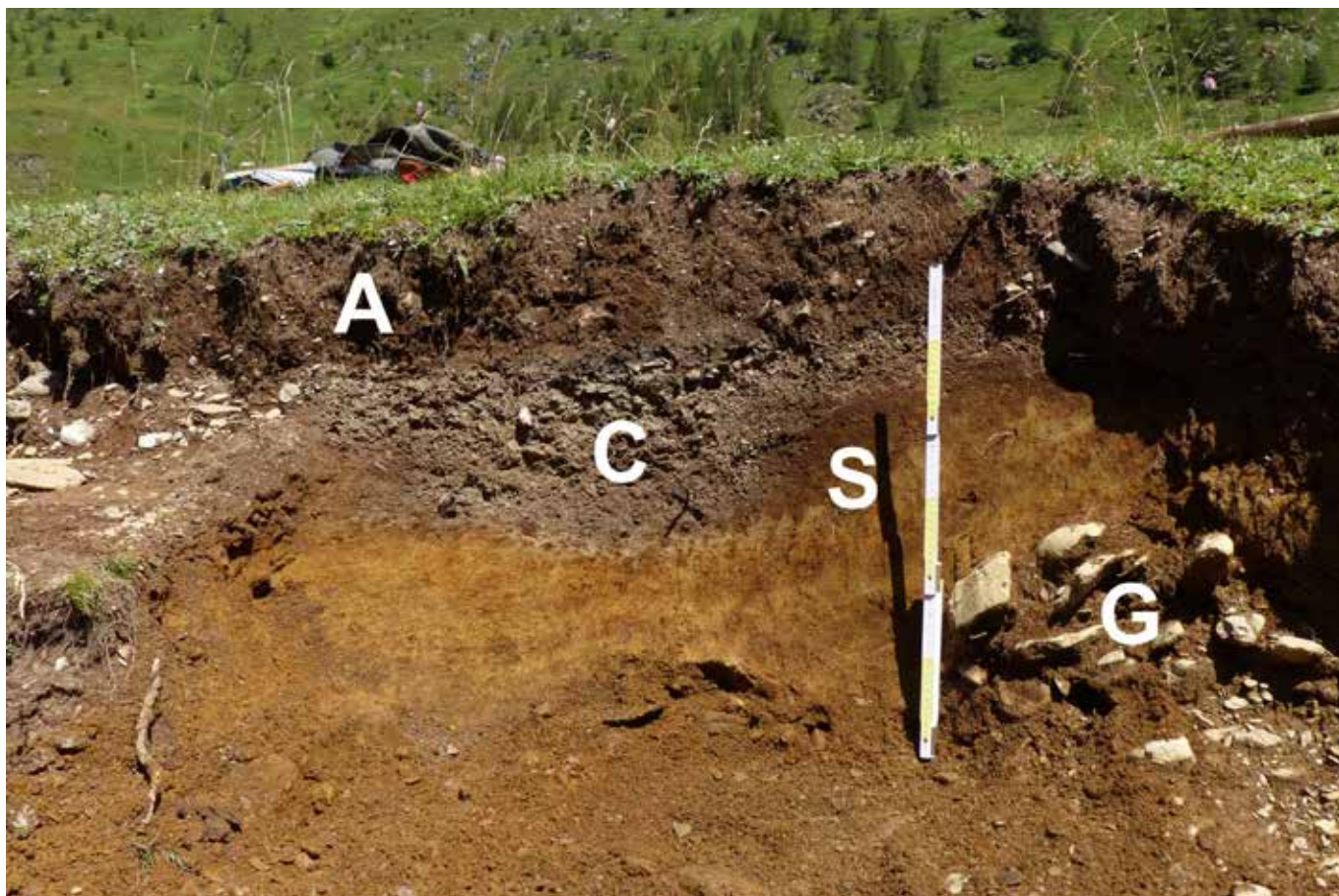


Figura 08 - Una sezione rilevata lungo il terrazzo su cui si trova il sito, poche decine di metri a sud dello stesso, lungo la scarpata erosiva del fiume Brembo (profilo CVS-P1). Sono visibili, dall'alto, un orizzonte arricchito di sostanza organica ("A", nell'immagine) poggiante su una lente di ghiaia sabbiosa ("C"), che riempie un canale erosivo che ha parzialmente intaccato il suolo olocenico ("S") sviluppatosi sulle ghiaie sottostanti, visibili a destra della scala ("G"). La scala misura 60 cm – foto D. Angelucci



Aerofotografia: C. Rossi - Dati: Civico Museo Archeologico di Bergamo - Elaborazione: E. Croce
 Figura 09 - Fotografia aerea, ripresa tramite drone, del sito dei Piani di Sasso, Carona (BG), con posizionamento dei saggi di scavo effettuati tra il 2014 e il 2022. Si possono notare sul terreno numerose anomalie, probabilmente corrispondenti ad altrettante strutture sepolte, oltre che la presenza di varie strutture in pietra a secco visibili in superficie



Figura 10 - Piani di Sasso, Carona (BG). Campagna di scavo 2019: saggio CVS03. L'immagine è stata scattata durante l'indagine della metà settentrionale di una struttura quadrangolare, delimitata da muri a secco rettilinei. All'interno della struttura si nota il focolare in lastre litiche e un crollo di pietre, probabilmente relativo a una diversa fase di occupazione dell'area – foto Civico Museo Archeologico di Bergamo

muratura ed è plausibile ipotizzare che il lato occidentale fosse in materiale deperibile (legno), o che la struttura presentasse un fronte aperto. Al suo interno, grazie alla presenza di livelli carboniosi, è stato possibile datare con il metodo del radiocarbonio i piani d'uso connessi alle strutture murarie. La prima data, ottenuta da un campione di carbone proveniente dal primo saggio effettuato nel 2014 e posizionato nelle immediate vicinanze della parete orientale, ha restituito una data compresa tra il VII e l'VIII secolo d.C.[6], intervallo confermato da un'altra datazione di un campione raccolto nel 2019 nelle vicinanze della parete Nord [7]. Nel corso della campagna 2019, al centro dell'ambiente sopra descritto, è stata portata alla luce una struttura di forma quadrangolare (fig. 11) orientata in senso NE-SW, di circa 70 x 80 cm, messa in opera per mezzo di lastre litiche infisse nel terreno. In questa struttura è stato riconosciuto un focolare e al suo interno sono state rinvenute scorie metalliche ed un ferro di cavallo frammentario. Le date rilevate dalla raccolta di campioni rinvenuti all'interno della piccola struttura hanno restituito date comprese tra il X e il XIII secolo d.C.[8], a dimostrazione che la struttura individuata ha vissuto più fasi insediative e che le attività umane a essa connesse hanno coperto un arco di tempo che attraversa più secoli. Il saggio CVS 04 ha restituito due strutture

che documentano diversi momenti di vita e attività nell'area dei Piani di Sasso. La prima struttura messa in luce è un ambiente quadrangolare parzialmente interrato con muri a secco in pietre sbazzate di cui si conserva solo parte dell'alzato, fino all'attuale piano di calpestio. All'interno dello spazio delimitato dalla struttura è stato rinvenuto un focolare che è stato datato a un lasso di tempo compreso tra il XIV e gli inizi del XV secolo d.C.[9].

Nella porzione più meridionale del saggio è stata invece rinvenuta una possente muratura larga 1,15 m e lunga circa 6 m, messa in opera con la tecnica del "muro a sacco", cioè, mediante la posa di due paramenti esterni di grosse pietre lavorate riempiti da pietre di dimensioni inferiori, disposte caoticamente (fig. 12). Tale muratura si lega ad altri due resti di muratura all'incirca della stessa larghezza, ma messi in opera con minor cura, che insieme creano uno spazio interno ricostruibile di circa 2,50 m x 3,50 m. La struttura trova dei confronti puntuali con due resti di torri rinvenute presso il sito d'altura di Tor dei Pagà, nel comune di Vione, in Valcamonica (Bellandi et al. 2017). In questo sito, le due torri hanno misure esterne di 5,90 m x 6,10 m, con interni ricostruibili di circa 3,50 m x 3 m, e datazioni comprese tra la fine del XIII e il XIV secolo d.C., praticamente coeve con il piano d'uso su cui si imposta la muratura a sacco dei Piani di Sasso [10].



Figura 11 - Piani di Sasso, Carona (BG). Campagna di scavo 2019: saggio CVS03. Struttura in lastre litiche, probabilmente un focolare, in corso di scavo. Al suo interno si notano uno strato con segni di alterazione da calore e un frammento di ferro da equino, probabilmente adatto a essere calzato da un mulo – foto Civico Museo Archeologico di Bergamo



Figura 12 - Piani di Sasso, Carona (BG). Campagna di scavo 2018: saggio CVS04 in corso di scavo. In primo piano si notano i resti della muratura costruita con tecnica a sacco, che spiccano all'interno di una stesura eterogena di pietrame. Questi materiali rappresentano un palinsesto di diverse fasi di uso dell'area, non ancora completamente indagato al momento dello scatto – foto: Civico Museo Archeologico di Bergamo

Dal sito al paesaggio: nuove metodologie applicate al territorio

Tra il 2018 e il 2022 le indagini archeologiche nell'area delle sorgenti del Brembo di Carona vengono ulteriormente ampliate grazie alle ricerche di dottorato di Enrico Croce all'Università di Trento (Croce 2022). L'ateneo atesino svolge un ruolo significativo nell'ambito dell'archeologia alpina, soprattutto grazie alle ricerche coordinate dal progetto ALPES in val di Sole, (Angelucci & Carrer 2021; Angelucci & Carrer 2015), maturate nell'ambiente storicamente attento alle terre alte del Laboratorio Bagnolini [11]. L'applicazione in contesto brembano delle metodologie sviluppate in Trentino ha permesso di ampliare gli orizzonti della ricerca archeologica a Carona. Allo studio dei singoli siti si affianca così un nuovo filone di ricerca, che ha come obiettivo la definizione del percorso evolutivo del paesaggio (*landscape*): un'entità territoriale complessa, sviluppata lungo l'arco dei secoli attraverso la continua interconnessione degli agenti umani e dei loro interessi economici con il territorio e l'ambiente naturale in cui vivono.

La fase iniziale di questo tipo di ricerca vede lo studio del contesto attraverso diversi tipi di fonti: la cartografia, sia storica sia contemporanea, le fotografie aeree e le fonti storico-archivistiche. Le informazioni raccolte vengono poi sviluppate nella fondamentale fase della ricognizione sul campo (*field survey*), che ha il duplice scopo di permettere la raccolta di nuovi dati e favorire una migliore comprensione del territorio, percorrendolo materialmente e con la consapevolezza dei processi naturali e storici che lo hanno plasmato.

Queste attività si devono confrontare con una serie di criticità tipiche dell'ambiente montano, soprattutto climatiche e morfologiche, che influiscono grandemente sulle strategie di ricerca. Nelle terre alte non possono essere utilizzate le metodologie sviluppate per la ricognizione archeologica classica, adatte a contesti coltivati di pianura o di collina (Cambi 2011). Nell'approccio archeologico alla montagna la visibilità delle evidenze riveste infatti un ruolo preminente e determina le strategie di ricerca. La visibilità può essere limitata da fenomeni stagionali (copertura nevosa o vegetale), ma anche dalle particolarità geomorfologiche del territorio (processi deposizionali, dinamiche di versante, etc.) che spesso rendono difficile anche la semplice identificazione dei siti (Cavulli et al. 2011), prima ancora di influire sulle metodologie da impiegare per il loro studio. A queste difficoltà si somma l'accessibilità delle aree di studio, spesso resa difficoltosa dalle stesse dinamiche che influiscono sulla visibilità dei siti, e le criticità climatiche legate alla forte stagionalità e alla frequenza di eventi meteorologici estremi che potrebbero limitare o interrompere le attività sul campo. Infine, i contesti antropici di alta quota sono relativamente poveri di evidenze

materiali, sia per ragioni legate alle pratiche produttive e ai modi di vita delle popolazioni alpine, sia a causa dei fenomeni erosivi che possono aver intaccato i depositi archeologici.

Di conseguenza sono stati sviluppati degli approcci peculiari alla raccolta dei dati che si basano su una forte interdisciplinarietà e su metodi di ricognizione non sistematici, pianificati in modo da essere adattabili alle diverse esigenze contingenti.

Sul piano analitico si devono prendere in considerazione dati spesso eterogenei dal punto di vista della loro distribuzione spaziale e della loro cronologia. Questo tipo di dati favorisce un approccio di tipo diacronico, che prende in considerazione tutta la storia della presenza umana in quota, piuttosto che focalizzarsi su un periodo circoscritto o su un singolo aspetto culturale, come spesso accade in altre branche della ricerca archeologica. Queste nuove soluzioni di ricerca sono state già fruttuosamente utilizzate in vari settori dell'arco alpino nel corso degli ultimi decenni, dalle Alpi occidentali (Carrer et al. 2020; Walsh & Mocchi 2016; Carrer et al. 2015; Mocchi et al. 2005) a quelle orientali (Visentin & Carrer 2017; Migliavacca 2016; Angelucci & Carrer 2015; Cavulli et al. 2015; Migliavacca 2013; Sauro et al. 2013; De Guio et al. 2010).

Per favorire la documentazione e la comprensione del territorio si utilizzano spesso tecnologie recentemente sviluppate in altri ambiti di ricerca e adatte alle esigenze dell'archeologia, come il GIS.

Un *Geographic Information System* (GIS) è un sistema informatico che permette di correlare dati di tipo spaziale, posizionati in modo accurato sul terreno, con dati di altra tipologia, come descrizioni, immagini o misurazioni, contenuti in un database. In archeologia è consolidato ormai da decenni il suo uso per la mappatura e la descrizione di singoli siti o interventi di scavo, così come di interi contesti territoriali. Le potenzialità fondamentale descrittive di questo sistema sono state sempre più implementate in senso analitico negli ultimi anni, integrandole con strumenti e metodi di tipo statistico per lo sviluppo di complessi modelli computazionali di vario tipo, come i modelli predittivi, che permettono di rispondere a domande di ricerca sempre più raffinate (Carrer et al. 2021).

L'applicazione di nuove tecnologie alla ricerca archeologica è ormai una prassi anche nel lavoro sul campo. L'uso del drone, integrato a sistemi informatizzati di analisi territoriale, è uno strumento ormai fondamentale nella moderna pratica archeologica, soprattutto per la comprensione delle strategie insediative dei siti individuati in ambienti di difficile accesso come quelli in quota. Da alcuni anni il progetto di ricerca del Civico Museo Archeologico di Bergamo a Carona integra la documentazione

grafica tradizionale con la tecnica del telerilevamento aereo attraverso l'uso di un drone [12], le cui caratteristiche permettono di effettuare diverse attività di rilievo in un territorio impervio come quello di alta montagna in maniera molto pratica, a costi contenuti e producendo risultati di alta qualità. Questo sistema, combinato a software fotogrammetrici e ai sistemi GIS, è stato un fattore di grande innovazione per lo studio del territorio, e viene anche utilizzato per l'individuazione di tracce non visibili da terra, oltre che per avere una visione di insieme di tutte le evidenze già portate alla luce.

Sia nel sito di Piani di Sasso che nel territorio circostante il drone è stato impiegato come supporto integrativo alla documentazione fotografica tradizionale sullo scavo archeologico e come strumento per la ricognizione del territorio, ma è risultato adatto anche all'analisi geomorfologica e morfometrica dei versanti, attraverso la costruzione di modelli digitali tridimensionali e misurabili.

L'uso delle fotografie aeree ha inoltre permesso di effettuare documentazione di dettaglio delle evidenze archeologiche, riprendendo in un unico scatto un'area di indagine di grandi dimensioni, mantenendo comunque un ottimo livello di dettaglio e riducendo i tempi di lavoro.

Il preciso posizionamento spaziale dei fotogrammi permette inoltre una loro rapida integrazione nella documentazione di scavo, prodotta in ambiente GIS e materializzata a terra tramite Stazione Elettronica Totale. Il rilievo fotogrammetrico ad altissimo dettaglio dell'area di Piani di Sasso e del lago Cavasabbia è stato eseguito con volo automatico in tre sessioni della durata totale di circa 30 minuti a una quota di 94 m dal suolo, per evitare il rischio di collisione con gli alberi sui versanti. L'elaborazione dei fotogrammi, effettuata tramite il software di modellazione tridimensionale Photoscan-pro, ha consentito di creare un modello digitale di alta precisione della superficie visibile del terreno (DTM) su cui è stata stesa una texture fotografica ricavata dalle fotografie aeree. In questo modo è stato possibile posizionare l'area degli scavi in un sistema di coordinate cartografiche e rendere graficamente l'altimetria del sito, attraverso la creazione di curve di livello e la produzione di un modello digitale misurabile.

Nel corso del 2021 il supporto del drone ha permesso anche di approfondire i dati raccolti durante le ricognizioni sul campo, documentando in modo molto preciso varie tipologie di evidenze, come i recinti pastorali (fig. 13) e le carbonaie.



Figura 13 - Val Sambuzza, Carona (BG), località Arale. Fotografia aerea, ripresa tramite drone, di un grande recinto polilobato individuato durante le ricognizioni sul campo e documentato tra il 2020 e il 2021. Sono stati evidenziati i contorni dei recinti in pietre a secco e l'idrografia. I recinti erano utilizzati per accogliere il bestiame per radunarlo e proteggerlo durante la notte, ma potevano servire anche a dividere i capi in situazioni particolari. Funzioni che sono oggi assolte tramite l'uso di recinzioni mobili elettrificate

Evoluzione del paesaggio alle sorgenti del Brembo di Carona

Le ricerche effettuate sul territorio delle sorgenti del Brembo di Carona, dall'abitato di Pagliari fino allo spartiacque che divide il Brembo dai bacini seriati e valtellinesi, hanno permesso di individuare e mappare più di 800 evidenze antropiche (fig. 14). Le costruzioni individuate sono ascrivibili a diverse categorie tecnico-funzionali: baite, recinti (*bàrek*) e altre strutture di tipo pastorale, evidenze correlate all'attività mineraria, resti di carbonaie, manufatti idroelettrici e militari, strutture legate alla caccia, tracce di sentieri storici e una serie di evidenze per le quali non è ancora stato possibile definire con precisione funzione e cronologia.

L'analisi della cartografia storica, dei catasti e delle foto aeree, insieme ai dati provenienti dagli scavi archeologici, ha permesso la costruzione di una sequenza cronologica dei periodi di utilizzo e abbandono delle baite. Questi dati hanno permesso di individuare, soprattutto al passaggio tra età Moderna e Contemporanea, la materializzazione di dinamiche di utilizzo del territorio prima desumibili soltanto dalla documentazione storica. La distribuzione delle baite d'alpeggio sembra seguire in modo preciso i pattern di ristrutturazione delle attività

di pascolo e di produzione casearia tipici dell'area alpina a partire dagli inizi dell'Ottocento (Corti 2004; Mathieu 2004). Allo stesso modo si percepisce ancora più precisamente, data la maggiore quantità di dati disponibili, il processo di spopolamento e deproduttivizzazione che ha caratterizzato la montagna lombarda, e le Alpi in generale, a partire dal secondo dopoguerra (Corti 2004). I dati raccolti sul terreno, integrati con la documentazione storica (Tizzoni 1997), permettono anche di ricostruire, seppure a grandi linee, la parabola dell'industria mineraria brembana dal Medioevo alle soglie dell'età Contemporanea.

Fortemente correlata con la produzione mineraria era la produzione di carbone, come attestato anche dalle fonti storiche (Marchetti & Pagani 1988). Le ricognizioni hanno individuato numerose aie carbonili (*ajàl* o *aràl*), piattaforme ottenute modificando artificialmente la pendenza dei versanti, su cui veniva impostato il cumulo ordinato di legna (*pojàt*) da cui si otteneva, per lunga e lenta combustione, il carbone (Agnoletti 2018: 271-278). I più antichi resti di carbonaie sono databili tra IX e XI secolo d.C. [13] e sono strettamente correlabili alle

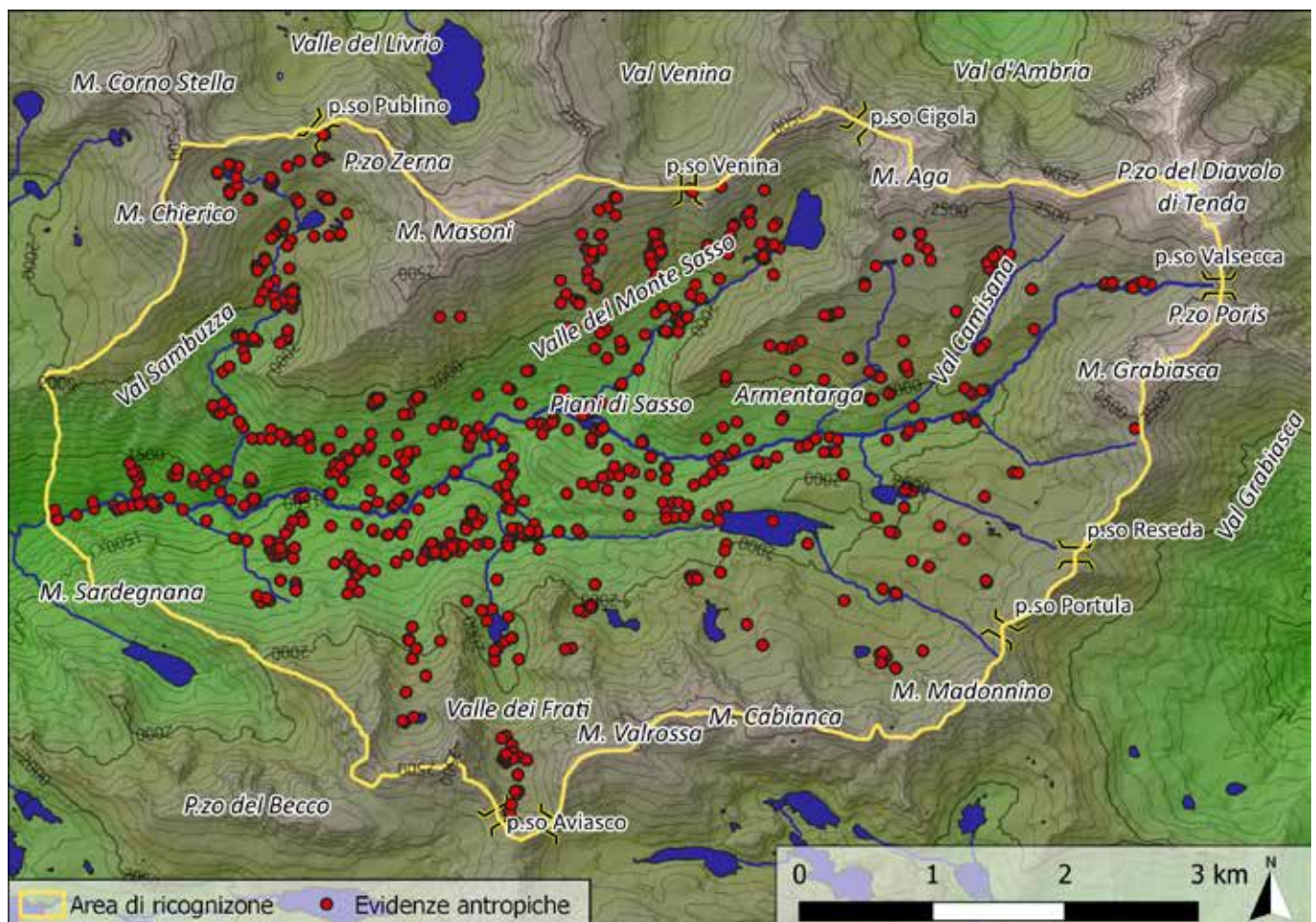


Figura 14 - Area indagata durante le ricognizioni effettuate nell'area delle Sorgenti del Brembo di Carona tra il 2019 e il 2021, con posizionamento delle evidenze antropiche individuate. Lo studio delle evidenze, divise in classi funzionali e correlate con dati cronologici, permette di ricostruire le dinamiche di popolamento dell'area dalla fine del Medioevo fino all'età contemporanea

strutture indagate nell'insediamento dei Piani di Sasso. Altre datazioni provenienti da carbonaie attestano la persistenza della pratica anche nel pieno Medioevo [14], mentre numerose evidenze possono essere collocate in piena età Moderna grazie a confronti con simili contesti europei (Ludemann 2010). La particolarità delle carbonaie medievali è che sono state individuate in aree attualmente occupate da pascoli, al contrario delle carbonaie di età moderna che si collocano in aree boscate. Questo dato permette di datare al Medioevo l'inizio dei processi antropici di modifica del paesaggio montano, che hanno portato a una sempre maggiore espansione dei pascoli a discapito dei boschi, causata dal forte prelievo di legname utilizzato per il riscaldamento, come materiale costruttivo, per la produzione del carbone e per varie attività correlate con lo sfruttamento minerario.

L'apertura dei pascoli ha poi favorito l'allevamento

Conclusioni: l'archeologia di montagna

Uno dei temi fondamentali (forse inaspettati) messi in luce dalle ricerche condotte in contesti di montagna è la preponderanza del fattore umano nella formazione dei paesaggi alpini attuali. Contesti solitamente percepiti come naturali e incontaminati sono risultati invece essere l'esito di un lunghissimo processo di sfruttamento antropico, che ha prodotto profonde modifiche nell'assetto territoriale delle terre alte. I pascoli e le foreste che si possono apprezzare lungo buona parte dell'arco alpino sono principalmente frutto dell'adattamento dei sistemi vegetali all'azione antropica. Un processo che non si è però rivelato essere a senso unico: anche da parte umana è percepibile il costante adattamento alle criticità poste dall'ambiente montano, che ha portato allo sviluppo di modi di vita peculiari.

L'analisi del contesto geologico e geomorfologico permette di comprendere il peso che i processi formativi del territorio hanno avuto sulle scelte dei gruppi umani che hanno abitato, e che ancora abitano, le aree montane. La morfologia del territorio è infatti una variabile importantissima per lo sviluppo di strategie insediative e di modalità di sfruttamento economico delle risorse naturali.

Queste manifestazioni dell'agire umano sono studiate in ambito archeologico attraverso le tracce materiali che si sono conservate nel tempo fino al presente. I segni dell'azione umana sul territorio comprendono non solo i manufatti e le strutture che vengono individuate negli scavi, ma anche le alterazioni percepibili negli assetti del territorio, come la presenza dei pascoli in aree che dovrebbero essere naturalmente occupate dal bosco oppure, a livello più profondo, le alterazioni dei processi di evoluzione geomorfologica dei versanti. I ruoli di questi due principali attori, gli umani e l'ambiente, sono quindi

che, in area orobica, inizia proprio nel Medioevo a strutturarsi in forme di gestione complesse (Archetti 2011; Menant 1993), che porteranno allo sviluppo del sistema di transumanza caratteristico di questo settore alpino almeno fino al XX secolo. Le analisi paleobotaniche effettuate nella torbiera dei Piani di Sasso confermano il dato archeologico, rilevando proprio a partire dagli inizi del Medioevo un aumento di pollini di essenze correlabili al pascolo, a discapito di quelli di origine forestale, associato a indicatori diretti della presenza di animali d'allevamento e di intense attività di fuoco di origine antropica (Novellino et al. 2021).

L'analisi di tutti questi dati ha permesso di proporre una ricostruzione dell'evoluzione del paesaggio dell'area delle sorgenti del Brembo dal Medioevo al presente, evidenziando il forte peso dell'azione umana nei processi di formazione di quello che spesso è percepito come un contesto prettamente naturale.

profondamente interconnessi nel processo di formazione del paesaggio alpino.

Lo studio storico-archeologico di questa millenaria e complessa simbiosi ha bisogno di strumenti specifici, che tengano conto delle sue specificità ambientali e culturali. Il caso di Carona, insieme ai già citati progetti di ricerca recentemente portati avanti lungo tutto l'arco alpino, dimostrano come l'utilizzo integrato di varie strategie di ricerca e di approcci metodologici diversificati possa portare a risultati fruttuosi per la ricostruzione del passato in un contesto difficile come quello delle terre alte. Lo sviluppo di queste ricerche negli ultimi due decenni sta portando alla precisazione di un nuovo modo di interpretare la ricerca archeologica. Suo aspetto caratteristico è, in primo luogo, l'oggetto di indagine: tutte le terre alte, che siano Alpi, Appennini o altri sistemi montuosi, pongono i ricercatori di fronte a problematiche simili e stimolano le stesse domande sull'evoluzione dell'interconnessione tra umani e ambiente naturale. Queste problematiche necessitano di metodologie di ricerca adeguate, che non possono semplicemente essere "prese in prestito" da altri ambiti della disciplina archeologica e che spesso sconfinano in altri ambiti di ricerca. Sarà inoltre necessaria una profonda riflessione teorica sulle peculiarità e gli obiettivi di questo nuovo settore di ricerca, in modo da non lasciare l'azione pratica senza una solida impalcatura interpretativa.

Le ricerche in corso a Carona sono un tassello importantissimo per la costruzione di questa nuova archeologia di montagna. L'analisi dei dati raccolti e la prosecuzione delle indagini sul campo porteranno di certo nuova luce sul passato di una vallata che da troppo tempo è rimasta, storicamente parlando, nell'ombra. Ma il lavoro dei ricercatori

contribuirà anche allo sviluppo di metodi e conoscenze che saranno utilizzabili per l'avanzamento della comprensione del passato di tutto l'arco alpino, tappa fondamentale sulla via della realizzazione del suo futuro.

NOTE

1. LTL12021A, età calibrata 2σ: 606-678 AD (94.43%), 752-758 AD (1.02%); UBA-25354, età calibrata 2σ: 665-778 AD (83.41%), 787-828 AD (12.04%)
2. LTL21226, età calibrata 2σ: 1326-1354 AD (4.2%), 1394-1490 AD (91.25%)
3. "Three sketches of the course of the rivers Brembana, Trompia and Sabbia, with towns and distances marked", Royal Collection Trust (UK), RCIN 912673
4. L'itinerario segna "2" tra Carona e Aipner, e "4" tra Aipner e Ambria, si ha quindi un rapporto di 1:2 tra le due distanze, che quindi coprono rispettivamente 1/3 e 2/3 del totale. Conoscendo la distanza tra Carona e Pagliari (circa 2 km) e quella tra Carona e il sito dei Piani di Sasso (circa 6 km) e la distanza totale tra Carona e Ambria (17 km circa, pressoché identica nelle due varianti che vedono l'attraversamento del valico di Venina o del passo di Cigola), appare subito chiaro che l'ipotesi che vede l'Aipner leonardesco come storpiatura del toponimo Pagliari non è in nessun modo sostenibile
5. Archivio di Stato di Milano, Catasto Lombardo-Veneto: "Catasto 9513 (ex2504)"; "Censo Stabile. Mappe Originali Primo Rilievo 418. Carona. Comune Censuario"
6. LTL16148A, età calibrata 2σ: 610-620 AD (0.96%), 640-778 AD (93.53%), 793-800 AD (0.59%)
7. UBA-42161, età calibrata 2σ: 657-775 AD (95.45%)
8. UBA-42160, età calibrata 2σ: 990-1048 AD (85.94%), 1083-1126 AD (8.32%), 1140-1149 AD (1.19%); LTL21228, età calibrata 2σ: 1036-1213 AD (95.45%)
9. LTL17154A, età calibrata 2σ: 1299-1424 AD (95.45%)
10. LTL18742A, età calibrata 2σ: 1295-1416 AD (95.45%); UBA-42159, età calibrata 2σ: 1280-1324 AD (47.61%), 1356-1394 AD (47.84%)
11. <https://r1.unin.it/labaa/>
12. UAV (Unmanned Aerial Vehicle) o "Aeromobile a Pilotaggio Remoto". Il drone utilizzato a Carona è un DJI Phantom 3 pro regolarmente registrato all'ENAC, pilotato dalla dott.ssa Chiara Rossi
13. LTL16150A, età calibrata 2σ: 886-1022 AD (95.45%)
14. UBA-42163, età calibrata 2σ: 1054-1076 AD (6.11%), 1156-1222 AD (89.34%); UBA-42162, età calibrata 2σ: 1300-1402 AD (95.45%)

BIBLIOGRAFIA

- AGNOLETTI M., *Storia del bosco. Il paesaggio forestale italiano*, Laterza, Bari, 2018
- ANDENMATTEN R., PIGNOLET A., *Recherches archéologiques autour du mur (dit) d'Hannibal à Liddes: des sites fortifiés de haute montagne dans la région du Grand-Saint-Bernard (Suisse/Valais, Italie/Val d'Aoste)*, Bulletin de l'Association française pour l'étude de l'âge du fer, AFEAF, 35, 2017, pp. 41-44
- ANGELUCCI D.E., CARRER F., *Alpes. Un progetto di ricerca archeologica sulla pastorizia delle Terre Alte della Val di Sole (Trento)*, Bollettino del Comitato Scientifico Centrale del CAI, aprile 2021, 2021, pp. 50-65
- ANGELUCCI D.E., CARRER F., *Paesaggi Pastorali d'alta quota in val di Sole (Trento)*. Le ricerche del progetto Alpes 2010-2014, Dipartimento di Lettere e Filosofia, Università degli Studi di Trento, Trento, 2015
- ARCHETTI G., "Fecerunt malgas in casina". Allevamento transumante e alpeggi nella Lombardia medievale, in: MATTONE, A., SIMBULA, P.F. (a cura di), *La pastorizia mediterranea. Storia e diritto (secoli XI-XX)*, Carocci, Roma, 2011, pp. 486-509
- BASEZZI N., DELL'OLIO L., *Le grotte preistoriche bergamasche*, Natura Bresciana, 18, 1981, pp. 87-118
- BASSI S., BETTONAGLI P., SALIMBENE C., *Frammenti della Grande Guerra nelle incisioni rupestri di Carona*, Quaderni Brembani, 14, 2016, pp. 55-68
- BASSI S., *Le incisioni storiche di Carona (Bergamo)*. La roccia 1 di Le Torbiere, *Notizie Archeologiche Bergomensi*, 16, 2008, 2010, pp. 249-278
- BELLANDI G., FANETTI D., SCIPPA A., *Le indagini di scavo*, in: BELLANDI, G., SANNAZARO, M. (a cura di), *Tor dei Pagà: protostoria e medioevo di un sito d'alta quota: indagini archeologiche 2011-2017*, Batan, Gardone Val Trompia, 2017, pp. 91-114
- BORIANI A., BINI A. (a cura di), *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - Foglio 056 (Sondrio)*, con note illustrative, Servizio Geologico d'Italia - ISPRA, Roma, 2012
- CAMBI F., *Manuale di archeologia dei paesaggi. Metodologie, fonti, contesti*, Carocci, Roma, 2011
- CAMOZZI N., *Leonardo da Vinci sulla cresta orobica*, Annuario 2016 CAI Sezione Valtellinese - Sondrio, 2016, pp. 75-77
- CARRER F., BRANDOLINI F., CROCE E., VISENTIN D., *Modelli computazionali per lo studio dei paesaggi archeologici: lo stato della ricerca in Italia*, in: MAGNINI, L., BETTINESCHI, C., BURIGANA, L. (a cura di), *Traces of complexity. Studi in onore di Armando de Guio*, SAP Società Archeologica, Mantova, 2021, pp. 389-397
- CARRER F., WALSH K., MOCCI F., *Ecology, Economy, and Upland Landscapes: Socio-Ecological Dynamics in the Alps during the Transition to Modernity*, *Human Ecology*, 48, 2020, pp. 69-84
- CARRER F., MOCCI F., WALSH K., *Etnoarcheologia dei paesaggi alpini di alta quota nelle Alpi occidentali: un bilancio preliminare*, *Il Capitale culturale. Studies on the Value of Cultural Heritage*, 12, 2015, pp. 621-635
- CASINI S., CROCE E., VENEZIANO D., NOVELLINO M.D., FURLANETTO G., ANGELUCCI D.E., *Piani di Sasso, un insediamento medievale nell'ambiente subalpino orobico. Studio comparativo di archivi naturali, archeologici e storici*, in: BROGIOLO, G.P., BONETTI, G., RABAGLIO, M. (a cura di), *Ricerche sulle comunità del Bergamasco tra tarda Antichità e alto Medioevo (secoli IV-X)*. Atti del Convegno di studi, Bergamo, 6 novembre 2021, Archivio Bergamasco Centro studi e ricerche, Bergamo, 2022, pp. 131-156
- CASINI S., CROCE E., DORDONI F., ROSSI C., VENEZIANO D., *Il sito dei Piani di Sasso a Carona (BG)*, *Quaderni Brembani*, 18 (2020), 2019, pp. 22-33

- CASINI S., FOSSATI A., *L'alfabetario latino e le incisioni di età romana sulle rocce di Carona (BG)*, in: LUSUARDI SIENA, S., PERASSI, C., SACCHI, F., SANNAZARO, M. (a cura di), *Archeologia classica e post-classica tra Italia e Mediterraneo. Scritti in ricordo di Maria Pia Rossignani. Vita e Pensiero*, Milano, 2016, pp. 173-181
- CASINI S., FOSSATI A., *L'alfabeto latino inciso sul masso Camisana 1 di Carona (Bergamo)*, *Notizie Archeologiche Bergomensi*, 21, 2013, 2014, pp. 147-155
- CASINI S., FOSSATI A., MOTTA F., *L'iscrizione in alfabeto di Lugano al Mur d'Hannibal (Liddes, Valais)*, *Notizie Archeologiche Bergomensi*, 21, 2013, 2014, pp. 157-165
- CASINI S., FOSSATI A., *Incisioni rupestri e iscrizioni preromane a Carona, Val Brembana (Bergamo)*, *Bulletin d'etudes prehistoriques et archeologiques alpines*, XXIV, 2013, pp. 377-392
- CASINI S., LONGHI C., CASTELLANO L., CROCE E., LANDO A., *Un santuario celtico a Carona (Bergamo)? Ricerche e ritrovamenti nell'area del masso inciso CMS 1*, *Notizie Archeologiche Bergomensi*, 18, 2010, 2012, pp. 133-154
- CASINI S., FOSSATI A., MOTTA F., *Incisioni protostoriche e iscrizioni leponzie su roccia alle sorgenti del Brembo (Val Camisana di Carona, Bergamo)*, *Notizie Archeologiche Bergomensi*, 16, 2008, 2010, pp. 75-101
- CASINI S., DE MARINIS R.C., RAPI M., *L'abitato protostorico di Como*, (cura di), *La protostoria in Lombardia, Atti del 3° Convegno Archeologico Regionale, Como (22-24 ottobre 1999)*, 2001, pp. 97-140
- CATTANI M., *Aes rude*, in: DE MARINIS, R.C. (a cura di), *Gli Etruschi a nord del Po*, Mantova, 1986, pp. 204-210
- CAVULLI F., CARRER F., FONTANA F., VISENTIN D., PEDROTTI A., *"Archeologia totale" nel territorio d'alta quota delle antiche regole del Cadore (Belluno)*, (cura di), *Preistoria e Protostoria del Veneto. Atti della Riunione Scientifica dell'IIPP, Padova, 5-9 novembre 2013, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria*, 2015, pp. 575-581
- CAVULLI F., GRIMALDI S., PEDROTTI A., ANGELUCCI D.E., *Toward an understanding of archaeological visibility: the case of the Trentino (Southern Alps)*, in: VAN LEUSEN, P.M., PIZIOLO, G., SARTI, L. (a cura di), *Hidden Landscapes of Mediterranean Europe. Cultural and methodological biases in pre- and protohistoric landscape studies*, BAR International Series, 2011, pp. 83-94
- CERAMI D., *Patrimoni monastici in Valle Brembana (secc. XI-XII)*, *Quaderni Brembani*, 17, 2019, pp. 48-63
- CHITTOLINI G. (a cura di), *I primi millenni: il comune e la signoria, Storia economica e Sociale di Bergamo, Fondazione per la storia economica e sociale di Bergamo, Istituto di studi e ricerche, Bergamo, 1999*
- CONFORTINI F., DECARLIS A., KRIEGER C., MALZANNI M., PAGANONI A., SANTI G., *Nuovo contributo alla paleoicnologia del Perimiano dell'alta Valle Brembana*, *Rivista del Museo Civico di Scienze Naturali "E. Caffi" di Bergamo*, 20, 2001, pp. 41-48
- CORTI M., *Süssura de l aalp. Il sistema dell'alpeggio nelle Alpi lombarde*, *Annali di San Michele*, 17, 2004, pp. 31-155
- CROCE E., *Archeologia d'alta quota alle sorgenti del Brembo*, *Tesi di dottorato, A.A. 2020/2021, Università di Trento*, 2022
- CROCE E., VENEZIANO D., CASTELLANO L., *Ricerche archeologiche alle sorgenti del Brembo: ricognizioni e scavi condotti in Val Camisana (Carona, Bergamo) tra il 2009 e il 2017*, *Notizie Archeologiche Bergomensi*, 25, 2017, 2018, pp. 147-161
- DE GUIO A., MIGLIAVACCA M., FABRIS A., RASIA F., *Archeologia di montagna a Recoaro (VI): la frequentazione delle alte quote in età Postmedievale. Risultati delle campagne di ricognizione e scavo 2006-2010*, *Archeologia Postmedievale*, 14, 2010, pp. 153-168
- DE MARINIS R.C., *Il periodo Golasecca III A in Lombardia*, *Studi Archeologici*, 1, 1981, pp. 43-300
- FERRERO E., *Gran San Bernardo (comune di Saint-Rémy). Seconda relazione degli scavi al Plan de Jupiter*, *Notizie degli Scavi di Antichità*, 1892, pp. 63-77
- FORTUNATI M., POGGIANI KELLER R. (a cura di), *I primi millenni: dalla Preistoria al Medioevo, Storia economica e Sociale di Bergamo, Fondazione per la storia economica e sociale di Bergamo, Istituto di studi e ricerche, Bergamo, 2007*
- GALLO C., *Le monete del Gran San Bernardo*, *BEPA*, 12, 2001, pp. 155-162
- GALLORO S., *I sondaggi al Plan de Jupiter negli anni 2005-2007*, in: APPOLONIA, L., WIBLÉ, F., FRAMARIN, P. (a cura di), *Alpis Poenina. Grand Saint-Bernard. Séminaire de clôture. Une Voie à travers l'Europe. 11-12 Avril 2008, Fort de Bard (Vallée d'Aoste)*, Imprimerie Valdôtaine, Aosta, 2008, pp. 40-49
- GEISER A., *Les monnaies gauloises recueillies au Plan-de-Jupiter: des dépôts laténiens tardifs?*, in: APPOLONIA, L., WIBLÉ, F., FRAMARIN, P. (a cura di), *Alpis Poenina. Grand Saint-Bernard. Séminaire de clôture. Une Voie à travers l'Europe. 11-12 Avril 2008, Fort de Bard (Vallée d'Aoste)*, Imprimerie Valdôtaine, Aosta, 2008, pp. 109-117
- GIORCELLI S., *Epigrafia e storia di Roma*, Carocci, Roma, 2004
- JARNUT J., *Bergamo 568-1098*, *Archivio Storico Bergamasco*, Bergamo, 1980
- LONGHI C., FALGARI N., REDAELLI M., *Novità sulla storia più antica della bassa Valle Brembana*, *Quaderni Brembani*, 20, 2021, pp. 51-61
- LONGHI C., REDAELLI M., TREMARI M., *Sulle tracce dei cacciatori mesolitici all'Alpe di Azzaredo*, *Quaderni Brembani*, 14, 2016, pp. 50-54
- LUDEMANN T., *Past fuel wood exploitation and natural forest vegetation in the Black forest, the Vosges and neighbouring regions in western Central Europe*, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 291, 2010, pp. 154-165
- MARCHETTI F., AVANZINI M., CONTI M.A., SANTI G., *Early Permian vertebrate ichnology of the Southern Alps (N Italy): new discoveries and sites of interest*, *SLIC* 2013, 2013
- MARCHETTI V., PAGANI L. (a cura di), *Giovanni da Lezze - Descrizione di Bergamo e suo territorio 1596, Fonti per lo studio del territorio bergamasco VII*, Provincia di Bergamo, Assessorato istruzione e cultura, Bergamo, 1988

- MATHIEU J., *Storia delle Alpi 1500-1900. Ambiente, sviluppo e società*, Il ed., Casagrande, Bellinzona, 2004
- MATTEONI F., *Medioevo costruito. Edilizia in val Cavallina e Sebino bergamasco tra XII e XV secolo*, Fondazione Lemine, Almenno San Bartolomeo, 2018
- MENANT F., *Campagnes lombardes du Moyen Âge*, École Française de Rome, Roma, 1993
- MIGLIAVACCA M., *Shepherds and miners through time in the Veneto Highlands: Ethnoarchaeology and archaeology*, in: COLLIS, J., PEARCE, M., NICOLIS, F. (a cura di), *Summer Farms. Seasonal exploitation of the uplands from prehistory to the present*, J.R. Collis Publications, Sheffield, 2016, pp. 57-71
- MIGLIAVACCA M., *Le Prealpi venete nell'età del Ferro: analisi e interpretazione di un paesaggio polisemico*, *Preistoria Alpina*, 47, 2013, pp. 17-30
- MOCCI F., PALET-MARTINEZ J.M., SEGARD M., TZORTZIS S., WALSH K., *Peuplement, pastoralisme et modes d'exploitation de la moyenne et haute montagne depuis la Préhistoire dans le Parc National des Écrins*, in: VERDIN, F., BOUET, A. (a cura di), *Territoires et paysages de l'âge du Fer au Moyen Âge. Mélanges offert à Philippe Leveau*, Presses Universitaires, Bordaeux, 2005, pp. 197-212
- MOLLO MEZZENA R., *Documentazione sui culti aostani*, in: PENNUCCI, P., PEYROT, E. (a cura di), *Archeologia in Valle d'Aosta dal Neolitico alla caduta dell'impero romano. 3500 a.C.-V secolo d.C.*, Industrie Grafiche Editoriali Musumeci, Aosta, 1988, pp. 157-179
- MORESCHI E., *Le valli bergamasche di Leonardo da Vinci*, *Quaderni Brembani*, 19, 2019, pp. 131-135
- NOVELLINO M.D., FURLANETTO G., RAVAZZI C., *La torbiera di Piani di Sasso (Alta Val Brembana - BG): la storia dell'interazione tra uomo e ambiente raccontata attraverso lo studio di un archivio naturale*, *Quaderni Brembani*, 20, 2021, pp. 34-50
- OTTOZ L., *I ritrovamenti numismatici delle campagne di scavo 2000-2007*, in: APPOLONIA, L., WIBLÉ, F., FRAMARIN, P. (a cura di), *Alpis Poenina. Grand Saint-Bernard. Séminaire de clôture. Une Voie à travers l'Europe. 11-12 Avril 2008, Fort de Bard (Vallée d'Aoste)*, Imprimerie Valdôtaine, Aosta, 2008, pp.
- POGGIANI KELLER R., RONDINI P., *Bergamo and Parre during the Iron Age: Early Urbanism and the Alpine World*, in: ZAMBONI, L., FERNÁNDEZ-GÖTZ, M., METZNER-NEBELSICK, C. (a cura di), *Crossing the alps, early urbanism between northern Italy and central Europe (900-400 BC)*, 2020, pp. 275-295
- POGGIANI KELLER R., *Il Neolitico e l'età del Rame: la nascita dell'agricoltura e la prima metallurgia*, in: FORTUNATI, M., POGGIANI KELLER, R. (a cura di), *Storia economica e sociale di Bergamo. I primi millenni, dalla preistoria al medioevo. Vol. I*, Fondazione per la Storia economica e sociale di Bergamo, Bergamo, 2007, pp. 83-115
- POGGIANI KELLER R., *L'oppidum degli Orobi a Parre (BG)*, ET, Milano, 2006
- POGGIANI KELLER R., *L'area valliva ed alpina delle Orobie nella preistoria*, in: POGGIANI KELLER, R. (a cura di), *Valtellina e mondo alpino nella preistoria*, Panini, Modena, 1989, pp. 76-96
- RICEPUTI F., DORDONI F., *Incisioni rupestri sulle montagne di Carona*, *Quaderni Brembani*, 3, 2005, pp. 8-17
- SAURO U., MIGLIAVACCA M., PAVAN V., SAGGIORO F., AZZETTI D. (a cura di), *Tracce di antichi pastori negli Alti Lessini*, Bussinelli, Vago di Lavagno, 2013
- TIZZONI M., *Il comprensorio minerario e metallurgico delle valli Brembana, Torta ed Averara dal XV al XVII secolo*, Provincia di Bergamo, Bergamo, 1997
- TOZZI P., *Il territorio di Bergamo in età romana*, in: FORTUNATI, M., POGGIANI KELLER, R. (a cura di), *Storia economica e sociale di Bergamo. I primi millenni, dalla preistoria al medioevo. Vol. II*, Fondazione per la Storia economica e sociale di Bergamo, Bergamo, 2007, pp. 367-385
- VISENTIN D., CARRER F., *Evaluating mesolithic settlement patterns in mountain environments (dolomites, eastern Italian Alps): the role of research biases and locational strategies*, *Archeologia e Calcolatori*, 28, 2017, pp. 129-145
- WALSER G., *Summus Poeninus, Beiträge zur Geschichte des Grossen St. Bernard-Passes in römischer Zeit*, *Historia Einzelschriften*, Franz Steiner Verlag, Wiesbaden, 1984
- WALSH K., MOCCI F., *Driving forces and variability in the exploitation of a high-altitude landscape from Neolithic to Medieval periods in the southern French Alps: a Historical Ecology of the Neolithic to Medieval Periods in the Southern French Alps: A reassessment of "driving forces"*, in: COLLIS, J., PEARCE, M., NICOLIS, F. (a cura di), *Summer Farms. Seasonal exploitation of the uplands from Prehistory to the present*, J.R. Collis Publications, Sheffield, 2016, pp. 183-202
- ZONCA A., *Gli uomini e le terre dell'Abbazia San Benedetto di Vallalta (secoli XII-XIV)*, Comune di Bergamo, Comune di Albino, Bergamo, 1998



Avvelenamento da piombo in fenicotteri rosa (*Phoenicopterus roseus*) rinvenuti nel Parco Regionale Veneto del Delta del Po

di Antonio Gelati¹⁻²⁻³

1 - Medico Veterinario AUSL Modena

2 - Direttore Museo Civico e Storia Naturale di Marano sul Panaro (MO)

3 - Sezione CAI Sassuolo

Riassunto: L'inquinamento da pallini di piombo nelle zone umide colpisce popolazioni di uccelli acquatici che ingerendoli si avvelenano e muoiono. L'articolo descrive un caso di saturnismo su fenicotteri rosa nel novembre 2007 lungo le coste della laguna di Rosolina (Ro) e i risultati dell'autopsia su otto Fenicotteri rosa rinvenuti morti.

Abstract: Lead poisoning in pink flamingos (*Phoenicopterus roseus*) found in the Veneto Regional Park of the Delta Po
The lead shot pollution in wetlands affects water birds that ingesting them die poisoned. The article describes a case of lead poisoning of Greater Flamingos on 2007 november along the coast of the lagoon of Rosolina (Ro) and the results of the autopsy of 8 dead Flamingos.

Introduzione

Tra i principali fattori che interferiscono con la conservazione dell'avifauna selvatica un ruolo fondamentale è rivestito dall'inquinamento ambientale da metalli pesanti. Tra questi, il piombo sembra essere uno dei metalli maggiormente rinvenuti in natura con effetti estremamente tossici sia sulla salute animale che su quella umana.

La problematica dell'avvelenamento da piombo, oltre a ripercuotersi sullo stato di salute dei singoli esemplari, colpisce anche popolazioni di volatili considerate a rischio o tutelate dal punto di vista faunistico che utilizzano le zone lagunari-costiere italiane come aree di colonizzazione, svernamento o sosta durante la loro vita.

I pallini di piombo, largamente impiegati dai cacciatori per decenni, si disperdono nell'ambiente: nelle aree lagunari, circondate da canneti, tendono a stratificarsi sui primi 2-3 mm del fondale e vengono scambiati per *grit* o particelle alimentari da

parte degli uccelli acquatici che le ingeriscono inconsapevolmente esponendosi così al rischio di saturnismo (Pain, 1992; Scheuhammer et Norris, 1996).

La problematica del saturnismo nei fenicotteri rosa (*Phoenicopterus roseus*) è stata raramente riportata in letteratura scientifica. Allo stato attuale, infatti, sono pochi i focolai descritti di intossicazione da piombo in questi volatili: in particolare un focolaio in Provenza (Bayle et al., 1986), uno in Spagna (Ramo et al., 1992; Mateo et al., 1997), una nella penisola dello Yucatan (Schmitz et al., 1990) e due in Italia, più precisamente nell'area deltizia del Po, che ha coinvolto sedici esemplari (Arcangeli et al., 2007), e uno in Toscana, che ha colpito sette esemplari (Ancora et al., 2008). Il presente articolo descrive un focolaio di saturnismo in 10 fenicotteri rosa rinvenuti nel novembre 2007 lungo le coste della laguna di Rosolina (RO), area palustre in prossimità del Parco Regionale Veneto del Delta del Po in Italia.



Foto Giordano Cerè

Materiali e metodi

Nel novembre 2007 lungo le coste della laguna di Rosolina sono stati rinvenuti otto fenicotteri rosa deceduti e due ancora vivi con evidenti segni di abbattimento, incoordinazione dei movimenti, tumefazione della testa e del collo, emesi e defecazione verde brillante. Nonostante i sostegni terapeutici garantiti ai due esemplari ancora in vita, presso il CRAS Il Pettiroso di Modena, essi sono deceduti nei due giorni seguenti al ritrovamento.

Nove esemplari dei dieci rinvenuti sono stati sottoposti ad esame anatomico-patologico e ad esame tossicologico per la ricerca di piombo dal fegato mediante spettroscopia di assorbimento atomico. Sette dei nove esemplari analizzati sono stati anche sottoposti ad esame tossicologico per la ricerca di piombo da rene poiché lo stato di conservazione in cui versavano due soggetti non ha consentito

un adeguato campionamento degli organi elettivi. L'unico esemplare non sottoposto ad accertamenti diagnostici è attualmente congelato presso il CRAS Il Pettiroso di Modena.

Sia l'esame anatomico-patologico che l'esame tossicologico sono stati svolti presso la sezione di Modena e il laboratorio chimico dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia e dell'Emilia-Romagna.

Per convenzione verranno attribuiti ai dieci fenicotteri degli identificativi da uno a dieci per meglio descrivere la loro anamnesi, i rilievi anatomico-patologici e di laboratorio come riportato in Tabella 1.

Tre fenicotteri sono stati rinvenuti provvisti di anello di identificazione attraverso il quale è stato possibile risalire con esattezza all'età degli stessi e alla loro cronistoria come riportato in Tabella 1 (IBDV, IHNZ, IGFF).



Figura 3 - Gruppo di fenicotteri rinvenuti morti lungo le coste della laguna di Rosolina (RO) identificati da 1 a 8. Notare che due di questi sono identificati anche con il codice di inanellamento

Risultati

L'esame anatomico-patologico ha evidenziato la presenza di edema polmonare o sottocutaneo del collo e della testa in tutti i soggetti analizzati; inoltre nello stomaco muscolare di tutti gli esemplari è stata rinvenuta la presenza di pallini di piombo, in numero variabile, associati a quadri di enterite sierocatarrale di diversa gravità con contenuto verde brillante come descritto in Tabella 1 e raffigurato in Figura 4 e 5. I risultati relativi all'esame tossicologico per la ricerca di piombo in fegato e rene sono riportati in Tabella 1: nello specifico i valori di piombo

accertati nei fegati dei fenicotteri esaminati si collocano tutti ben al di sopra del limite di 8 mg/kg peso umido che è la soglia limite minima per esprimere diagnosi di saturnismo negli uccelli acquatici (Friend, 1985) (N.B. 1ppm=1mg/kg= 1µg/g).

I risultati degli esami diagnostici hanno quindi confermato il sospetto, avanzato già durante la visita clinica dei due soggetti rinvenuti ancora in vita, di avvelenamento da piombo causato dall'ingestione di pallini da caccia in tutti i fenicotteri esaminati in questo studio.



Figura 4 - Ventriglio o stomaco muscolare contenente pallini di piombo misti a materiale alimentare. La mucosa gastrica è ricoperta da essudato sierocatarrale di colore verdastro

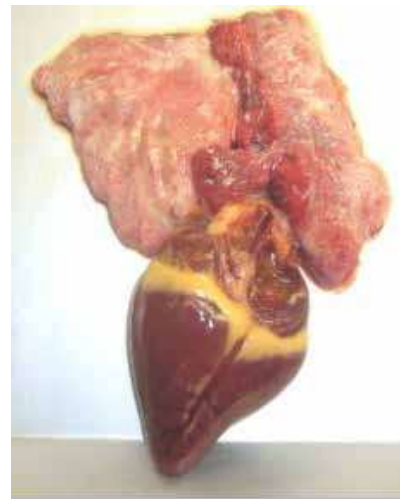


Figura 5 - Grave edema polmonare in uno dei fenicotteri

ID	Codice inanellamento	Età (anni)	Rilievi anatomico-patologici	N° pallini	Risultati laboratorio	
					Fegato (ppm)	Rene (ppm)
1	IBDV	> 4	Buono stato di nutrizione. Edema polmonare, del collo e della testa. Modesta enterite sierocatarrale, contenuto intestinale verde brillante	15	30,8	
2	IHNZ	< 2	Buono stato di nutrizione. Edema polmonare, del collo e della testa. Modesta enterite sierocatarrale, contenuto intestinale verde brillante	60	39,8	
3			Ottimo stato di nutrizione. Edema polmonare acuto. Modesta enterite catarrale	20	55,9	18,9
4			Ottimo stato di nutrizione. Edema sottocutaneo di collo e testa. Modesta enterite sierocatarrale	16	48,3	30,6
5			Buono stato di nutrizione. Soggetto parzialmente cannibalizzato, mancante parte dei visceri	40	20,7	3,13
6			Scadente stato di nutrizione. Scadente stato di conservazione. Edema della testa e del collo	29	46,7	8,05
7			Ottimo stato di nutrizione. Edema polmonare acuto. Modesta enterite sierocatarrale	23	30,4	8,73
8			Ottimo stato di nutrizione. Edema polmonare acuto	27	64,9	14,7
9	IGFF	< 2	Ottimo stato di nutrizione. Edema sottocutaneo del collo. Materiale nerastro in stomaco e intestino	8	20,6	7,22
10						

Tabella 1 - Anamnesi, rilievi anatomico-patologici e risultati di laboratorio

Discussioni

Dagli esami diagnostici effettuati non è emersa alcuna associazione tra il numero di pallini rinvenuti nello stomaco di ogni singolo soggetto e la gravità del relativo quadro anatomo-patologico. Si segnala inoltre che uno dei soggetti in cui è stato riscontrato uno dei più alti numeri di pallini (fenicottero 5) versava in scadente stato di conservazione, impedendo quindi un adeguato esame anatomo-patologico. Contestualmente non si è evidenziata alcuna correlazione tra il numero di pallini rinvenuti nello stomaco di ogni singolo soggetto e il quantitativo di piombo rilevato in fegato e rene.

I rilievi descritti sono supportati da evidenze scientifiche (Pain et al., 1992) le quali sostengono che la quantità di piombo rinvenuta nel ventriglio degli animali non implica necessariamente un elevato assorbimento dello stesso a livello corporeo, di conseguenza non sempre è possibile riscontrare manifestazioni eclatanti di saturnismo in animali che hanno ingerito molti pallini. L'assorbimento del piombo a livello sistemico si riduce con l'assunzione di materiale alimentare che attenua l'effetto tossico del metallo (Morton et al., 1951; Sanderson, 1992). Nonostante questo, però, i pallini accumulati nel ventriglio vengono lentamente corrosi dagli acidi gastrici (pH 2,5) e dall'attività meccanica di sfregamento del grit sulle pareti dello stomaco liberando dei sali tossici di piombo che esplicano un'azione locale e sistemica.

A livello locale provocano un danno caustico alle mucose che esita in lesioni da catarrali a necrotico-emorragiche. A livello sistemico, invece, l'inibizione di enzimi implicati nella sintesi dell'emoglobina provoca ripercussioni in diversi apparati tra cui l'apparato emo-poietico (anemia), il fegato (degenerazione lipidica e steatosi), i reni (iperemia, emorragie subcapsulari, degenerazione e necrosi dei tubuli), il sistema nervoso (demielinizzazione dei nervi periferici), il sistema cardio-circolatorio (necrosi e degenerazione vascolare), il sistema osseo (osteoporosi) (Beretta, 1985; Whitten et al., 1987; Body et al., 1991; Brown et Julian, 2003). Il fegato e i reni risultano essere gli organi di primaria elezione per il deposito di sali di piombo, seguiti dalle ossa dove il piombo si accumula sotto forma insolubile.

L'avvelenamento da piombo può manifestarsi in forma acuta o cronica. La forma acuta può portare a morte il soggetto colpito in 7-10 giorni anche senza sintomatologia: si stima infatti che bastino 10 pallini per provocare un'intossicazione acuta (De Francisco et al., 2003).

La forma cronica provoca perdita di peso, sterno prominente, feci liquide di colore verde, debolezza generale e incapacità al volo esponendo gli uccelli all'attacco di predatori (Scheuhammer et Norris, 1996; Pain, 1995). I soggetti oggetto del nostro studio manifestavano verosimilmente sia quadri



Foto Giordano Cerè

di saturnismo acuto (fenicottero 1,2,3,4,5,7,8,9) sia cronico (fenicottero 6), nonostante tutti avessero un numero di pallini nello stomaco superiore a 10 unità. Questo dato fa supporre che i volatili abbiano ingerito i pallini di piombo nell'areale in cui sono poi stati rinvenuti morti considerando che la laguna di Rosolina, così come la gran parte delle aree umide naturali in Italia, è un territorio in cui viene largamente praticata l'attività venatoria e in cui si stima che la popolazione di fenicotteri raggiunga all'incirca 10mila individui ritenuti, peraltro, specie protetta. Si stima inoltre che nel 2006 siano caduti dai 28 ai 42 milioni di pallini per un totale di 70 quintali di piombo depositati nel suolo e sui fondali della laguna veneta. Un altro indizio che farebbe pensare a un'intossicazione acuta è la forma dei pallini rinvenuti negli stomaci muscolari di quasi tutti i soggetti, i quali si presentavano prevalentemente di forma rotonda con diametro variabile da 2 a 3 mm, quindi all'inizio della fase di solubilizzazione gastrica.

Dai risultati relativi all'esame tossicologico eseguito su fegato e rene è emerso un grave quadro di saturnismo in tutti i volatili sottoposti all'analisi, sebbene la concentrazione di piombo rilevata nel rene del fenicottero 5 sia al di sotto del valore soglia di 8mg/kg; tale valore è da ritenersi comunque alte-

rato visto che la concentrazione media riscontrata in uccelli acquatici sani non esposti a piombo è <2 ppm (Pain, 1996).

Le conseguenze dell'inquinamento ambientale da piombo causato dall'attività venatoria non riguardano esclusivamente gli uccelli acquatici, Anseriformes e Charadriiformes, i quali si intossicano per ingestione diretta di pallini, ma anche altri esseri viventi come i rapaci e l'uomo che si intossicano per via indiretta attraverso l'ingestione di volatili a loro volta intossicati.

I rapaci maggiormente esposti a intossicazione indiretta sono l'aquila reale (*Aquila chrysaetos*), l'aquila di mare (*Haliaeetus albicill*), il nibbio reale (*Milvus milvus*), l'astore (*Accipiter gentilis*), il falco pellegrino (*Falco peregrinus*), i quali si cibano di uccelli più piccoli o di carcasse di uccelli acquatici rinvenuti sul territorio (Pain et al., 2009; Kenntner et al., 2003; Neumann, 2009).

L'uomo, invece, per subire gli effetti da intossicazione da piombo dovrebbe ingerire fegato o rene di volatili affetti da saturnismo o ingenti quantità di carni di questi individui, sebbene siano stati descritti casi di intossicazione da piombo nell'uomo per ingestione di pallini da caccia nascosti tra le fibre muscolari dei volatili cacciati (Johansen et al., 2006).



Foto Giordano Cerè

Conclusioni

L'impatto che ha oggi il tema dell'inquinamento ambientale al fine di tutelare la salute pubblica ha fatto scaturire provvedimenti volti a regolamentare l'attività venatoria su tutto il territorio nazionale, dopo che è stato dimostrato che la caccia riveste un ruolo rilevante sull'inquinamento ambientale da piombo.

Il territorio oggetto del nostro studio ospita, peraltro, numerosi allevamenti di orate e branzini con possibili ripercussioni sulla catena alimentare. La mole di inquinamento ambientale da piombo evidenziata nella zona di Rosolina è stata studiata negli anni avvenire attraverso l'effettuazione di carotaggi e prelievi di muschi e acqua negli areali di caccia imputando, verosimilmente, la gravità del fenomeno non solo all'impiego di pallini in piombo ma anche alla mancanza di leggi e restrizioni tali da controllare la pressione venatoria sulla biodiversità degli ecosistemi.

L'Italia, a seguito dell'adesione all'*Agreement on the Conservation of African-Eurasian Migratory Waterbirds (AEWA)*, ha prodotto la Legge n. 66 del 6 febbraio 2006 che vieta l'impiego di munizioni di

piombo in tutte le aree umide. In particolare la Delibera della Regione Veneto n.184/2007 ha previsto per tutti i SIC (Siti di Importanza Comunitaria) e ZPS (Zone di Protezione Speciale) caratterizzati da ambienti umidi (Delta del Po, Laguna di Venezia e di Caorle, Lago di Garda e zone minori) l'obbligo di impiego di munizioni con piombo nichelato a partire dal 2009 e il divieto totale di pallini di piombo. Ottimi risultati sono stati ottenuti in Paesi come USA e Canada in cui la prevalenza di esposizione a piombo in uccelli acquatici è diminuita significativamente da quando è stato vietato l'impiego di munizioni in piombo (Samuel et Bowers, 2000).

Sarebbe interessante predisporre in futuro dei piani di monitoraggio ambientale che integrino la sorveglianza negli uccelli cacciati e il campionamento periodico di matrici ambientali per verificare la reale efficacia nel tempo delle misure di legge varate nel 2006 nell'ottica di tutelare la salute dell'ambiente, degli animali e dell'uomo.



Foto Giordano Cerè

BIBLIOGRAFIA

- ANCORA S., BIANCHI N., LEONZIO C., RENZONI A. (2008): *Heavy metals in flamingos (Phoenicopterus ruber) from Italian wetlands: the problem of ingestion of lead shot*. Environmental Research, 107, 229-236
- ARCANGELI G., MANFRIN A., BINATO G., DE NARDI R., VOLPONI S., VASCELLARI M., MUTINELLI F., TERREGINO C. (2007) *Avvelenamento da piombo in uccelli selvatici: indagine su fenicotteri (Phoenicopterus roseus) nel Delta del fiume Po*. Obiettivi e documenti veterinari, 28
- BAYLE P., DERMAIN F., KECK G. (1986): *Trois cas de saturnisme chez le flamant rose Phoenicopterus ruber dans la region de Marseille*. Bulletin de la società Linneane de Provence, 38, 95-98
- BERETTA C. (1985): *Tossicologia veterinaria*. Editoriale Grasso, pp. 153-166
- BODY P. E., INGLIS G., DOLAN P. R., MULCAHY D. E. (1991): *Environmental lead: a review*. Critical reviews in Environmental Control, 20, 299-310
- BROWN T. P., JULIAN R. J. (2003): *Other Toxins and Poisons*, Chapter 33. In *Diseases of Poultry*, 11th Edition, Editor in Chief Saif Y.M., Iowa State Press, USA, pp.1140-1142
- DE FRANCISCO N., RUIZ TROYA J. D., AGUERA E.I. (2003): *Lead and lead toxicity in domestic and free living birds*. Avian pathology, 32, 3-13
- FRIEND M. (1985): *Interpretation criteria commonly used to determine lead poisoning problem areas*. U. S. Fish and Wildlife Service, Washington D. C. Fish and Wildlife Leaflet, 2, 1-4
- JOHANSEN P., PEDERSEN H. S., ASMUND G., RIGET F. (2006): *Lead shot from hunting as a source of lead in human blood*. Environmental Pollution, 142 (1), 93-97
- KENNTNER, N., KRONE, O., ALTENKAMP, R., TATARUCH F. (2003): *Environmental Contaminants in Liver and Kidney of Free-Ranging Northern Goshawks (Accipiter gentilis) from Three Regions of Germany*. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 45, 0128-0135. <https://doi.org/10.1007/s00244-002-2100-8>
- MATEO R., DOLZ J. C., AGUILAR SERRANO J. M., BELLIERE J., GUITART R. (1997): *An epizootic of lead poisoning in greater flamingos (Phoenicopterus ruber roseus) in Spain*. Journal of Wildlife Disease, 33 (1), 131-134
- MATEO R., GUITAR R., GREEN A.J. (2000): *Determinants of lead shot, rice, and grit ingestion in ducks and coots*. J. Wildl. Manage, 64, 939-947
- MORTON A.P., PARTRIDGE S., BLAIR A. (1985): *The intestinal uptake of lead*. Chem. Br., 10, 923-927
- NEUMANN K. (2009): *Bald eagle lead poisoning in winter*. In r. T. Watson, m. Fuller, m. Pokras, and w. G. Hunt (eds.). *Ingestion of lead from spent ammunition: implications for wildlife and humans. The peregrine fund, boise, idaho, usa*. Doi 10.4080/ilsa.2009.0119
- PAIN D., AMIARD-TRIQUET C., SYLVESTRE C. (1992): *Tissue lead concentrations and shot ingestion in nine species of waterbirds from Camargue (France)*. Ecotoxicol. Environ. Saf., 24, 217-233
- PAIN, D. J. (1995): *Lead in the environment*. In: Hoffman, D.J., Rattner, D.A., Allen Burton, Jr., G., Carnis, Jr., J. (Eds.), *Handbook of Ecotoxicology*. Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 356-391
- PAIN D. J. (1996): *Lead in waterfowl. In Environmental contaminants in wildlife – Interpreting tissue concentration*. Edited by Beyer W. N., Heinz G. H., Redmon-Norwood A., cap. 10, 257 CRC, Lewis publisher, USA
- PAIN D. J., FISHER I. G., THOMAS V. G. (2009): *A global update of lead poisoning in terrestrial birds And from ammunition sources*. In r. T. Watson, m. Fuller, m. Pokras, and w. G. Hunt (eds.). *Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implications for Wildlife and Humans*. The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA. DOI 10.4080/ilsa.2009.0108
- RAMO C., S ANCHEZ C., SAINT-AUBIN H. (1992): *Lead poisoning of greater flamingos Phoenicopterus ruber*. Wildfowl, 43, 220-222
- SAMUEL M. D., BOWERS E. F. (2000): *Lead exposure in American black ducks after implementation of non-toxic shot*. J. Wildl. Manage, 64, 947-953
- SANDERSON, G. C., BELLROSE F. C. (1986): *A Review of the Problem of Lead Poisoning in Waterfowl*. Illinois Natural History Survey Special Publication n  4
- SANDERSON G. C. (1992): *Lead poisoning mortality. In Pain D. J. Lead Poisoning in Waterfowl*, Proc. IWRB Workshop, Brussel, Belgium, 1991. IWRB Spec. Publ. 16, IWRB, Slimbridge, U.K., pp. 14-18
- SCHEUHAMMER A. M., NORRIS S. L. (1996): *The ecotoxicology of lead shot and lead fishing weights*. Ecotoxicology, 5, 279-295
- SCHMITZ R. A., AGUIRRE A. A., COOK R. S., BALDASSARRE G. A. (1990): *Lead poisoning of Caribbean flamingos in Yocatan, Mexico*. Wildlife Society Bulletin, 18, 399-404
- WHITTEN K. W., GAILEY K. D., DAVIS R. E. (1987): *Quimica general Superior*. Ed. McGraw-Hill



Figura 1 - All'interno di una faggeta - Appennino centrale - ph shutterstock

I composti organici volatili biogenici e i loro effetti sulla salute umana durante i percorsi di Terapia Forestale

di Anna Corli¹, Rita Baraldi¹, Luisa Neri¹

1 - Istituto di Bioeconomia del CNR - Bologna

Riassunto:

I composti organici volatili (VOC) vengono emessi sia da fonti antropogeniche che dalle piante e, in misura minore, dal suolo. Tuttavia, se i primi hanno effetti negativi sulla salute umana, i VOC di origine biogenica (BVOC) giocano un ruolo fondamentale per la funzionalità ecosistemica, per la qualità dell'aria, e hanno anche effetti benefici sulla salute umana. I BVOC vengono rilasciati in abbondanza nei contesti forestali, dove sono stati identificati più di mille composti diversi, costituiti principalmente da isoprene e monoterpeni. Considerato che le foreste italiane occupano quasi il 40% del territorio nazionale nelle composizioni più diversificate, il Club Alpino Italiano (CAI) in collaborazione l'Istituto per la BioEconomia del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IBE-CNR) ha svolto una ampia indagine sperimentale a partire dal 2020 per perfezionare i protocolli di Terapia Forestale in 31 siti del territorio forestale italiano. Sono state svolte 37 sessioni di Terapia Forestale, in associazione alla caratterizzazione della qualità dell'aria di ogni sito.

Specialmente nei mesi caldi le conifere sempreverdi sono risultate le maggiori emettitrici di BVOC, seguite da specie sempreverdi diverse quali leccio e da specie decidue quali faggio e quercia. Lo studio ha dimostrato che i migliori effetti della Terapia Forestale si riscontrano in assetti forestali misti, aperti e luminosi, con una significativa riduzione di stati di ansia grazie all'inalazione dei monoterpeni, in particolare l' α -pinene. Nuovi percorsi di Terapia Forestale sono in fase di pianificazione per portare i benefici dell'immersione in natura alla portata di tutti.

Abstract: Biogenic volatile organic compounds and their effects on human health during Forest Therapy sessions

Volatile organic compounds (VOC) are emitted both from anthropogenic sources as well as from plants and, to a lesser extent, soil. However, if the former have negative effects on human health, biogenic volatile organic compounds (BVOC) play a crucial role for ecosystem functionality and air quality, with beneficial effects for human beings. BVOC are largely released in forest ecosystems, where more than a thousand of different compounds have been identified, mainly consisting of isoprene and monoterpenes.

Italian forests cover almost 40% of the national territory in highly diversified compositions: thus the Italian Alpine Club (CAI), in collaboration with the Institute for Bioeconomy of the National Research Council (IBE-CNR), from 2020 has carried out an extensive experimental study to refine forest therapy protocols in 31 sites throughout the Italian forests. 37 sessions of forest therapy were carried out together with the characterization of air quality of each site.

Mainly during the warm season, evergreen conifers were the major emitters of BVOC, followed by different evergreen species such as holm oak and deciduous species such as beech and oak. The study demonstrated forest therapy to be most effective in open, bright and mixed forest arrangements, and monoterpenes, particularly α -pinene, were seen to lead to a significant reduction in anxiety. New forest therapy sessions are being planned to bring the benefits of immersion in nature within everyone's reach.

I composti organici volatili (VOC) sono composti formati da carbonio, idrogeno e ossigeno appartenenti a varie classi chimiche immessi in atmosfera da un'ampia varietà di fonti.

Quelli di origine antropogenica (AVOC) sono inquinanti che derivano dalle attività antropiche, principalmente dall'utilizzo dei combustibili fossili, e hanno effetti negativi noti e scientificamente dimostrati sulla salute umana.

Diversamente i VOC di origine biogenica (BVOC) vengono rilasciati dalle specie vegetali ma anche dal suolo a seguito della decomposizione microbica dei residui vegetali e del carbonio organico (Tang et al., 2019), e giocano un ruolo fondamentale sia per la funzionalità ecosistemica che per la composizio-

ne chimica dell'atmosfera, per la qualità dell'aria e per la salute umana (Neri & Baraldi, 2022).

I BVOC, alcuni dei quali percepiamo come i "profumi" delle piante, sono metaboliti secondari rilasciati dalle piante principalmente per comunicare con altre piante e organismi. Attraverso i BVOC le specie vegetali attraggono infatti gli impollinatori mediante il profumo dei fiori, attuano rapporti di mutualismo con insetti e batteri alleati, innescano meccanismi di difesa contro infezioni e/o predatori mediante repellenza, comunicano con altre piante per avvisare ad esempio di situazioni di pericolo, e richiamano i predatori dei propri parassiti come meccanismo di difesa.

L'emissione di BVOC è costitutiva oppure può essere



Figura 2 - Bosco di Betulle - Etna - Sicilia - ph Luisa Neri

indotta in risposta a stress ambientali ed è stata scoperta diversi decenni fa, quando gli scienziati hanno iniziato a studiare l'origine della "foschia blu" osservata in contesti forestali (Went, 1960; Zhang, 2009), poiché questi composti sono reattivi in atmosfera e possono formare aerosol per ossidazione.

È proprio nelle foreste che si registra la più alta emissione di BVOC e svariati studi hanno identificato più di 1.000 composti diversi, chiaramente non rilasciati tutti nello stesso sito, ma variabili in base alle specie presenti e alle condizioni ambientali.

Si tratta per lo più di molecole lipofile a basso peso molecolare, appartenenti a diverse classi chimiche ma costituiti principalmente da isoprenoidi, in particolare isoprene (ca. 50% delle emissioni totali) e monoterpeni come α e β -pinene, β -ocimene, d-limonene, sabinene, β -mircene e canfene (circa il 35-40% delle emissioni totali), con quantità minori di omoterpeni e sesquiterpeni (Neri & Baraldi, 2022). Sono presenti, anche se in quantità più bassa e con minor frequenza, molecole derivanti dall'acido shikimico (come l'eugenolo) oltre a composti a basso peso molecolare come metanolo e acetaldeide (Niinemets & Monson, 2013).

L'emissione di queste sostanze è specie-specifica e dipende dalla luce e/o dalla temperatura, per cui il profilo dei BVOC ha normalmente un andamento diurno, con un picco di concentrazioni a mezzogiorno, relativamente coerente tra vari ambienti (Niinemets & Monson, 2013; Ciccioli et al., 2023).

Le foreste italiane occupano una superficie di 11,4 milioni di ettari, pari a quasi il 40% del territorio nazionale; prevalgono le foreste (circa il 90%), costituite da formazioni pure di latifoglie, mentre i boschi puri di conifere e quelli misti di conifere e latifoglie rappresentano poco più del 10% della superficie forestale nazionale, a eccezione delle regioni prettamente alpine in cui prevalgono i boschi di conifere (Gasparini et al., 2022). Il 50% del volume forestale è rappresentato da tre specie di latifoglie (faggio, castagno e cerro) e una di conifere (abete rosso); la quota del 75% del volume forestale complessivo è superata con l'aggiunta di altre sette specie (larice, roverella, carpino nero, leccio, abete bianco, pino nero e pino silvestre). Le specie arboree citate sono emettitrici di isoprene e monoterpeni, in particolare di α -pinene, sabinene e β -pinene, con una maggiore concentrazione rilasciata principalmente da roverella, rovere, farnia, leccio, sughera e faggio (Pacheco et al., 2014; Ciccioli et al., 2023).

Perché parlare di BVOC? Perché i profumi che percepiamo entrando in foresta, diversi e unici per ogni sito, sono parte integrante dell'esperienza in natura, non solo da un punto di vista olfattivo o edonistico. Infatti numerosi studi scientifici recenti effettuati in contesti forestali in Italia e all'estero stanno dimostrando proprio come i BVOC, e in particolare i monoterpeni, contribuiscano attivamente a rendere le foreste un ambiente benefico per la salute umana.

Dal punto di vista olfattivo, l'inalazione di BVOC quali α - e β -pinene, β -mircene, canfene e d-limonene, fa della foresta una vera e propria dispensatrice di aromaterapia naturale, con un'azione non solo balsamica sulle vie respiratorie ma anche ansiolitica, antidepressiva, analgesica, antiossidante e antinfiammatoria, a seconda degli specifici BVOC presenti.

In generale i BVOC hanno dimostrato effetti positivi sulla salute mentale, con notevoli miglioramenti dell'umore e dei sintomi depressivi, diminuzione dell'ansia e dei livelli di stress, una riduzione del rischio di malattie psicosociali, così come un miglioramento delle capacità relazionali, comportamentali, stili di vita e benessere spirituale. L'inalazione di BVOC è dunque parte integrante nei percorsi di terapia forestale (Zabini et al., 2022).

I benefici della Terapia Forestale sono stati recentemente riconosciuti dall'ONU anche nell'ambito della ripresa "verde" dalla pandemia da Covid-19, che sostiene tra l'altro che "stare in foresta o nei parchi alberati offre una miriade di benefici per la salute umana, fisica, mentale e spirituale".

Al contempo, in Europa, tra i servizi ecosistemici offerti dagli ambienti forestali, hanno preso il via numerose iniziative volte a promuovere il benessere umano attraverso la frequentazione dei boschi, e proprio la terapia forestale è stata riconosciuta come servizio socioculturale degli ambienti forestali nella Strategia Forestale Nazionale 2020.

In base a queste evidenze scientifiche il Club Alpino Italiano (CAI), con la collaborazione del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), sta sviluppando una rete nazionale di stazioni di Terapia Forestale qualificate per ottimizzare i benefici generati dalla frequentazione delle aree forestali e quindi garantire un'offerta sempre più capillare sia per i frequentatori abituali delle foreste e delle montagne sia per pazienti indirizzati alla Terapia Forestale da operatori e strutture sanitarie. Sono state dunque svolte indagini preliminari nell'Appennino settentrionale nel 2020. In questa occasione i ricercatori dell'Istituto per la BioEconomia del CNR (IBE-CNR) hanno raccolto le informazioni scientifiche, in particolare rispetto alla distribuzione nello spazio e nel tempo della concentrazione di BVOC, necessarie a caratterizzare la vocazione di specifici ambienti e percorsi forestali rispetto ai potenziali benefici per la salute.

Nel 2021 è iniziata una campagna sperimentale particolarmente estesa e intensa che ha interessato 31 siti in diversi ambienti forestali (dall'alta montagna alla collina e ai parchi urbani fino a una storica pineta costiera) per un totale di 37 sessioni di Terapia Forestale condotte in due anni (2021-2022) da maggio a ottobre, in prevalenza presso Rifugi CAI o lungo sentieri CAI, dalle Alpi all'Appennino settentrionale e centrale. In contemporanea alle sessioni di terapia forestale, è stata caratterizzata la qualità dell'aria con analisi non solo sulla concentrazione totale di composti volatili, ma anche sulla

tipologia e la concentrazione dei singoli composti presenti, sia biogenici (emessi da piante e suolo) che antropogenici (alcuni dei principali inquinanti nocivi alla salute come benzene e toluene).

La qualità e la concentrazione dei VOC sono state determinate campionando l'aria dei siti forestali interessati alla Terapia Forestale con pompe portatili collegate a tubi di acciaio contenenti materiale adsorbente per intrappolare i VOC (Figura 3).

Successivamente i tubi campionati sono stati analizzati in laboratorio con uno strumento analitico sofisticato come il gascromatografo associato allo spettrometro di massa (GC-MS) che permette l'individuazione e la quantificazione dei singoli VOC.

Lo studio ha dimostrato come per la Terapia Forestale sia determinante la composizione della vegetazione ma, indipendentemente dalle specie, sono consigliabili assetti forestali sufficientemente aperti e luminosi.

Per quanto riguarda l'emissione di BVOC, lo studio scientifico ha confermato l'unicità dei singoli percorsi, dovuta proprio alla presenza di specie diverse con profili specifici di emissione (Pacheco et al., 2014; Ciccioli et al., 2023). Infatti, limitandosi ad alcune tra le specie più rappresentative delle foreste italiane, le conifere sempreverdi sono risultate le

maggiori emettitrici di composti dotati delle migliori attività biologiche quali α - e β -pinene e d-limonene (pino nero, pino silvestre, abete rosso, abete bianco, pino marittimo, elencati in ordine decrescente di emissioni di BVOC). Seguono poi le specie sempreverdi diverse dalle conifere (leccio, cisto marino, lentisco, alloro) e le decidue come faggio, castagno, larice, betulla, quercia (Meneguzzo et al., 2022).

I dati ottenuti hanno confermato che andrebbero privilegiati percorsi in foreste miste con significativa presenza di conifere, per esempio sentieri montani immersi in foreste di faggio e abete (Meneguzzo et al., 2022). Per massimizzare gli effetti delle proprietà bioattive dell'aria inoltre è consigliabile frequentare le foreste a scopi terapeutici nel semestre caldo, il primo mattino e il primo pomeriggio, o anche il solo primo pomeriggio nei mesi più freddi. Un risultato recente e molto interessante di questa sperimentazione ha confermato un effetto specifico dei monoterpeni, in particolare dell' α -pinene, sui livelli di ansia dei partecipanti alla Terapia Forestale (Donelli et al., 2022). Questi studi proseguiranno per maggiori approfondimenti; stiamo infatti pianificando la caratterizzazione di altri percorsi sempre in relazione al benessere psico-fisico per poter portare i benefici dell'immersione in natura alla portata di tutti!



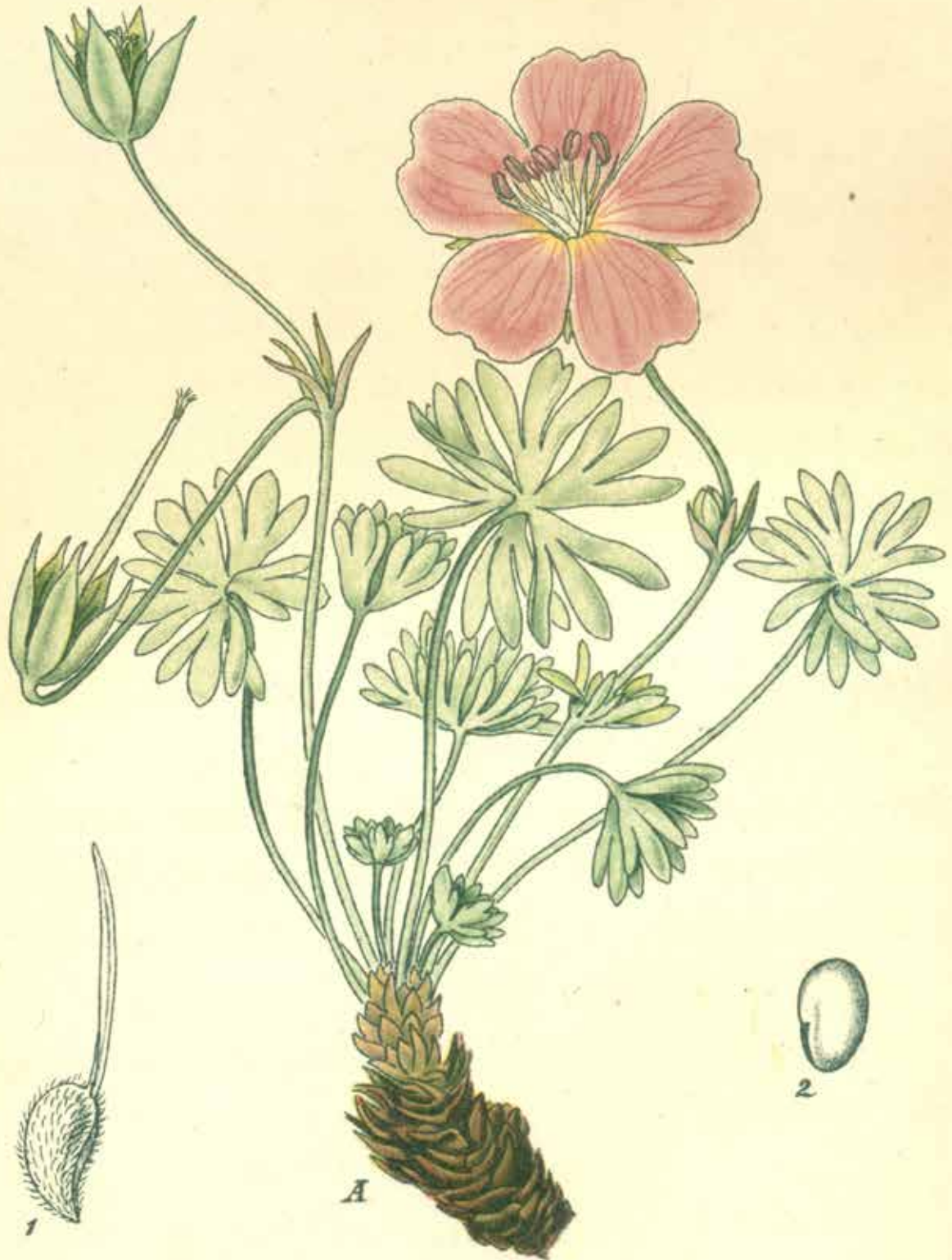
Figura 3 - Strumenti per il campionamento dell'aria dei siti forestali – ph Francesco Meneguzzo



Figura 4 - Allestimento tipico della strumentazione per il campionamento dell'aria forestale – ph Luisa Neri

Bibliografia

- BUCKLEY R., BROUGH P., HAGUE L., CHAUVENET A., FLEMING C., ROCHE E., SOFIJA E., HARRIS N., 2019. *Economic value of protected areas via visitor mental health*. Nature Communications, 10, 5005. CICCIO- LI P., SILIBELLO C., FINARDI S., PEPE N., CICCIO- LI P., RAPPARINI F., NERI L., FARES S., BRILLI F., MIRCEA M., MAGLIULO E., 2023. *The potential impact of biogenic volatile organic compounds (BVOCs) from terrestrial vegetation on a Mediterranean area using two different emission models*. Agricultural and Forest Meteorology, 328, 109255. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.109255>
- DONELLI D., MENEGUZZO F., ANTONELLI M., ARDISSINO D., NICCOLI G., GRONCHI G., BARALDI R., NERI L., ZABINI F., 2022. *Effects of plant-emitted monoterpenes on anxiety: a propensity-matched observational cohort study*. Preprints, 120586. <https://doi.org/10.20944/preprints202212.0586.v1>
- GASPARINI P., DI COSMO L., FLORIS A., DE LAURENTIS D., 2022. *Italian national forest inventory - methods and results of the third survey*. Springer Tracts in Civil Engineering, Springer Cham, ISSN 2366-259X. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-98678-0>
- MENEGUZZO F., ALBANESE L., ANTONELLI M., BARALDI R., BECHERI F.R., CENTRITTO F., DONELLI D., FINELLI F., FIRENZUOLI F., MARGHERITINI G., MAGGINI V., NARDINI S., REGINA M., ZABINI F., NERI L., 2021. *Short-term effects of forest therapy on mood states: a pilot study*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18, 9509. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189509>
- MENEGUZZO F., NARDINI S., REGINA M., 2022. *Terapia Forestale: istruzioni per l'uso*. In, Meneguzzo, F., Zabini F., (Eds.), *Terapia forestale*, volume 1. CNR Edizioni, pp. 77-95
- NERI L., BARALDI R., 2022. *Composti organici volatili: origini, caratteristiche, misure e funzioni*. In, Meneguzzo, F., Zabini F., (Eds.), *Terapia forestale*, volume 2. CNR Edizioni, pp. 43-56
- NIINEMETS Ü., MONSON R.K., 2013. *Biology, controls and models of tree volatile organic compound emissions*. Springer Science & Business Media, ISBN 9789400766068
- PACHECO C.K., FARES S., CICCIO- LI P., 2014. *A highly spatially resolved GIS-based model to assess the isoprenoid emissions from key Italian ecosystems*. Atmospheric Environment, 96, 50-60
- TANG J., SCHURGERS G., RINNAN R., 2019. *Process understanding of soil BVOC fluxes in natural ecosystems: a review*. Reviews of Geophysics, 57(3), 966-986. <https://doi.org/10.1029/2018RG000634>
- WENT F.W., 1960. *Blue hazes in the atmosphere*. Nature, 187, 641-643
- ZABINI F., MENEGUZZO F., ALBANESE L., NOCETTI M., BRUNETTI M., NERI L., BARALDI R., 2022. *Foreste, prevenzione e cura: evidenze scientifiche*. In, Meneguzzo, F., Zabini F., (Eds.), *Terapia forestale*, volume 1. CNR Edizioni, pp. 35-55
- ZHANG R., WANG L., KHALIZOV A.F., ZHAO J., ZHENG J., MCGRAW R.L., MOLINS, L.T., 2009. *Formation of nanoparticles of blue haze enhanced by anthropogenic pollution*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 106(42), 17650-17654. <https://doi.org/10.1073/pnas.0910125106>



240. *Geranium argenteum* L.

Silber-Storchschnabel.

Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico al Monte Cimone - Appennino settentrionale

Report del terzo anno del progetto con focus su *Geranium argenteum*

di Giovanna Barbieri¹⁻²

1 - Club Alpino Italiano - Sezione di Sassuolo

2 - Responsabile dei progetti di monitoraggio botanico in Appennino settentrionale per il CSC

Riassunto:

A ottobre 2022 si è concluso il terzo anno del progetto pluriennale "Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico, al Monte Cimone - Appennino settentrionale". Durante il progetto è stata eseguita l'analisi fenologica delle tre specie individuate nel 2020: *Armeria arenaria* subsp. *marginata*, *Aster alpinus* subsp. *alpinus* e *Geranium argenteum*. Dall'analisi dei dati emerge, per tutte e tre le specie, un anticipo della data fioritura, presentato in dettaglio nel testo, riconducibile certamente all'andamento della temperatura. A dicembre 2022 alcuni esemplari di *Geranium argenteum* provenienti dal Monte Cimone sono stati oggetto di analisi filogenetica.

Abstract:

In October 2022, the third year of the multi-year project "Botanical monitoring of some target species, possible indicators of climate change, at Monte Cimone - Northern Apennines" ended. During the botanical project, phenological analysis of the three species identified in 2020 was performed: *Armeria arenaria* subsp. *marginata*, *Aster alpinus* subsp. *alpinus* and *Geranium argenteum*. From the analysis of the data emerges, for all three species, an advance of the flowering date, presented in detail in the text, certainly attributable to the temperature trend. In December 2022 some specimens of *Geranium argenteum* from Mount Cimone were the subject of phylogenetic analysis.

Le specie oggetto di studio

Il terzo anno di monitoraggio floristico ha riguardato il proseguimento dell'analisi fenologica (analisi della fioritura*) delle tre specie di interesse conservazionistico individuate durante il monitoraggio del 2020, in particolare: *Armeria arenaria* subsp. *marginata*, *Aster alpinus* subsp. *alpinus* e *Geranium argenteum*. Le stazioni ricalcano sostanzialmente il percorso del sentiero CAI 449 (e in parte 477 e 441) denominato il "Sentiero dell'Atmosfera": si tratta di un itinerario didattico-ambientale dedicato alla scoperta dei segreti dell'atmosfera e del clima che cambia attraverso una serie di pannelli

grafici descrittivi curati dal CNR, dal CAMM Centro Aeronautica Militare di Montagna del Monte Cimone e dall'Ente per la biodiversità Emilia Centrale.

Si hanno quindi le seguenti possibilità:

OOO - senza fiori

+OO - con solo fiori in boccia

++O - con fiori in boccia e in antesi

+++ - con fiori in boccia, in antesi e appassiti

O++ - solo fiori in antesi e appassiti

OO+ - solo fiori appassiti



* Lo stadio di fioritura è indicato da tre notazioni consecutive, relative ai tre fenomeni nell'ordine; se il fenomeno è presente viene indicato con +, in caso contrario con O

I dati meteoroclimatici 2022 per la regione Emilia Romagna: un anno da record climatici

L'anno 2022, dal punto di vista meteo-climatico, è stato caratterizzato da ricorrenti periodi molto più caldi e secchi delle attese climatiche, risultando così complessivamente il più caldo e il quinto meno piovoso dal 1961. Il valore della temperatura media annua è stato infatti pari a 14,1°C, più alto di 0,4°C del precedente record del 2014, e superiore di 1,2°C rispetto al valore climatico del trentennio 1991-2020. Le precipitazioni sono state estremamente scarse. In generale l'anno è stato il quinto

meno piovoso dopo il 1988, il 1983, il 2011 e il 2021, ma la successione di due anni consecutivi di estrema siccità rappresenta un record per la serie storica dal 1961. Bisogna infatti risalire al biennio 2006-2007 per trovare condizioni simili, cioè due annate consecutive con precipitazioni inferiori alla soglia dei 700 mm di piovosità; in quella occasione però i totali annuali non erano stati così estremi e le temperature medie annue erano risultate comunque mediamente simili al clima 1991-2020.

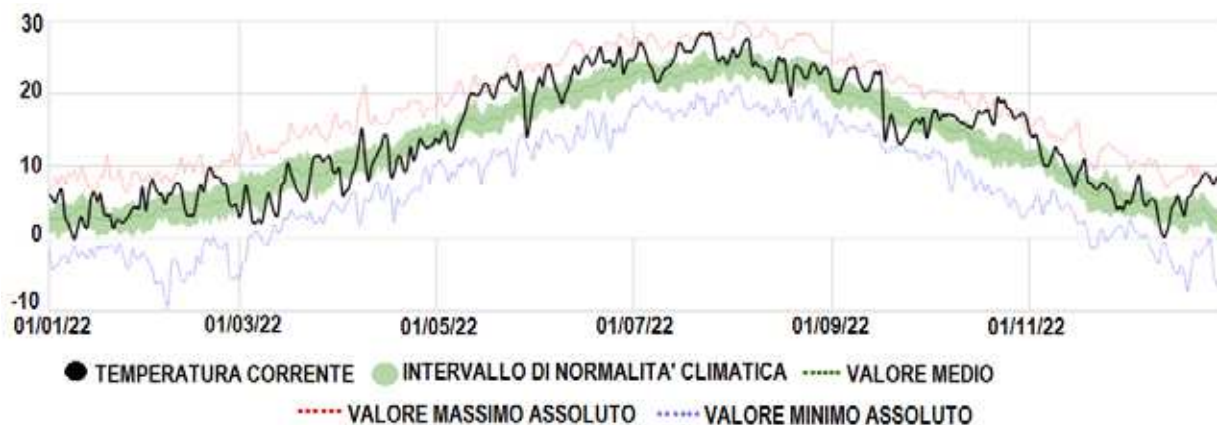


Fig.1 - Temperatura media regionale giornaliera 2022, confrontata con i valori climatici (media, intervallo di variabilità e valori minimi e massimi assoluti) del trentennio 1991-2020

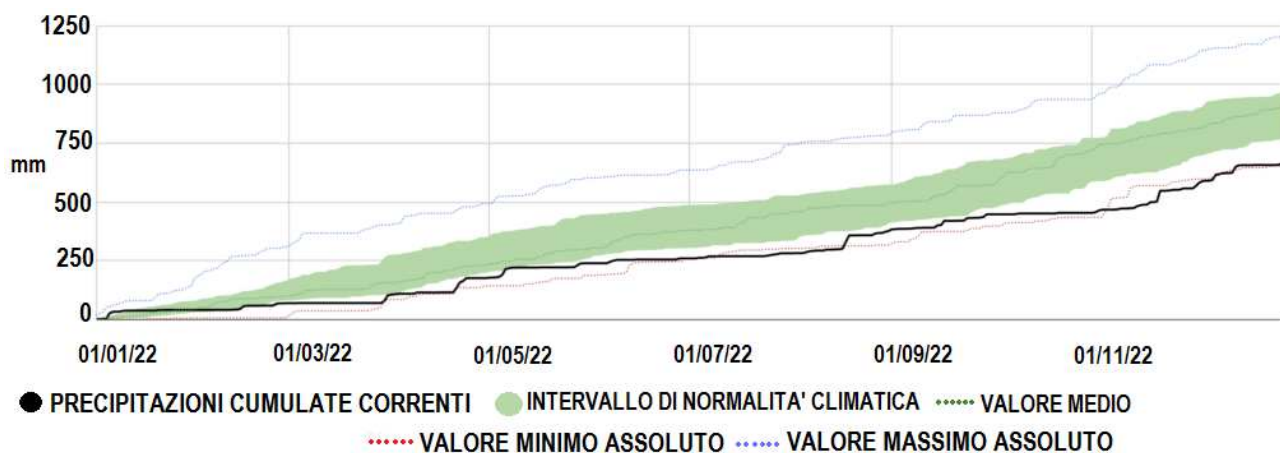


Fig.2 - Precipitazione media regionale cumulata giornaliera dal 01-01-2022 confrontata con i valori climatici (media, intervallo di variabilità e valori minimi e massimi assoluti) del trentennio 1991-2020

Dai grafici sopra riportati si può notare che nel corso dell'anno si è assistito a un netto anticipo dell'estate meteorologica. Nel corso della prima metà di maggio le temperature, che nei due mesi precedenti si erano mantenute su valori confrontabili alla variabilità climatica o addirittura a essa leggermente inferiori, sono aumentate velocemente, attestandosi su valori nettamente superiori alle attese climatiche, a parte pochi brevissimi episodi freddi, e nel corso dei mesi successivi sono stati più volte superati precedenti record termici climatici.

Maggio è risultato il secondo più caldo dopo il 2009, a pari merito con il 2003, giugno il secondo più caldo dopo il 2003, e luglio il secondo più caldo dopo il

2015. In questi mesi le precipitazioni sono state scarse, così che il trimestre da maggio a luglio 2022 è risultato essere il secondo più caldo e secco dal 1961, dopo il 2003. In agosto le condizioni meteo si sono mitigate ma, ciononostante, l'estate meteorologica, cioè il trimestre giugno-agosto, è stata la seconda più calda dal 1961 dopo il 2003 e simile all'estate 2012, con un'anomalia stagionale di temperatura media regionale di +1,8°C rispetto al clima 1991-2020, e di ben +3,4°C rispetto al clima 1961-1990.

Il contributo maggiore a queste anomalie estive è dovuto soprattutto ai valori di temperatura massima, la cui anomalia nel 2022 rispetto al clima 1961-1990 è stata di circa 4,7°C, mentre quella della

temperatura minima è stata pari a 2°C. Al 31 agosto, il numero regionale di giorni caldi (giorni con temperature massime regionali superiori a 30°C), è stato di 53, e già si configura come il secondo valore più alto della serie dopo quello del 2003, mentre il numero di notti tropicali (giorni con temperature minime regionali superiori a 20°C) ha registrato 4 occorrenze e risulta poco elevato, anche per la particolare scarsità di umidità nell'aria, che ha reso più intenso il raffreddamento radiativo notturno e ha causato il verificarsi di frequenti inversioni termiche.

L'autunno è stato all'insegna della variabilità, con l'ottobre meno piovoso dal 1961 (6,2 mm medi regionali rispetto ai 107 mm attesi dal clima recente),

che ha portato un nuovo calo nelle portate medie mensili del Po, risultate confrontabili con i minimi storici anche nei mesi di ottobre e novembre. L'anno si è chiuso con il dicembre più caldo da inizio registrazioni, con una temperatura media regionale mensile di 5,8°C, più alta di 1,9°C rispetto al clima 1991-2020.

Le persistenti alte temperature e le scarse precipitazioni hanno contribuito infine a ottenere per il 2022 anche il record negativo di bilancio idroclimatico annuo dal 1961 e di portata media annua registrata alla sezione di Pontelagoscuro, risultata decisamente inferiore (-60%) alla media del periodo di riferimento (1923-2021) e inferiore (-30%) al precedente minimo storico dell'anno 2007 (Fonte Arpae, 17/01/2023).

I dati meteorologici dell'area del Monte Cimone

1. Le temperature dell'inverno 2021-2022 (inteso per convenzione come trimestre dicembre 2021-febbraio 2022)

La tabella dei dati osservativi relativi all'inverno 2021-2022 (tabella 1) mostra, dal punto di vista della temperatura media, un valore di -1,0°C, significativamente superiore (+2,7°C) rispetto alla media storica, calcolata sul periodo 46-47/19-20, che è pari a -3,7°C; rispetto alla serie storica risulta inoltre particolarmente alto il valore della temperatura media di tutti e tre i mesi. Più in generale i dati mostrano come tutto l'inverno 2021-2022 sia risultato essere piuttosto "mite" rispetto alla media storica: +3,1°C per la media delle temperature massime (T max <m>) e +3,7°C per la media delle temperature minime (T min <m>). Da segnalare che il 1° gennaio è stato registrato un record storico di caldo sulla vetta del Monte Cimone: +11,8°C.

Periodo	T <m>	Dic <m>	Gen <m>	Feb <m>	T max	T max <m>	T min	T min <m>
2017-2018	-3,0	-2,7	-0,7	-5,7	7,0	-0,8	-20,0	-5,1
2018-2019	-2,3	-1,2	-5,4	-0,4	8,2	-0,5	-11,4	-4,4
2019-2020	-0,2	-0,8	-0,4	0,6	15,2	2,5	-9,8	-2,7
2020-2021	-1,1	-0,5	-2,9	0,2	10,4	1,3	-16,9	-3,5
2021-2022	-1,0	-0,1	-1,5	-1,3	11,8	1,6	-12,2	-2,1
serie storica 46-47/19-20	-3,7	-2,9	-4,1	-4,3	15,2	-1,5	-22,2	-5,8
Differenze	2,7	2,8	2,6	3,0		3,1		3,7

Tabella 1 – Alcuni dati climatici relativi al Monte Cimone (cortesia CAMM Centro Aeronautica Militare di Montagna)

2. La temperatura del mese di maggio 2022

Come rilevato da Arpae a livello regionale, anche per il Monte Cimone si è registrato un netto anticipo dell'estate meteorologica: verso la fine del mese di maggio si è assistito a un rapido aumento delle temperature, che si sono assestate su valori nettamente superiori alle medie del periodo; ciò ha causato un repentino scioglimento degli ultimi accumuli nevosi.

Tabella 2 (a destra) – La temperatura del mese di maggio 2022 al Monte Cimone (cortesia CAMM Centro Aeronautica Militare di Montagna)

Giorno	T° Media	T° MAX	T° MIN
1	00,5	01,9	-00,5
2	00,3	01,8	-00,9
3	01,9	07,8	-00,1
4	03,7	05,4	02,5
5	02,0	03,1	00,1
6	01,8	02,8	00,9
7	01,4	02,4	00,4
8	02,1	03,4	00,8
9	03,0	04,1	02,1
10	05,2	09,2	02,1
11	07,5	10,3	05,1
12	08,5	11,9	06,3
13	10,1	14,2	06,4
14	09,5	11,5	07,7
15	09,2	10,8	07,4
16	10,7	14,4	08,1
17	11,0	14,2	08,8
18	10,0	11,5	06,7
19	09,8	12,9	06,3
20	11,9	15,1	09,5
21	13,8	17,4	10,7
22	15,7	18,8	13,9
23	14,3	17,0	10,0
24	10,4	11,9	08,3
25	10,6	14,4	08,2
26	11,8	14,9	09,7
27	14,0	17,8	11,7
28	12,5	16,4	07,4
29	09,1	10,8	06,2
30	08,4	10,2	06,9
31	09,9	13,3	07,1
	8,1	18,8	-0,9
		10,7	5,8



Fig. 3 e 4 – Valletta nivale lungo il sentiero CAI 449 il 29 maggio 2022 (da notare lo spessore nevoso, di oltre 50 centimetri)



Fig.5 – La stessa valletta nivale 5 giorni dopo, il 4 giugno 2022

3. Le temperature dell'estate 2022 (inteso per convenzione come trimestre giugno-luglio-agosto)

La tabella dei dati osservativi relativi all'estate 2022 (tabella 3) mostra, dal punto di vista della temperatura media, un valore di 13.7°C, significativamente superiore (+3.6°C) rispetto alla media storica, calcolata sul periodo 46-47/19-20, che è pari a 10.1°C; rispetto alla serie storica risulta inoltre particolarmente alto il valore della temperatura media del mese di giugno e luglio, che registra rispettivamente +4.9 e +4.4°C mentre la temperatura massima estiva, 21.8°C, è stata raggiunta il giorno 23 luglio (giorno più caldo del 2022 in tutta la Regione ER).

Più in generale i dati mostrano come tutto il trimestre sia risultato essere più caldo rispetto alla media storica: +3.9°C per la media delle temperature massime (T max <m>) e +3.5°C per la media delle temperature minime (T min <m>).

Da segnalare inoltre come dal 1998 le temperature medie estive non siano più scese al di sotto dei 10.0°C, mettendo in risalto il costante aumento della temperatura dell'aria di circa 2°C negli ultimi 10 anni.

Periodo	T <m>	Giu <m>	Lug <m>	Ago <m>	T max	T max <m>	T min	T min <m>
2017	13,7	12,7	13,5	15,0	24,0	16,6	5,4	11,3
2018	12,1	10,0	13,8	12,5	19,4	14,4	3,0	9,8
2019	13,7	13,0	13,9	14,2	21,6	16,3	3,0	10,9
2020	11,7	8,6	13,2	13,3	23,6	15,7	2,8	7,7
2021	12,3	11,5	12,7	12,6	21,9	15,1	2,7	10,0
2022	13,7	13,2	15,5	12,5	21,8	16,6	4,1	11,2
serie storica 1946/2020	10,1	8,3	11,1	11,0	23,4	12,7	-4,6	7,7
Δ	3,6	4,9	4,4	1,5		3,9		3,5

Tabella 3 – Alcuni dati climatici relativi a Monte Cimone (cortesia CAMM Centro Aeronautica Militare di Montagna)

4. Le temperature estive dell'area del Monte Cimone nei tre anni di monitoraggio

La tabella dei dati osservativi relativi all'estate 2020, 2021 e 2022 (tabella 4) mostra un aumento progressivo della temperatura media: 11.7°C, 12.3°C e 13.7°C.

L'aumento netto complessivo è risultato essere di 2°C in due anni.

	Serie Storica 1946-2020	2020		2021		2022	
		°C	Δ	°C	Δ	°C	Δ
T <m>	10,1	11,7	1,6	12,3	2,2	13,7	3,6
Giugno <m>	8,3	8,6	0,3	11,5	3,2	13,2	4,9
Luglio <m>	11,1	13,2	2,1	12,7	1,6	15,5	4,4
Agosto <m>	11,0	13,3	2,3	12,6	1,6	12,5	1,5
T max	24,4	23,6		21,9		21,8	
T max <m>	12,7	15,7	3,0	15,1	2,4	16,6	3,9
T min	-4,6	2,8		2,7		4,1	
T min <m>	7,7	7,7	0,0	10,0	2,3	11,2	3,5

Tabella 4 – Dati climatici delle estati 2020-2021-2022 relativi a Monte Cimone (cortesia CAMM Centro Aeronautica Militare di Montagna)

La risposta biologica delle specie oggetto di indagine all'aumento della temperatura

Le elevate temperature medie sia del mese di maggio (8.1°C) che del mese di giugno (13.2°C), nettamente superiori alle attese climatiche, hanno portato a un anticipo di fioritura (fase fenologica ++o) di tutte e tre le specie oggetto del monitoraggio.

Il confronto è stato fatto con i dati relativi alla campagna del 2020, in quanto la stagione vegetativa del 2021 è risultata essere stata troppo influenzata dalle abbondanti precipitazioni nevose dell'inverno 2020-2021 (la persistenza della copertura nevosa al suolo si è protratta fino a giugno 2021).

Le specie maggiormente influenzate dal rialzo della temperatura sono risultate essere quelle più "precoci", ossia *Armeria arenaria* subsp. *marginata* e *Geranium argenteum*; *Aster alpinus* subsp. *alpinus*, caratterizzato da un ciclo vegetativo più "tardivo", in estate inoltrata, nel 2022 ha mostrato differenze minori nella fioritura rispetto al 2020.

Le 16 stazioni di *Armeria arenaria* subsp. *marginata* hanno manifestato un anticipo di fioritura variabile tra una settimana e un mese (fig. 6), in particolare:

- A01, A02, A03, A04, A07, A14 – 10 giorni
- A06 – 20 giorni
- A09 – 25 giorni
- A11, A12 – 7 giorni
- A13 – 1 mese
- per A05, A08, A16 non è stato possibile rilevare i dati per la scomparsa degli steli fiorali
- A10 non è mai fiorita nel corso del 2022
- A15 non è germinata

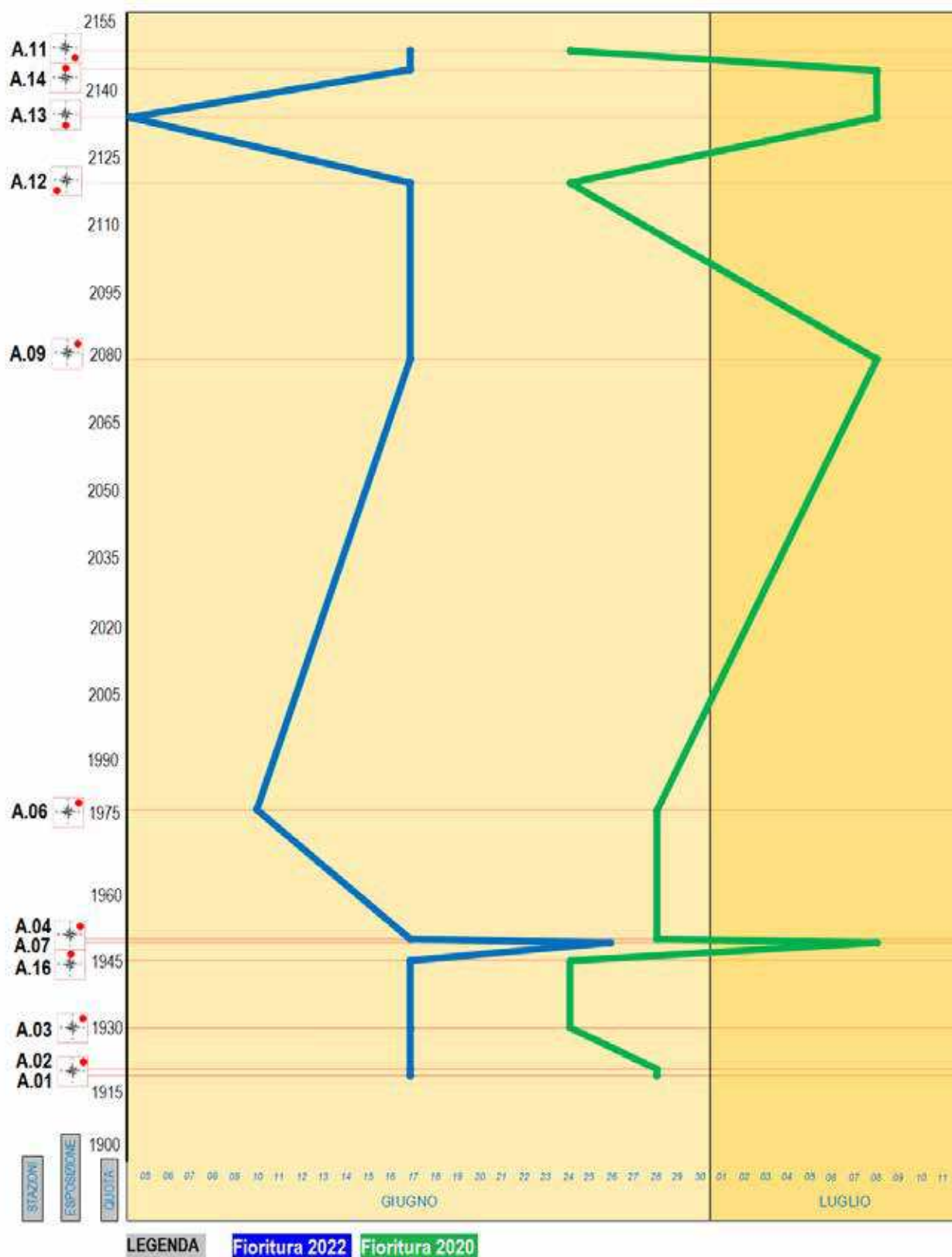


Fig.6 – Grafico della fioritura di *Armeria arenaria subsp. marginata*: in blu il dato 2022, in verde il dato 2020

Le 5 stazioni di *Geranium argenteum* hanno manifestato un anticipo di fioritura variabile tra 10 e 15 giorni (fig.7), in particolare:

- G01, G02, G05 – 15 giorni
- G03, G04 – 10 giorni

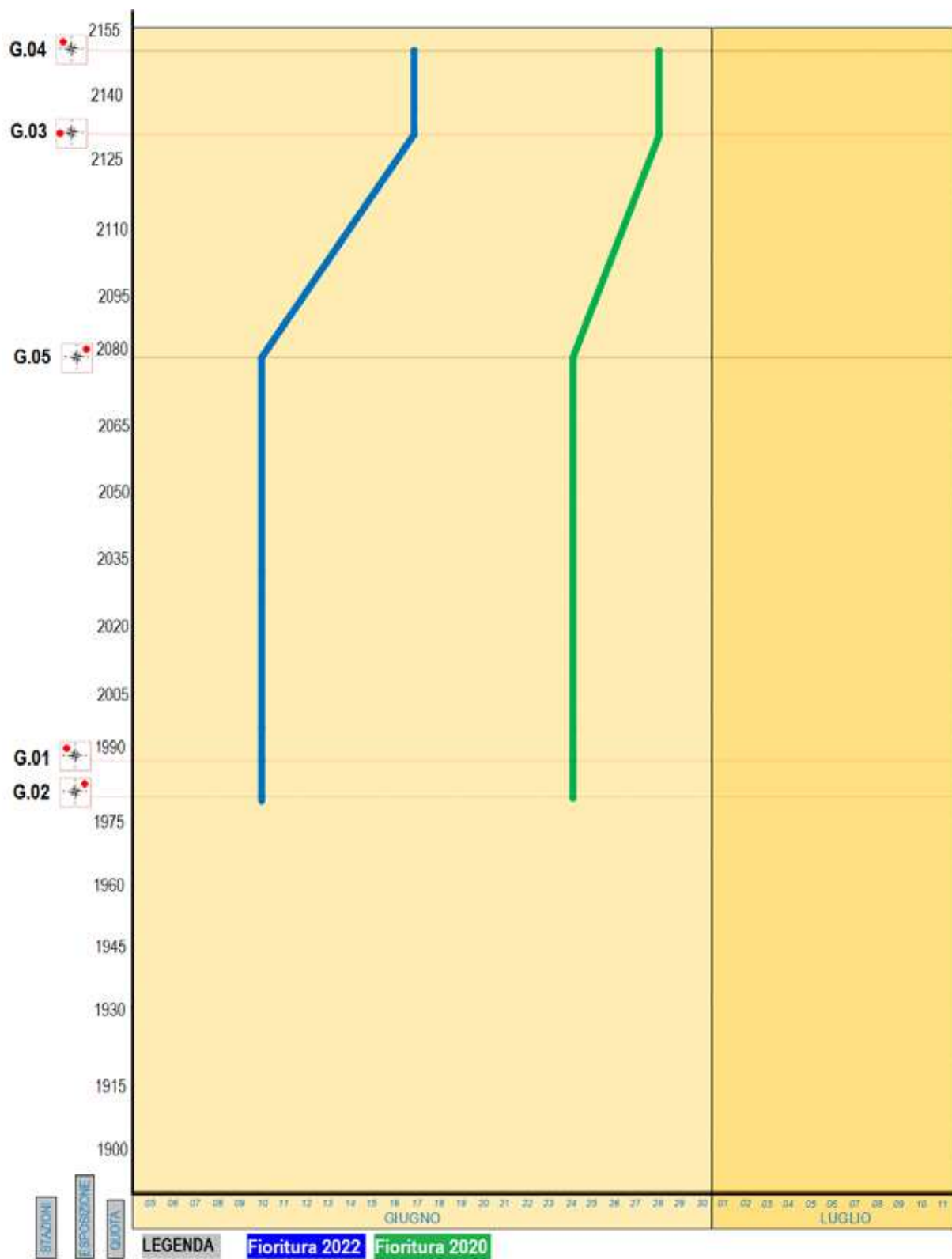


Fig.7 – Grafico della fioritura di *Geranium argenteum*: in blu il dato 2022, in verde il dato 2020

Le 10 stazioni di *Aster alpinus* subsp. *alpinus* hanno manifestato un anticipo di fioritura variabile tra 5 e 10 giorni (fig.8), in particolare:

- As01, As02, As05, As07, As08 – 10 giorni
- As03, As04, As06, As09 – 5 giorni

- As10 non è stato possibile rilevare i dati a causa della scomparsa degli steli floreali

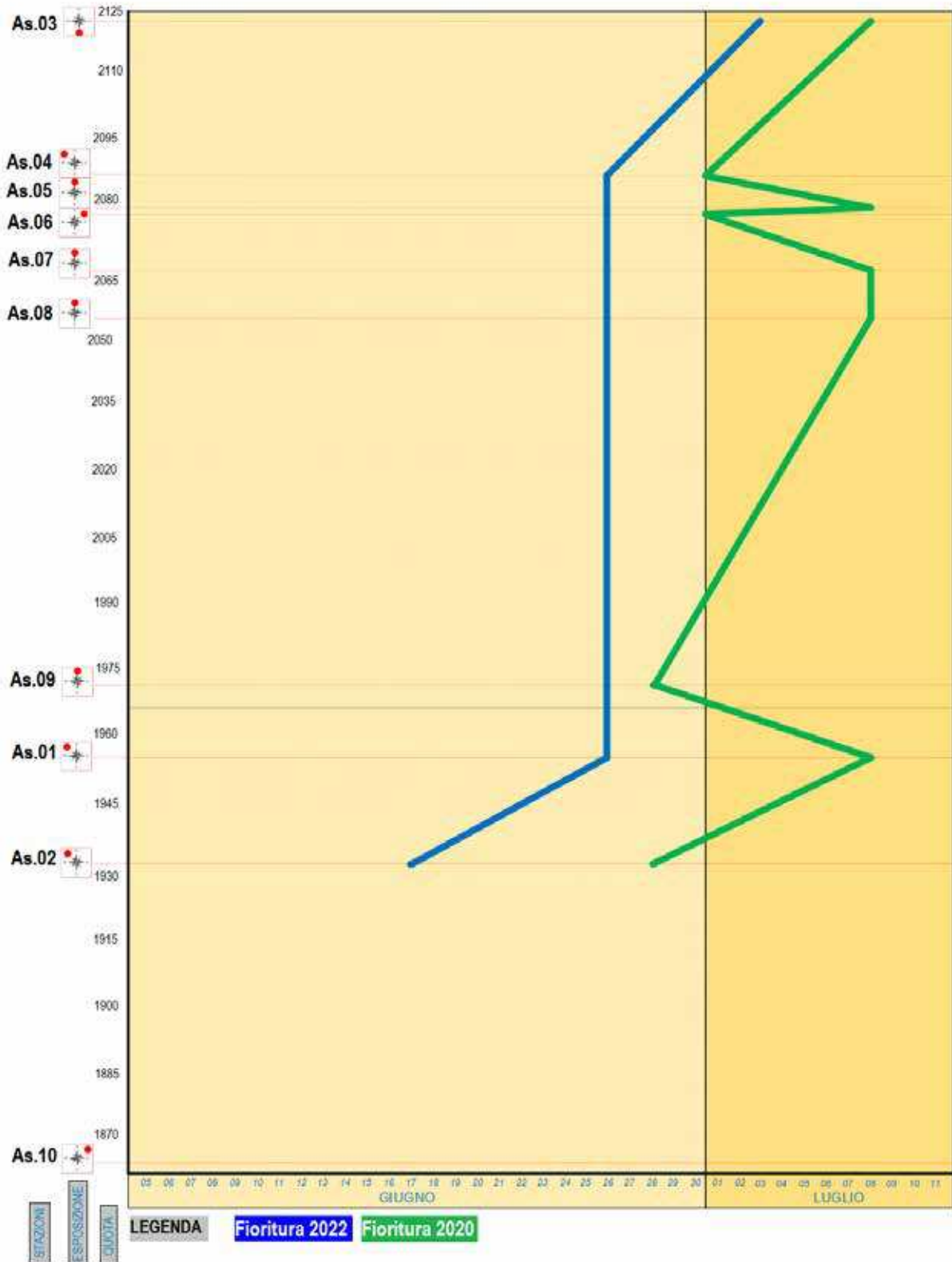


Fig.8 – Grafico della fioritura di *Aster alpinus* subsp. *alpinus*: in blu il dato 2022, in verde il dato 2020

Conclusioni sul monitoraggio floristico

Le temperature tardo primaverili superiori alla media, come effetto del cambiamento climatico in atto, hanno portato le tre specie oggetto dell'indagine a un generalizzato anticipo della fioritura; esse si sono dunque rivelate importanti biosensori delle condizioni climatico-ambientali.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Ten.Col. Daniele Biron e il Ten. Stefano Amendola per i dati meteorologici relativi al Monte Cimone e il loro supporto in tutte le fasi del monitoraggio botanico.

Focus su *Geranium argenteum* L.



Fig.8/1 – Fioritura di *Geranium argenteum* - Monte Cimone – ph Giovanna Barbieri

Viene proposto un focus su *Geranium argenteum*, specie che nell'Appennino settentrionale riveste un significato relittuale particolarmente importante dal punto di vista conservazionistico.

Classificazione

- Nome scientifico: *Geranium argenteum* L.
- Famiglia: Geraniaceae
- Il genere *Geranium* conta oltre 400 specie diffuse soprattutto nelle regioni temperate di tutto il mondo.
- Nome comune: geranio argentato

Forma biologica

Emicriptofita rosulata (Pianta perennante con gemme svernanti al livello del suolo, protette dalla lettiera o dalla neve e con le foglie disposte a formare una rosetta basale)

Corotipo

Subendemico alpico-appenninico (con sconfinamenti in Slovenia e Delfinato)

Distribuzione in Italia

Estremamente raro e localizzato dalle Alpi Giulie alle

Prealpi bergamasche; presente in pochissime stazioni, fortemente disgiunte, sull'Appennino settentrionale e le Alpi Apuane (indicata come «assai rara» già da Arcangeli nel "Compendio della flora italiana" del 1882). L'attuale distribuzione di *Geranium argenteum* ne indica una probabile origine molto antica, sicuramente preglaciale: esso infatti presenta un areale alpino marcatamente discontinuo, con popolamenti isolati distribuiti sul margine della zona coperta dalla massima estensione dei ghiacciai quaternari, territori che hanno rappresentato delle aree rifugio. Anche la distribuzione appenninica, limitata ad alcune delle vette più alte, che certamente emergevano dai ghiacciai quaternari, ha un significato relittuale quale territorio-rifugio.

Geranium argenteum può dunque essere considerato il rappresentante di una flora che popolava le Alpi e l'Appennino settentrionale anteriormente alle glaciazioni quaternarie (con probabile areale continuo) e l'odierna discontinuità della distribuzione geografica rappresenta una diretta conseguenza del periodo glaciale che ha frammentato l'areale originario della specie.

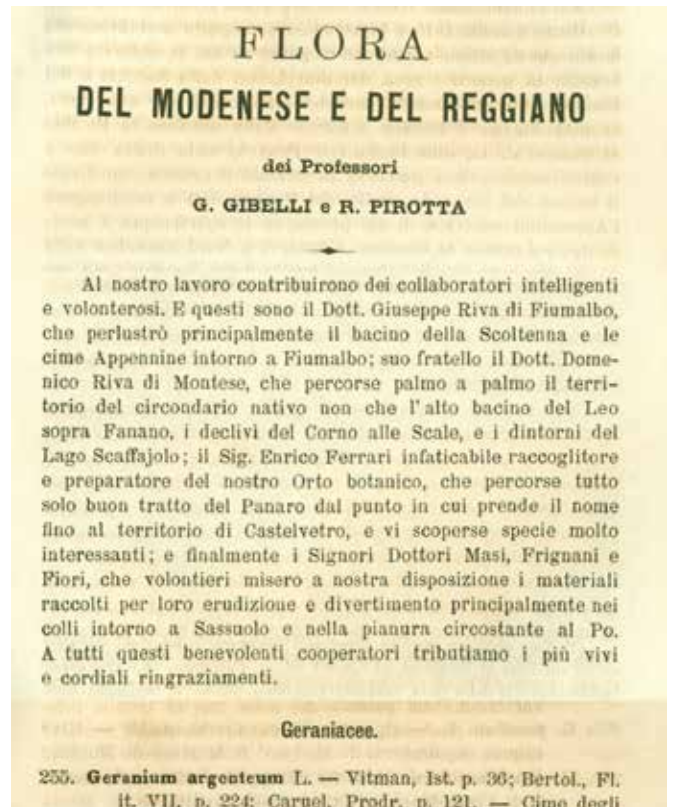


Fig. 9-10-10/1 - (sopra) Fogli di erbario relativi a *Geranium argenteum*

Fig. 11 - (a destra) Ringraziamento ai fratelli Riva per il loro contributo alle ricerche botaniche per la stesura della flora del modenese e del reggiano da parte degli autori

Raccolte d'erbario

Fogli d'erbario relativi a *Geranium argenteum* provenienti dal Monte Cimone sono presenti, oltre che all'Orto Botanico dell'Università di Modena e Reggio Emilia (Figg. 9 e 10), anche all'Orto Botanico di Napoli (sezione di Biologia Vegetale), nelle collezioni Mattei e Riva, erborizzatori modenesi di fine Ottocento.

I fratelli Riva (Domenico e Giuseppe, nati nel modenese) collaborarono infatti alla stesura della flora del modenese e del reggiano di Giuseppe Gibelli e Romualdo Pirota e raccolsero esemplari di *Geranium argenteum* al Monte Cimone (fig. 11).

Descrizione morfo anatomica

Specie dotata di un lungo e robusto rizoma sotterraneo legnoso e fusto molto ridotto. Scapi fiorali afilli alti 8-15 cm. Foglie grandi 2-4 cm portate da un lungo picciolo, disposte in rosetta basale, profondamente divise in lacinie lineari, colorazione argenteo-sericea. Fiori vistosi (fino a 4 cm di diametro) costituiti da 5 petali di colore rosa più o meno intenso, percorsi da venature più scure. Il frutto è un achenio che si avvolge a spirale a maturità. Fioritura VII-VIII.



Fig. 12 – Fioritura di *Geranium argenteum*



Fig. 13 – Foglie di *Geranium argenteum*



Fig. 14 – Rizoma di *Geranium argenteum*



Fig. 15 – Disegno di *Geranium argenteum*



Fig. 16 – Disegno di *Geranium argenteum*

Ecologia

Cresce su suoli ghiaiosi, ricchi in scheletro calcareo e su rupi di vetta, nella fascia extrasilvatica, dai 1700 ai 2200 metri di quota (fig. 17).

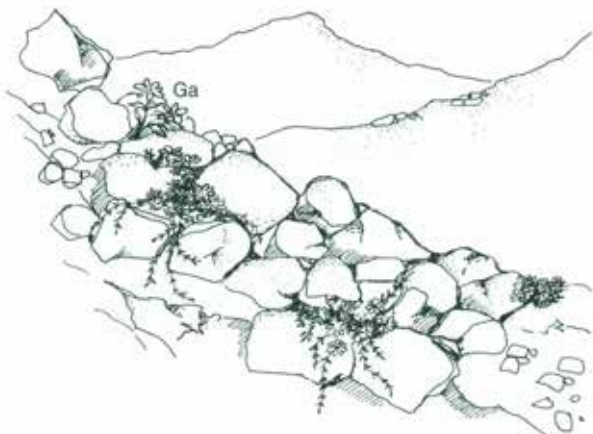


Fig. 17 – Habitat di *Geranium argenteum* (indicato con Ga)

Indici ecologici di Landolt*: F3 R2 N2 H2 D2 S- L5 T1 K3

- F3: specie dei suoli con umidità media – evita per lo più suoli molto aridi o molto umidi.
- R5: specie quasi esclusiva dei suoli ricchi in basi (ph > 6.5) – evita suoli acidi – indicatrice fedele di suoli nettamente alcalini (generalmente calcarei).
- N2: specie a diffusione prevalentemente su suoli poveri – evita in genere suoli ricchi o molto ricchi in cui è incapace di competere – indicatrice di suoli magri.
- H2: specie dei suoli a strato di humus minimo – indica suoli ricchi in sali minerali.
- D2: specie diffusa principalmente su praterie sassose, pietraie, ghiaioni, ecc.. (il diametro della maggior parte delle particelle nella rizosfera è > 2 mm).
- S-: specie non in grado di vivere su suoli salati.
- L5: specie che vive solo in condizioni di piena luce – indicatrice fedele di luce.
- T1: specie distribuita principalmente nella fascia alpica – specie tipica delle regioni alpine e artiche; a latitudini più basse (Ndr rispetto alle latitudini artiche) indica microclimi freddi.
- K3: specie distribuita principalmente ai margini delle regioni molto continentali – indica escursioni termiche annuali e giornaliere medie e umidità atmosferica media.

Categoria IUCN per l'Italia

NE = Non valutata

Strategia/azioni di conservazione e normativa

Emilia Romagna - Presente nell'elenco della flora spontanea protetta ER - Legge regionale n. 2 del 24-01-1977 "Provvedimenti per la salvaguardia della flora regionale - istituzione di un fondo regionale per la conservazione della natura - disciplina della raccolta dei prodotti del sottobosco" (fig. 18).

Toscana - Presente nella Legge regionale n. 56 del 06-04-2000 "Norme per la conservazione e la tutela degli habitat naturali e seminaturali, della flora e della fauna selvatiche - modifiche alla legge regionale 23 gennaio 1998". Presente nell'allegato C (specie vegetali protette).

Friuli Venezia Giulia - Indicata come specie di interesse regionale.

Veneto - Presente nella lista rossa regionale con categoria ICUN: VU (distinto in VU per la provincia di Verona e EN per Belluno).

Presenza di *Geranium argenteum* in Emilia Romagna

Specie rarissima in Regione, limitata a poche stazioni dell'alto Appennino, dal Reggiano al Bolognese.

Indice di rarità[^]: 99,3 - specie estremamente rara (presente in 5 quadranti, fig.19). A tal proposito occorre segnalare che questo dato sarà probabilmente da rivedere vista la scomparsa della specie in alcune delle stazioni storicamente segnalate in bibliografia, quali il Monte Giovo e il Libro Aperto nel Modenese.

GERANIACEAE
GERANIUM ARGENTEUM L.

1912

VAL D'AOSTA	EMILIA - ROMAGNA	CAMPANIA
PIEMONTE	BO PC	AV NA
AL NO	FE PR	BN SA
AT TG	FO RA	CE
CN VC	MO RE	BASILICATA
LIGURIA	TOSCANA	MT PZ
GE SP	AR MS	CALABRIA
IM SV	FI PI	CS RC
LOMBARDIA	GR PT	CZ
BG MB	LI SI	PUGLIA
BS PV	LU	BA LE
CO SO	UMBRIA	BR TA
CR VA	PG TR	FG
MN	MARCHE	SICILIA
TRENTINO ALTO ADIGE	AN MC	AG RA
BZ TN	AP PS	CL FG
VENETO	LAZIO	CT SR
BL VE	FR RM	EN TP
PD VI	LA VT	ME
RO VR	RI	SARDEGNA
TV	ABRUZZI	CA OR
FRULI - VENEZIA GIULIA	AG PE	NU SS
GO TS	CH TE	RD, 26-5-1932
PN UD	MOLISE	
	CB IS	

PRESENZA PROTEZIONE ASSOLUTA SPECIALE LIMITATA

Fig. 18 – Scheda relativa a *Geranium argenteum* nel "Repertorio delle specie della flora italiana sottoposte a vincolo di protezione nella legislazione nazionale e regionale"

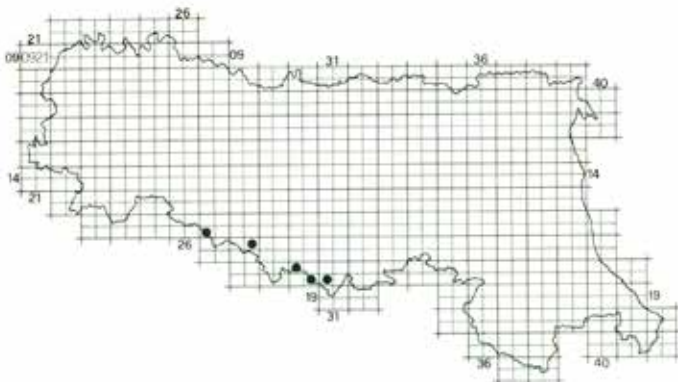


Fig. 19 – Carta della distribuzione di *Geranium argenteum* in Emilia Romagna per il calcolo dell'indice di rarità

Geranium argenteum al Monte Cimone

La prima segnalazione in Appennino di *Geranium argenteum* si deve ad Antonio Bertoloni (nel volume 7 della sua Flora Italica, 1847) con riferimento al Corno alle Scale (BO) e al Monte Cimone (MO). Il Monte Cimone, insieme ad altri rilievi dell'Appennino settentrionale, è stato, nel Quaternario, un importante centro di glaciazione extra-alpina ed è stato coinvolto, insieme alla catena alpina,

nelle vicende glaciali che hanno interessato i rilievi sudeuropei ma anche le pianure centro europee. Studi palinologici hanno dimostrato che, durante le fasi fredde quaternarie, tra questi settori sono avvenuti contatti floristico-vegetazionali e che si sono aperte numerose "vie di comunicazione": in particolare la dorsale appenninica ha costituito, in tempi glaciali, una "via fredda" lungo la quale la vegetazione ha avuto la possibilità di migrare trovando adatte condizioni ecologiche. La flora del Monte Cimone acquista dunque un importante significato conservazionistico, alla luce delle vicende climatiche che seguirono il ritiro dei ghiacciai, quando il miglioramento progressivo del clima ha relegato le specie microterme alle quote più alte.

Al Monte Cimone *Geranium argenteum* è presente in 5 stazioni (fig.20):

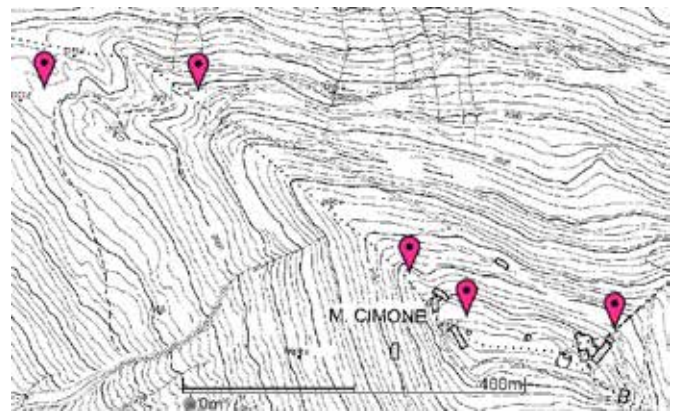


Fig. 20 – Stazioni di *Geranium argenteum* al Monte Cimone

- G1:** quota 1990m, esposizione N. Gli esemplari formano un tappeto quasi continuo, intervallato dalla presenza del sentiero CAI 477, non troppo compatto costituito da diverse decine di esemplari.
- G2:** quota 1980m, esposizione NE. Gli esemplari formano un tappeto continuo e compatto costituito da diverse decine di esemplari.
- G3:** quota 2130 m, esposizione O. È la colonia più importante, formata da diverse centinaia di esemplari, che crescono ravvicinati formando un tappeto compatto. La buona conservazione è legata, probabilmente, alla posizione della colonia stessa, posta lungo un tratto di sentiero particolarmente ripido e in molti tratti pericoloso e dunque minimamente frequentato dagli escursionisti.
- G4:** quota 2150 m, esposizione NO. È una colonia formata da pochi esemplari ma rappresenta probabilmente una propaggine della stazione 3.
- G5:** quota 2080 m, esposizione NE. Gli esemplari formano un tappeto quasi continuo non troppo compatto, intervallato dalla presenza del sentiero CAI 441, e costituito da diverse decine di esemplari.

Nonostante la presenza di popolamenti numerosi, *Geranium argenteum* resta comunque molto localizzato nelle stazioni già occupate e manifesta una scarsa capacità di espansione dei popolamenti stessi in altri settori del Monte Cimone per quanto possano avere condizioni di vita a esso favorevoli. Chiarugi indica una possibile spiegazione in proposito: «si ha la netta impressione che questa vecchia pianta terziaria mostri segni di esaurimento in confronto alla vigoria di un lontano passato, durante il quale era maggiormente diffusa».

Categoria IUCN per l'Emilia Romagna: EN/B1

Specie in pericolo con distribuzione in declino.

Rientra nell'elenco delle specie vegetali target di interesse conservazionistico:

<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/habitat-e-specie-di-interesse-europeo/flora>

Fattori di minaccia

La specie non risulta soggetta a particolari cause di minaccia vista la difficile accessibilità dei luoghi di crescita. Occorre tuttavia valutare l'impatto della frequentazione escursionistica (per le stazioni localizzate in vicinanza dei sentieri escursionistici) in relazione a:

- possibile calpestio per percorrenze fuori traccia;
- fenomeni di erosione legati alla frequentazione escursionistica eccessiva;
- raccolta dei fiori.

Considerazioni tassonomiche

Studi riportati in bibliografia hanno evidenziato alcune differenze morfo-anatomiche tra le piante che vegetano, ad esempio, alla Pania della Croce (Alpi Apuane) e quelle appenniniche. Le differenze riguardano alcuni caratteri floreali (larghezza e lunghezza dei petali e profondità della fessura dei

lobi) e fogliari (diametro, numero dei segmenti del secondo ordine, lunghezza del picciolo, lunghezza dei segmenti del primo ordine); anche la colorazione dei fiori sembra mostrare qualche differenza. Queste differenze sono risultate essere statisticamente significative e derivano probabilmente dall'isolamento geografico, che potrebbe aver portato alla formazione di ecotipi locali e, a lungo andare, potrebbe portare alla formazione di specie distinte. Questi risultati suggeriscono di indagare, in futuro, l'esistenza sia di differenze morfo-anatomiche che genetiche con le popolazioni delle Alpi, anch'esse in situazione di isolamento geografico (e quindi genetico).

Altri studi, anch'essi riportati in bibliografia, indicano che *Geranium argenteum* appartiene a un complesso di specie orofile distribuite sulle montagne dell'Europa meridionale e del Nord Africa, che tendono a segregare specie locali. A. Chiarugi, in un rendiconto della Società Botanica Italiana del 1937, descrive la specie con queste parole: «è una antica piante terziaria alpino-mediterranea appartenente alla sezione *Subacaulia*, costituita da specie orofile proprie delle alte montagne del bacino del Mediterraneo»:

- *Geranium argenteum* L., nelle Alpi e nell'Appennino
- *Geranium cinereum* Cav. var. *typicum* R. Knuth, nei Pirenei e nell'Appennino centrale e meridionale
- *Geranium cinereum* Cav. var. *subcaulescens* R. Knuth, nella Penisola Balcanica, Asia Minore, Libano, Armenia e Caucaso
- *Geranium subargenteum* Lange, nella Catena Cantabrica
- *Geranium nanum* Coss., nel Marocco

La classificazione tassonomica attuale risulta così modificata:

Nomeclatura (secondo Chiarugi)	Areale	Nomeclatura attuale	Note
<i>Geranium argenteum</i> L.	Alpi Appennino settentrionale	<i>Geranium argenteum</i> L.	Nomeclatura invariata
<i>Geranium cinereum</i> Cav. var. <i>typicum</i> R. Knuth	Pirenei	<i>Geranium cinereum</i> Cav.	A differenza di quanto scritto da Chiarugi non presente nell'Appennino centrale e meridionale
<i>Geranium cinereum</i> Cav. var. <i>typicum</i> R. Knuth	Appennino centrale Appennino meridionale	<i>Geranium austroappeninum</i> Aedo	Corrisponde a <i>Geranium cinereum</i> Cav. var. <i>typicum</i> R. Knuth che Chiarugi ascrive all'Appennino centrale e meridionale
<i>Geranium cinereum</i> Cav. var. <i>subcaulescens</i> R. Knuth	Penisola Balcanica, Turchia, Grecia, Libano e Siria	<i>Geranium subcaulescens</i> DC.	Nuova nomeclatura
<i>Geranium subargenteum</i> Lange	Endemico Monti Cantabrici (Spagna)	<i>Geranium subargenteum</i> Lange	Nomeclatura invariata
<i>Geranium nanum</i> Coss.	Atlante marocchino	<i>Geranium nanum</i> Coss.	Nomeclatura invariata

Tabella 5 – Classificazione tassonomica (modifiche)

Analisi filogenetica

A novembre 2022 sono state realizzate, dall'Istituto di Bioscienze e Biorisorse IBBR del CNR, indagini filogenetiche di campioni di *Geranium argenteum* delle stazioni G1, G2, G3 e G5.

Dai campioni è stato estratto il DNA utilizzando il kit *NucleoSpin Plant II (Macherey Nagel)* e ciascun DNA è stato analizzato quantitativamente e qualitativamente con lo spettrofotometro *NanoDrop 1000 (ThermoFisher)*, superando gli standard minimi richiesti per le successive analisi.

Per l'analisi filogenetica è stata presa in esame una delle regioni del genoma cloroplastico più comunemente utilizzate negli studi di filogenesi: lo spaziatore intergenico *trnF-trnL*. Questa regione del genoma cloroplastico è stata amplificata grazie all'impiego di *primers* specifici tramite tecnica PCR (*Polymerase Chain Reaction*) nel DNA.

La sequenza *trnF-trnL* di *Geranium argenteum* è stata registrata nella banca dati GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>), nella quale vengono depositate tutte le sequenze di DNA che possono essere rese pubbliche. Dalla banca dati NCBI (*National Center for Biotechnology Information*) sono state scaricate le sequenze disponibili *trnF-trnL* per il genere *Geranium* (34 sequenze in totale) e per gli *outgroups* *Pelargonium alternans*, *Pelargonium grandiflorum*, *Erodium carvifolium* ed *Erodium texanum* (4 sequenze in totale).

Tutte le sequenze sono state allineate con il programma MAFFT (<https://mafft.cbrc.jp/alignment/server/>) e successivamente rielaborate con il programma GBLOCKS (http://phylogeny.lirmm.fr/phylo.cgi/one_task.cgi?task_type=gblocks) in modo da avere tutte la stessa lunghezza.

L'analisi filogenetica è stata condotta con il metodo *neighbor-joining (NJ)* utilizzando il software MEGA 11. Dall'analisi condotta con la sola sequenza *trnF-trnL* *Geranium argenteum* sembra collocarsi nel cluster (insieme a *Geranium nanum*) con *Geranium austroappenninum*, geranio dell'Appennino meridionale, segnalato da Aedo per l'Appennino centro-meridionale (fig. 21).

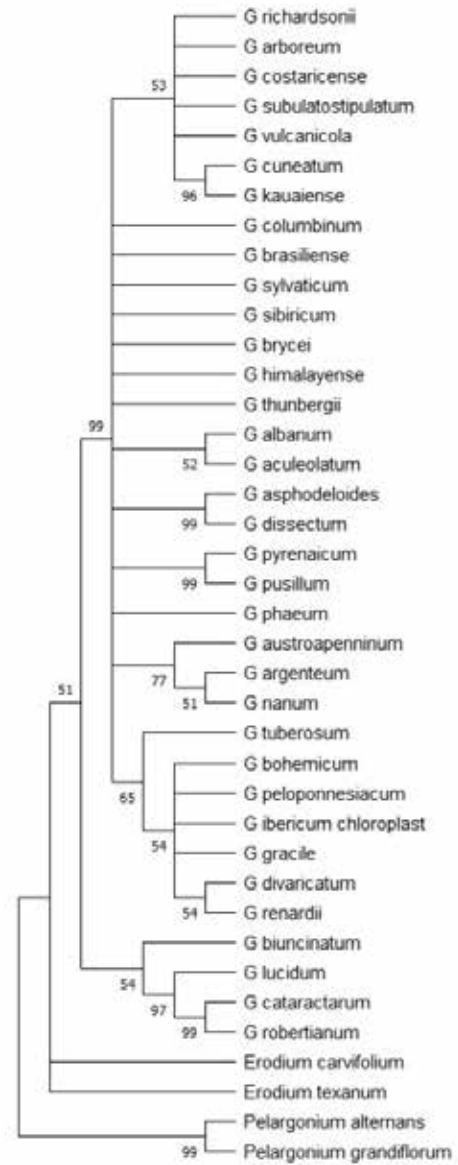


Fig. 21 – Analisi filogenetica



Fig. 22 – *Geranium austroappenninum* - geranio dell'Appennino centro-meridionale al Monte Cimone – ph Giovanna Barbieri

Note

*Gli indici ecologici di Landolt

Consistono in un insieme di valori assegnati a ciascuna specie vegetale che ne qualificano il carattere di indicatore ambientale, con il fine di descrivere e confrontare due o più comunità vegetali. Landolt individua 9 indici (F, R, N, H, D, S, L, T e K) con una scala che va da 1 a 5:

- indice di umidità del suolo (F), esprime il valore medio di umidità del suolo da suoli aridi con poca umidità (1) a suoli inondata molto umidi (5);
- indice di pH (R), valuta la reazione ionica del suolo e varia da substrati molto acidi poveri in basi (1) a substrati alcalini, quindi terreni basici poveri in acidi e ricchi di basi (5);
- indice di nitrofilia (N), si basa principalmente sul contenuto di azoto assimilabile (NH₄, NO₃) e secondariamente sul fosforo (P) e varia da suoli molto poveri in azoto e nutrienti (1) a suoli fertilizzati con eccesso di azoto (5);
- indice di humus (H), indica la quantità di humus nella rizosfera ovvero il quantitativo di sostanza organica morta nel suolo o sul suolo come ad esempio la lettiera. Varia da suoli poveri con poco humus (1) a suoli pingui ricchi in humus (5);
- indice di granulometria (D) del substrato e conseguentemente il suo grado di aerazione, varia da rocce, scogliere e muri (1) a ghiaie incoerenti (2) a suoli sabbiosi (3), limosi (4), argillosi (5). Quindi terreni più fini saranno meno areati rispetto a quelli ricchi in scheletro più grossolani, di conseguenza il valore di D serve per rappresentare il quantitativo di ossigeno contenuto nel suolo;
- indice di salinità (S) del substrato, indicato da + se la specie è in grado di vivere su soli salini, - se la specie li evita;
- indice di intensità luminosa (L), varia da situazioni di piena ombra in sottoboschi chiusi (1) a piena luce in aperta campagna (5). Considera il quantitativo di luce media ricevuta dalla pianta in base al tipo di habitat che occupa, quindi le specie con elevati valori di L sono piante che vivono in situazioni di piena luce chiamate eliofile, al contrario le specie che possiedono valori bassi necessitano di poca luce, preferiscono zone più ombrose e sono piante sciafile;
- indice di temperatura (T), descrive un gradiente termico che va dalle specie di clima freddo, delle zone boreali e delle montagne (1) a specie di clima caldo mediterraneo (5). Tale indice considera la media di temperatura dell'aria durante il periodo di crescita della pianta, sulle Alpi corrisponde alla distribuzione delle specie lungo il gradiente altitudinale. Valori bassi vengono conferiti a specie distribuite ad altitudini elevate mentre valori alti sono dati a specie che crescono ad altitudini più basse;
- indice di continentalità (K), è basato sulla corologia delle specie indagate variando da specie oceaniche delle coste atlantiche (1), ad esempio specie tipiche di climi oceanici ombrosi, umidi, esposti a nord e con ricco strato di neve, a specie continentali delle zone interne dell'Eurasia (5), ad esempio specie che crescono in valli alpine centrali, localizzate su versanti ri-

pidi esposti a sud spesso sgombri da neve. Tiene conto dell'insieme dei fattori del clima che influenzano una certa area e pertanto le specie che vi crescono, questi fattori sono ad esempio le temperature medie invernali, l'umidità dell'aria e le radiazioni solari. Valori alti indicano se l'area è caratterizzata da aria secca e da una significativa variazione di temperatura, al contrario valori bassi determinano aria umida e una variazione contenuta di temperatura.

^L'indice di rarità

L'indice di rarità è stato calcolato secondo la formula: $1 - (n/N) \times 100$ in cui "n" è il numero delle unità geografiche di rilevamento in cui la specie è stata rinvenuta e "N" il numero totale delle unità geografiche per il territorio investigato. Per l'indagine condotta sul territorio regionale (complessivamente 285 unità geografiche di rilevamento, "quadranti") vengono considerate rare le specie con indice di rarità superiore a 78.08 (corrispondente a 148 presenze, la metà dei quadranti), molto rare quelle con indice compreso tra 95 e 97 (presenti in un numero di quadranti compreso tra 20 e 34), estremamente rare le specie con indice superiore a 97 (presenti in meno di 20 quadranti).

Bibliografia

- AAVV, 1979 – *Repertorio delle specie della flora italiana sottoposte a vincolo di protezione nella legislazione nazionale e regionale*. CNR, Programma Finalizzato Promozione della qualità dell'Ambiente. Pavia
- AAVV, 1997 – *L'ultima glaciazione. Aspetti naturalistico-ambientali e primi insediamenti umani al Corno alle Scale*. CAI Convegno TER
- AEDO C., 1996 – *Revision of Geranium subgen. Erodiodea (Geraniaceae)*. Syst. Bot. Monog., 49: 1-99
- ALESSANDRINI A., BONAFEDE F., 1996 – *Atlante della flora protetta della Regione Emilia Romagna*. Regione Emilia Romagna (BO)
- ALESSANDRINI A., BRANCHETTI G., 1997 – *Flora reggiana. Provincia di Reggio*, CR Edizioni (VR)
- ANSALDI A., CORTOPASSI L., GARBARI F., 2008 – *Ecologia della conservazione di popolamenti apuano-appenninici di Geranium argenteum L.* Atti Soc. tosc. Sci. Nat. Mem, Serie B, 115: 25-31
- ALESSANDRINI A., DELFINI L., FERRARI P., FIANDRI F., GUALMINI M., LODESANI U., SANTINI C., 2010 - *Flora del Modenese*. Censimento Analisi Tutela
- ALESSANDRINI A., FOGGI B., ROSSI G., TOMASELLI M., 2003 - *La flora di altitudine dell'Appennino Tosco-Emiliano*. Regione Emilia Romagna (BO)
- ANSALDI M., CORTOPASSI L., GARBARI F., 2009 - *Ecologia della conservazione di popolamenti Apuano-appenninici di Geranium argenteum L.* Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, Memorie, Serie B, vol. 115: 25-31
- BERTOLANI MARCHETTI D., DALLAI D., 1994 – *Storia tardiglaciale e postglaciale del Monte Cimone (Modena-Italia) in rapporto alla presenza di piante alpine*. Revue Valdotaïne d'Historie Naturelle, 48 : 103-111
- BERTOLONI A., 1833-1854 - *Flora italica sistens plantas in Italia et insulis circumstantibus sponte nascentes* - Bologna Richardi Masii

- BRONZO E., SANTANGELO A., ALESSANDRINI A., 2012 – *Raccolte emiliane nell'erbario di Napoli: le collezioni Mattei e Riva*. Inf. Bot. It., 44 suppl. I: 33-48
- CHIARUGI A., 1936 – *Sul limite boreale dell'area geografica del Geranium argenteum L. nelle Dolomiti occidentali*. Nuovo Giornale Botanico Italiano, XLIV: 635- 640
- COCCONI G., 1883 – *Flora della provincia di Bologna*. Zanichelli. Bologna
- CORTOPASSI L., 2007 - *Una specie a rischio di estinzione nell'Appennino Tosco-emiliano: Geranium argenteum L.* Tesi di laurea specialistica in Gestione e Valorizzazione delle Risorse Naturali, Università di Pisa
- CONTI F., ABBATE G., ALESSANDRINI A., BLASI C. (EDS.), 2005 - *Annotated Checklist of the Italian vascular flora*. Roma
- DEL PRETE C., TOMASELLI M., MANZINI M.L., 1996 - *Parco Regionale dell'Alto Appennino modenese: l'ambiente vegetale*. Regione Emilia Romagna (BO)
- FERRARINI E., 1987 – *Note fitogeografiche sull'Appennino settentrionale nei rapporti con le Alpi Orientali*. Biogeographia, XIII: 305-339
- FIZ O., VARGAS P., ALARCÓN M., AEDO C., GARCIA JL., ALDASORO JJ., 2008 – *Phylogeny and historical biogeography of Geraniaceae in relation to climate changes and pollination ecology*. Systematic Botany, 33(2): 326-342
- GIBELLI G., PIROTTA R., 1882 – *Flora del modenese e del reggiano*. Atti della Società dei Naturalisti e Matematici di Modena
- LANDOLT E., 2010, - *Flora Indicativa*. Haupt Verlag
- MARCUSSEN T., MESEGUER AS., 2017 – *Species-level phylogeny, fruit evolution and diversification history of Geranium (Geraniaceae)*. Molecular Phylogenetics and Evolution, 110: 134-149
- PARK S., GREWE F., ZHU A., RUHLMAN TA., SABIER J., MOWER JP., JANSEN RK., 2015 – *Dynamic evolution of Geranium mitochondrial genomes through multiple horizontal and intracellular gene transfer*. New Phytologist, 208: 570-583
- TONZING S., 1937 – *Sulla presenza di Geranium argenteum nell'Alta Val di Fassa e sul limite boreale della sua area geografica*. Nuovo Giornale Botanico Italiano, XLIV: 732-734



Gli antichi rifugi glaciali degli alberi forestali nell'Appennino settentrionale

di Fulvio Ducci⁽¹⁾

(1) Dottore forestale - Sezione CAI di Arezzo - Comitato Scientifico Regionale Toscana

Riassunto: Le popolazioni relict appenniniche di molte specie oggi diffuse in Europa settentrionale sono ciò che rimane di quelle che durante l'ultimo massimo glaciale avevano trovato rifugio, ritirandosi dalle latitudini più alte, nella nostra penisola. Queste popolazioni oggi marginali o periferiche hanno trovato rifugio dal riscaldamento post-glaciale in prossimità di aree appenniniche un tempo ospitanti calotte glaciali più meno grandi che hanno conservato climi relativamente adatti alla loro sopravvivenza. Queste popolazioni vanno tutelate e conservate in quanto possono essere portatrici di caratteri adattati utili per far fronte agli effetti del rapido cambiamento climatico di origine antropogenica. Se ne illustrano le caratteristiche con particolare riferimento all'area dell'Appennino tosco-emiliano ricostruendone il passato ancestrale e le caratteristiche attuali.

Abstract: The ancient glacial shelters of forest trees in Northern Apennines.

The Apennine relict populations of many species, now widespread in northern Europe, are what remains of those that during the last glacial maximum, retreating from the higher latitudes, had found refuge in our peninsula. These populations, now marginal or peripheral, have found refuge from post-glacial warming in the vicinity of Apennine areas once hosting smaller ice caps that have preserved climates relatively suitable for their survival. These populations must be protected and conserved as they can have adaptive characters useful for coping with the effects of rapid climate change of anthropogenic origin. Their characteristics are illustrated with reference to the area of the Tuscan-Emilian Apennines, reconstructing their ancestral past and current characteristics

Introduzione

Lo spostamento delle fasce climatiche è in generale la causa principale della migrazione di habitat ed ecosistemi verso ambienti più favorevoli (Pinna 1970) ed è alla base delle dinamiche che interessano la distribuzione e la struttura genetica delle specie forestali (Fady et al. 2026). Fino a ora le oscillazioni di cicli glaciali e interglaciali hanno determinato alternativamente espansioni e contrazioni delle calotte glaciali e di conseguenza dei diversi tipi di clima alle diverse latitudini. Questo è avvenuto anche durante l'ultima glaciazione del Quaternario, terminata progressivamente tra 12.000 e 20.000 anni fa, a causa della quale, per quanto riguarda il nostro emisfero, si erano sviluppate calotte e ghiacciai anche a latitudini minori, sulle maggiori catene montuose come Alpi ed Appennini (Fig 1; Jaunsproge, 2013).

In questi contesti le basse temperature avevano spinto gli habitat forestali di clima temperato a latitudini e quote minori, dove si potevano trovare combinazioni più favorevoli dei fattori ambientali (Birks e Willis 2008) trovandovi rifugio con il loro corredo di diversità biologica.

Oltre alla discesa in latitudine e di quota delle isoterme durante i periodi glaciali occorre considerare anche l'abbassamento delle linee di costa, provocato dall'immagazzinamento dell'acqua nelle calotte glaciali che, modificando la geografia, ha favorito la migrazione e i contatti tra popolazioni animali e vegetali. Un noto esempio è il bacino padano-adriatico, che in quel periodo non era coperto dal mare almeno fino all'attuale Abruzzo (Goutney et al. 2015) e ha permesso a molte specie vegetali di scambiarsi informazione genetica e di insediarsi nella nostra penisola.

La zona di nostro interesse, precisamente quella dell'Appennino tosco-emiliano e delle Alpi Apuane (Fig. 1a e 1b), come altre aree appenniniche ha ospitato in quelle ere ghiacciai, anche se di non grandi dimensioni rispetto a quelli delle calotte alpine; questi tuttavia, pur frazionati, hanno superato il n. di 100 per una estensione complessiva di almeno 260 km² e con un volume di ghiaccio stimato di circa 9 km³. Questi ghiacciai erano posti al di sopra dei 1200 m di altitudine nelle esposizioni a Nord e a

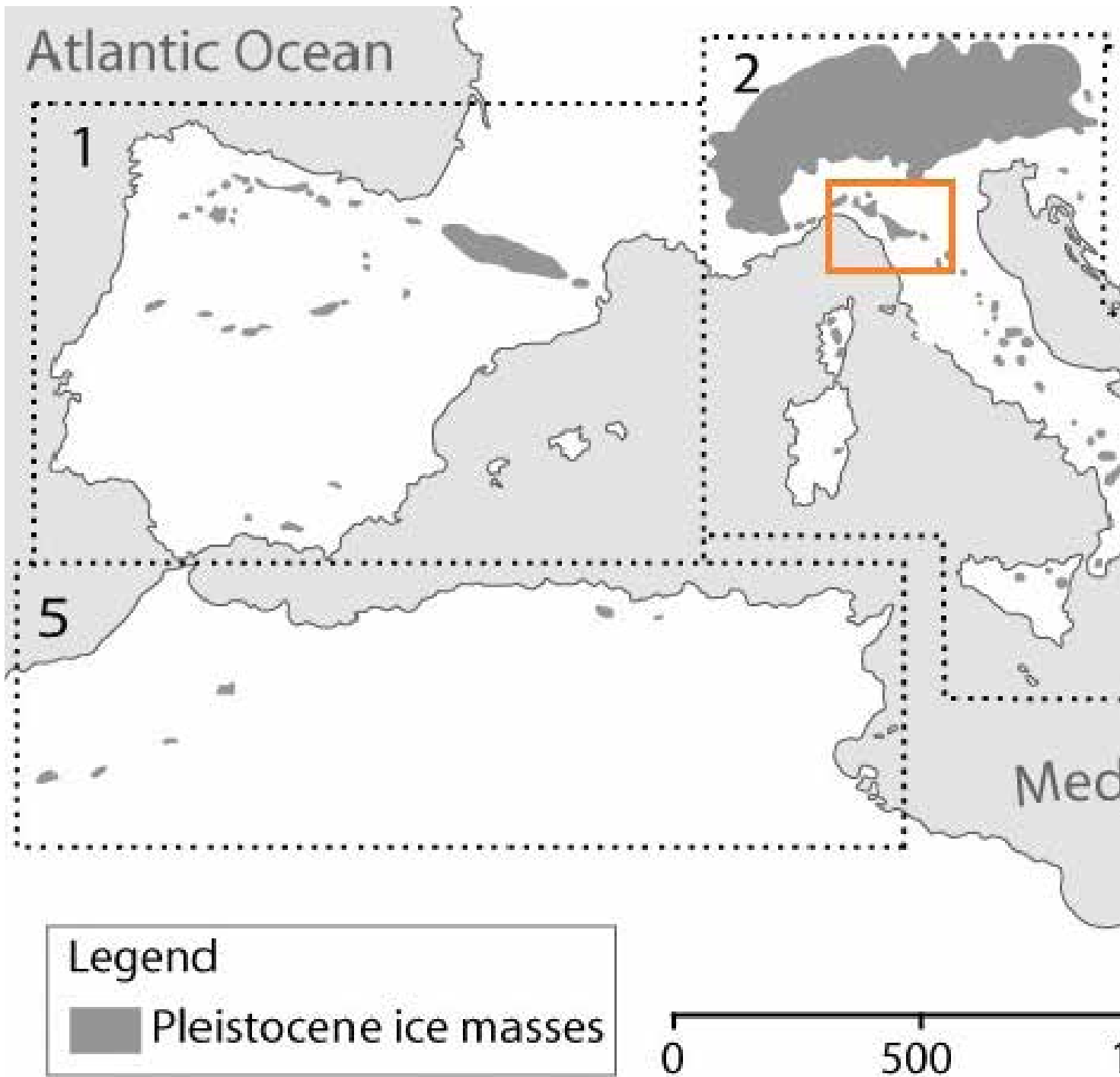
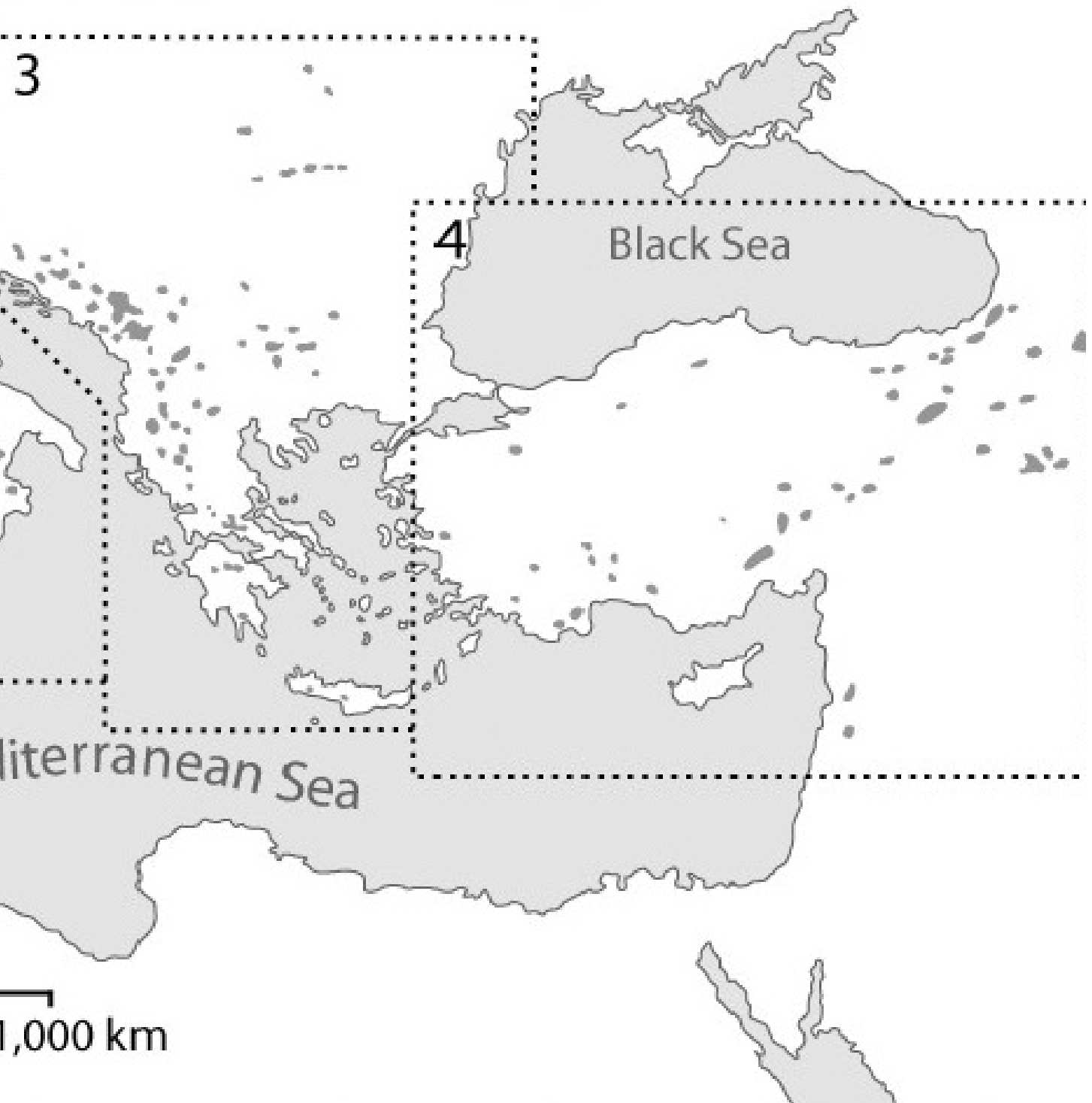


Figura 1a - La distribuzione delle calotte glaciali nella regione mediterranea durante l'ultimo periodo glaciale (In: Adamson et al. 2013,



modificato), il rettangolo rosso individua le Alpi Apuane e l'Appennino settentrionale

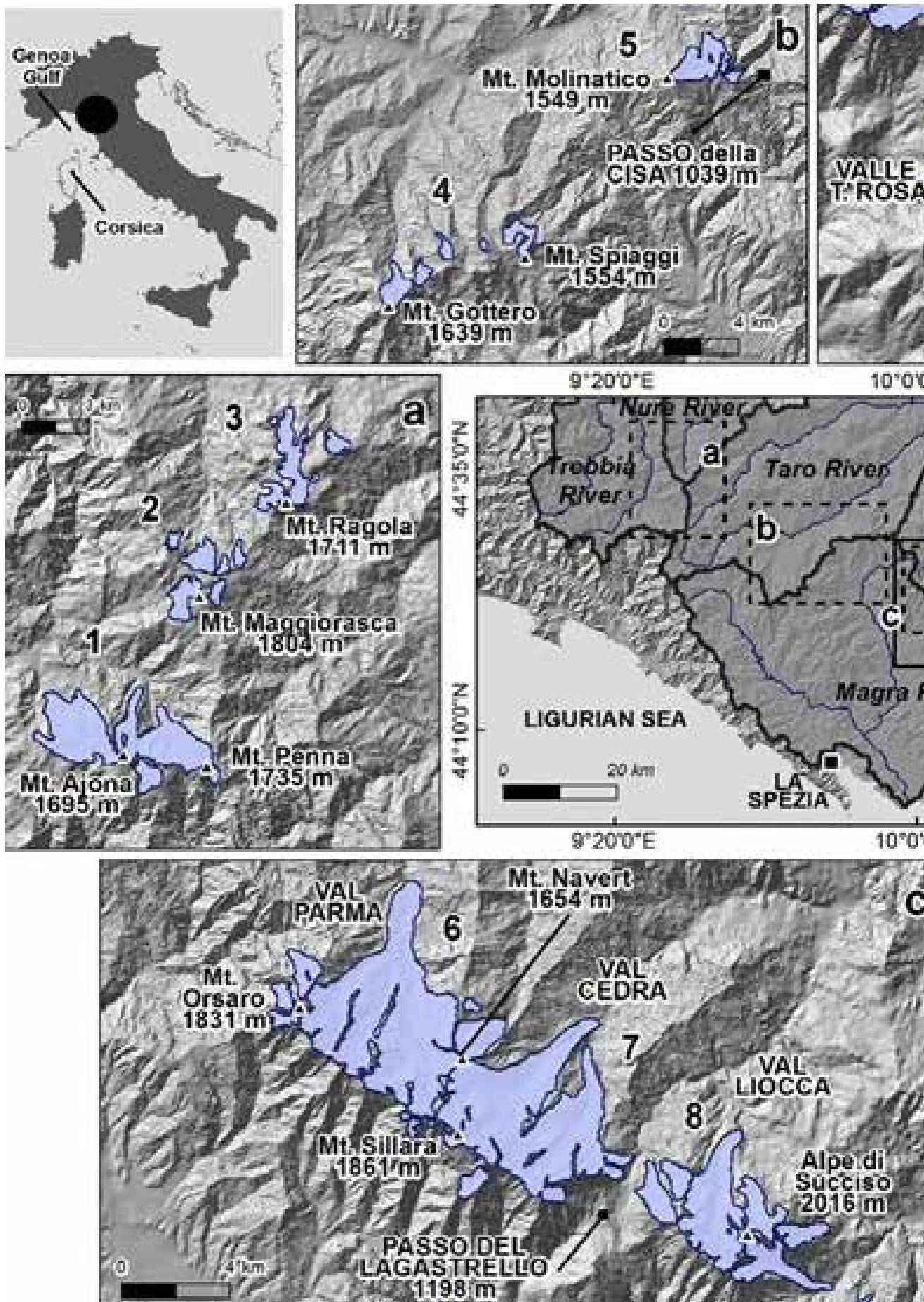
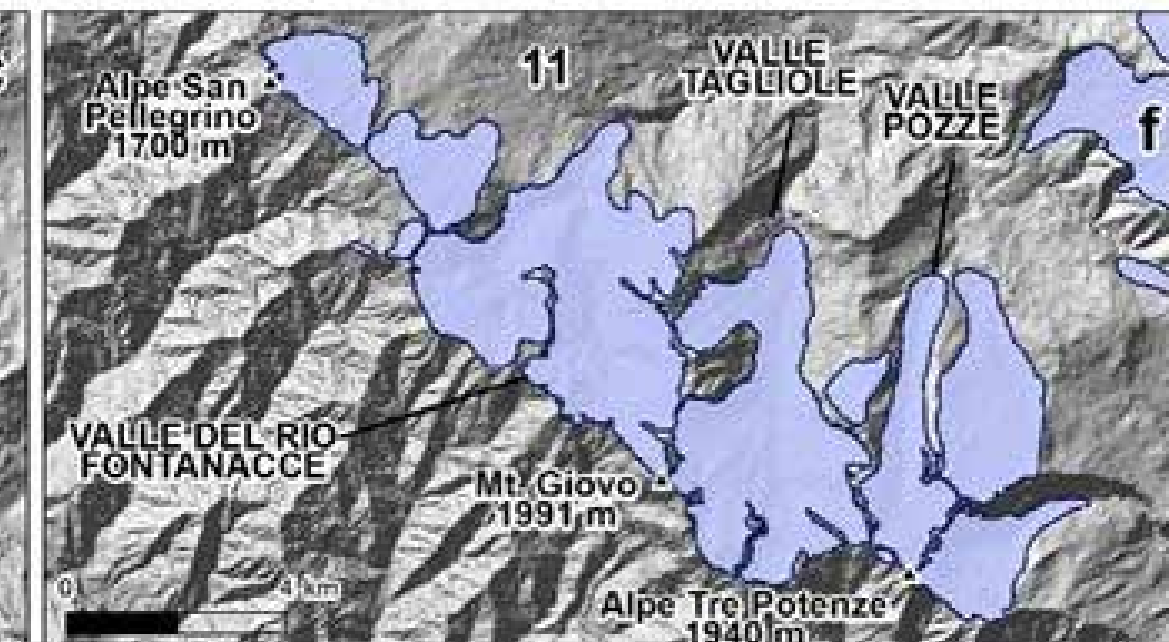
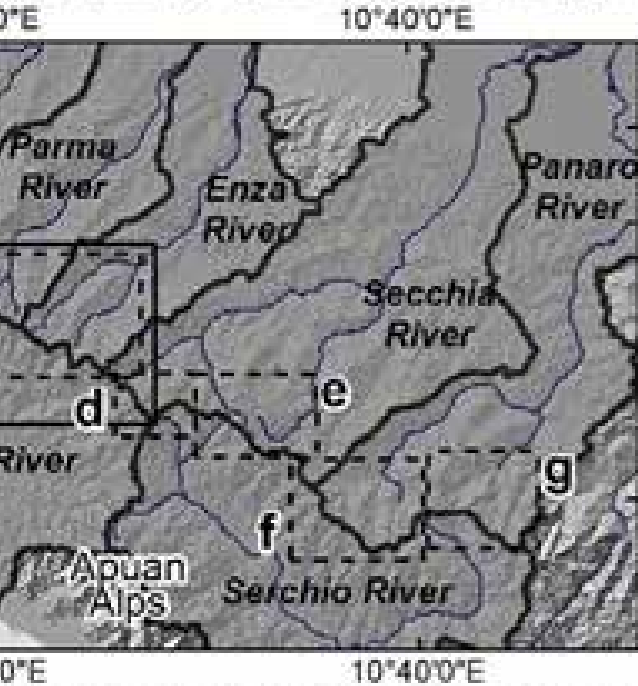
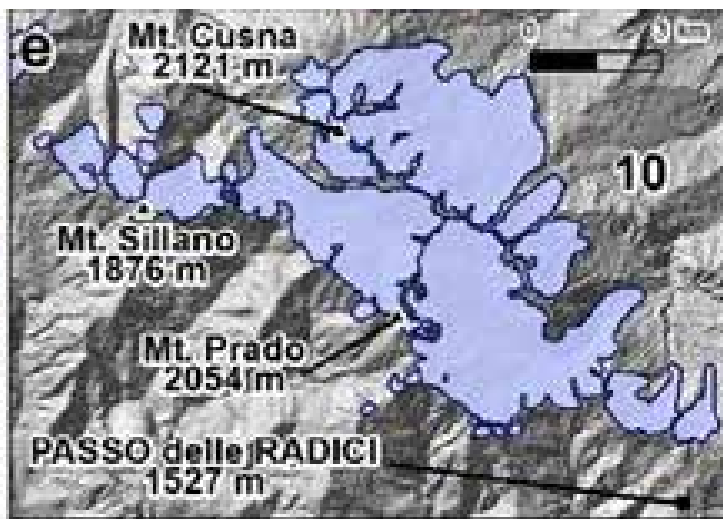


Figura 1b - Una ricostruzione della distribuzione e dell'estensione delle calotte glaciali locali nell'Appennino



settentrionale (da Baroni et al. 2018)

partire da circa 1650 m in quelle a sud (Baroni et al. 2018). Almeno per quanto riguarda il nostro continente, tre furono le maggiori aree geografiche rifugio: la penisola iberica, quella italiana e quella balcanica. Qui le diverse specie, migrate da nord, hanno potuto sopravvivere in popolazioni più o meno estese che, nel corso di molte generazioni, si sono adattate a condizioni locali talvolta spingen-

dosi a differenziarsi in nuove specie e arricchendo la biodiversità di queste aree. Non a caso, queste tre regioni sono oggi riconosciute come hot-spot di diversità biologica e genetica (Fig. 4c, Myers et al. 2000) e proprio da molti di questi rifugi è ripartita la colonizzazione post-glaciale dell'Europa.

Anche in Europa centrale, tuttavia, popolazioni di alcune specie hanno trovato rifugio durante l'ultimo

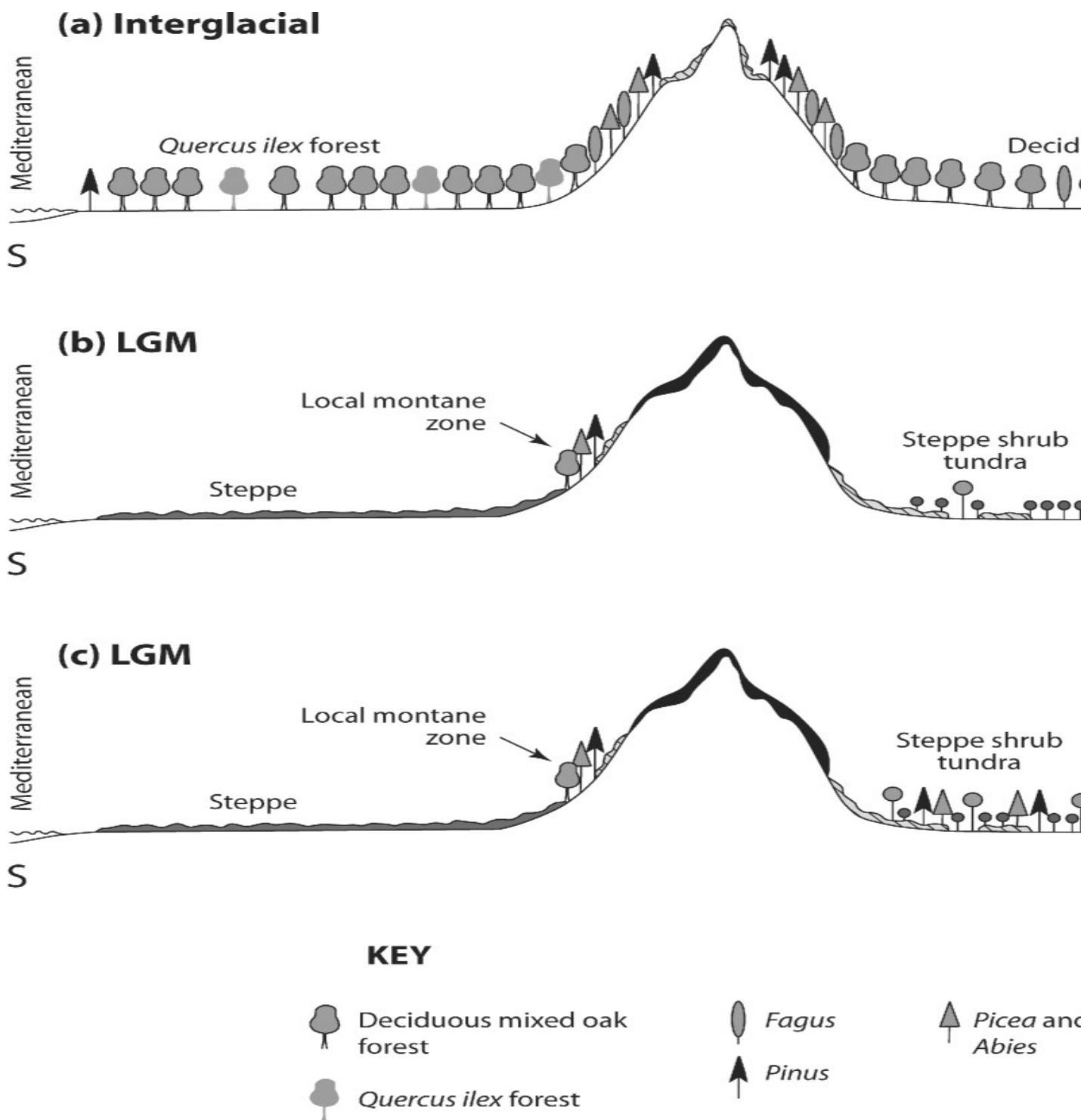
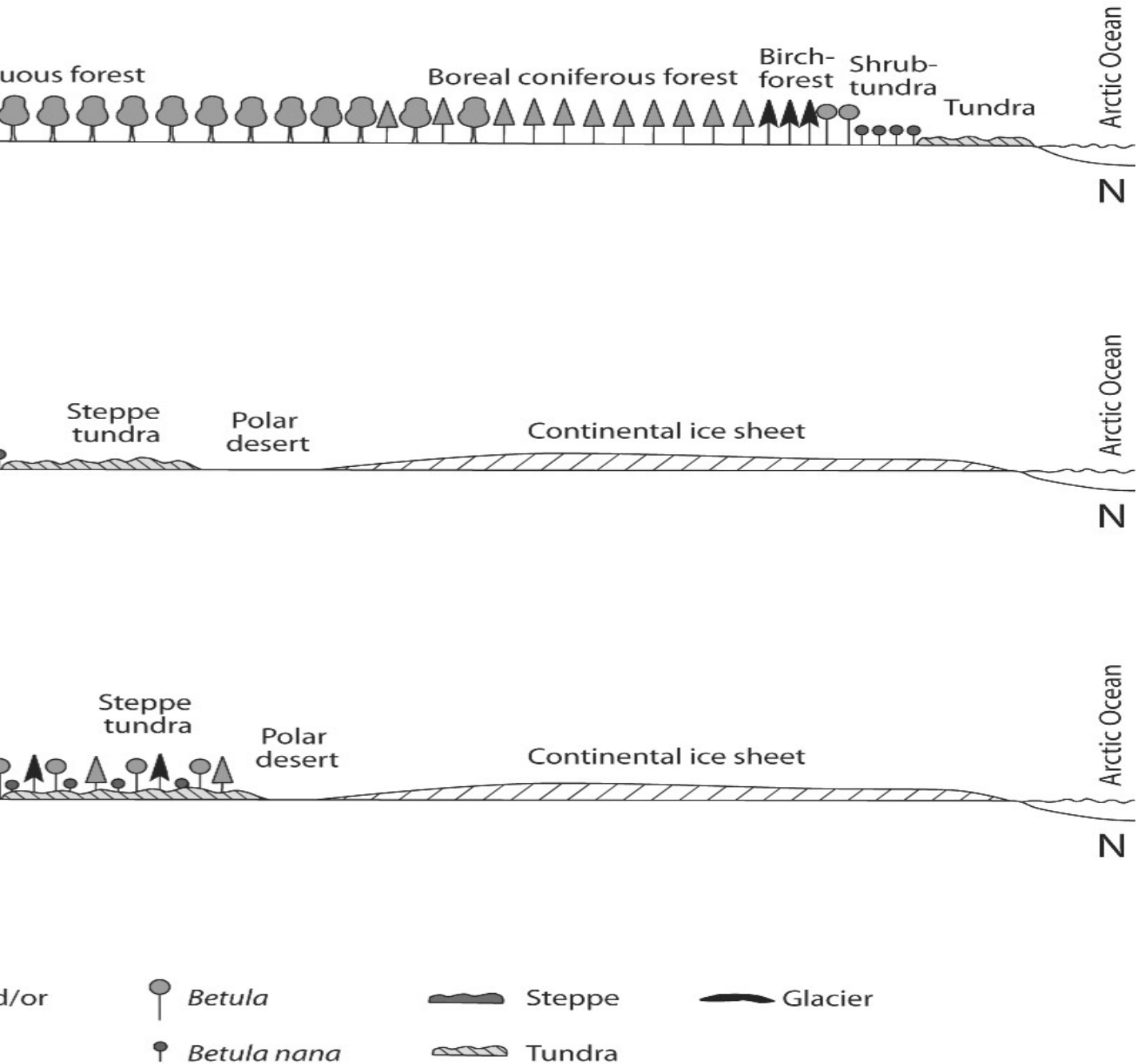


Figura 2. Principali tipi di vegetazione e alberi forestali lungo un ipotetico transetto dal Mediterraneo all'Oceano Artico durante un periodo 2008 modificato da: Van der Hammen et al. 1971

massimo glaciale (LGM) in aree relativamente ristrette, dove i microclimi locali erano rimasti compatibili con le loro esigenze ecologiche. Birks e Willis (2008), riprendendo un lavoro di Van der Hammen et al. (1971), hanno rappresentato efficacemente come le diverse specie si sono di volta in volta ricollocate a livello locale nelle loro migrazioni attraverso l'Europa durante il periodo del massimo glaciale

(Fig. 2 b), in un periodo intermedio (Fig. 2c) e nei periodi interglaciali come l'attuale (Fig. 2 a).

In un arco temporale di circa 12 000 anni a partire dall'inizio della conclusione della glaciazione quaternaria, la tundra e la taiga boreali si sono ritirate a nord e progressivamente la foresta temperata ha potuto espandersi e occupare nuovamente l'Europa centrale. A sud, alle basse latitudini, gli ecosistemi



interglaciale (a), e il modello classico dei rifugi, determinati da intensità termiche diverse durante l'LGM in Europa (b e c) – Birks e Willis

forestali di clima temperato-fresco, dominati da faggio abeti e altre specie a temperamento mesofilo, hanno infine trovato rifugio alle quote più elevate, dove temperature più basse e maggiori precipitazioni ne hanno consentito l'insediamento (Fig. 3).

Ma, alle nostre latitudini, quale è stata la dinamica delle popolazioni forestali durante questi periodi? Durante la glaciazione habitat ed ecosistemi con il relativo corredo di specie che li caratterizzavano sono stati sospinti verso sud in seguito allo spostamento delle isoterme per loro necessarie. Intere comunità si sono spostate, talvolta sovrapponendosi a quelle più termofile già presenti alle latitudini minori, altre volte distribuendosi a macchia di leopardo se-

condo il variare delle condizioni ambientali. Queste migrazioni di specie e sovrapposizioni di ecosistemi, interagendo con l'orografia e la geografia dei continenti, hanno fatto sì che in certe regioni, a certe latitudini, si siano originate concentrazioni di elevata diversità biologica, di biodiversità.

È in questo modo che si sono formati gli «hotspot» di diversità sopra citati (Meyers et al 2000, Marchese 2015), diversità non solo di specie ma anche genetica (Gentili et al. 2015) (Fig. 4).

La migrazione dai rifugi glaciali verso le latitudini settentrionali iniziò a partire da 15.000-13.000 anni fa per attenuarsi, con varie oscillazioni, circa 10.000 fa (Huntley e Birks 1983), portando gradualmente

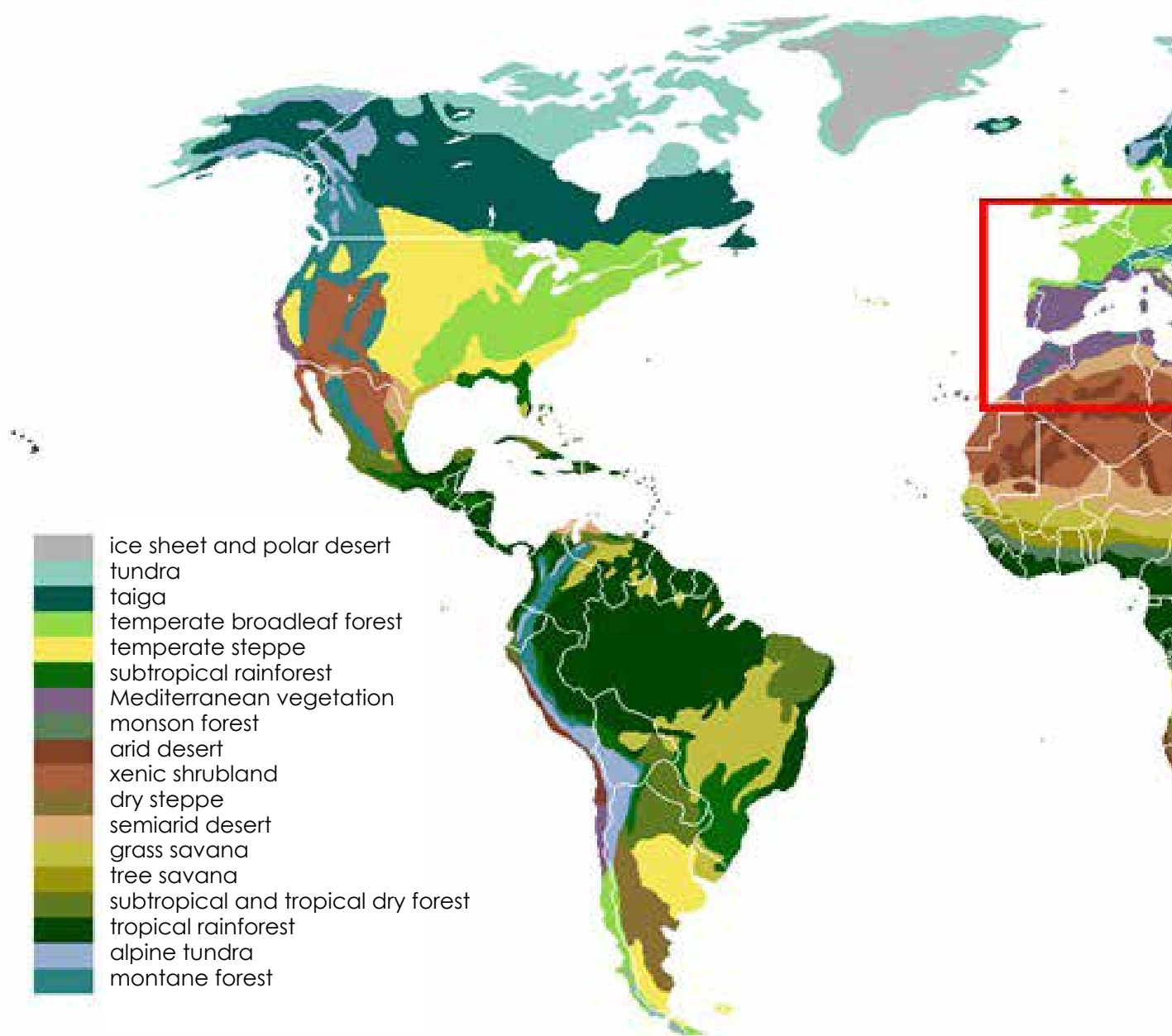


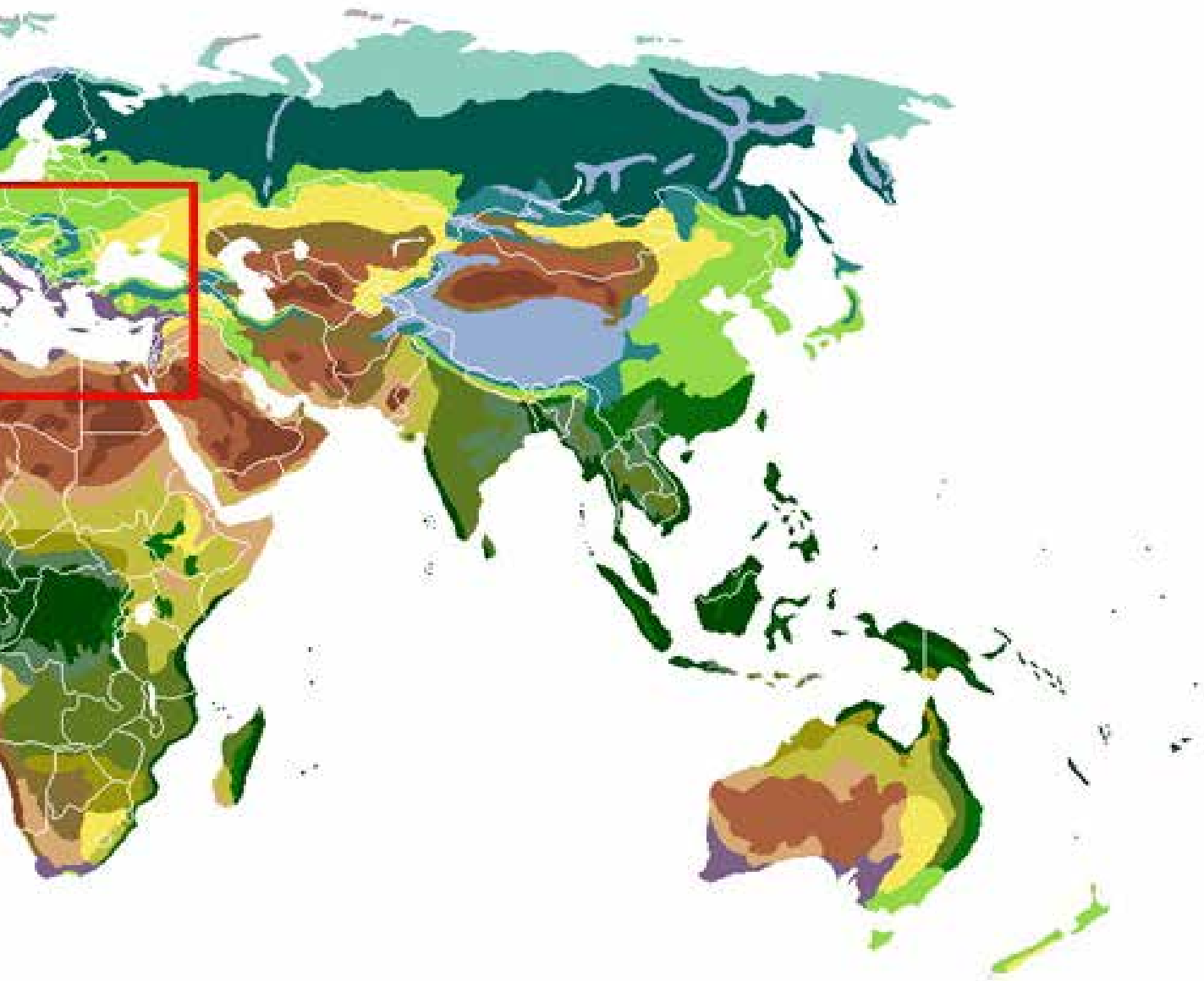
Figura 3. L'attuale distribuzione potenziale della vegetazione - (modificato da <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vegetation.png#/media/File:Vegetation.png>)

all'assetto attuale (Fig. 5). Le aree montuose e soprattutto quelle più elevate, interessate dagli antichi bacini glaciali del bacino mediterraneo, sono rimaste sino a oggi sufficientemente fresche e piovose da consentire la sopravvivenza in quota di molte delle antiche popolazioni rifugio delle specie forestali di clima temperato fresco, abeti, faggio, querce e altre latifoglie.

L'Appennino settentrionale e le Alpi Apuane (Fig. 6), per la loro particolare conformazione e collocazione geografica, sono una di queste zone, ricche di endemismi che testimoniano l'antica presenza di rifugi glaciali e l'attuale funzione di popolazioni "marginali di retroguardia" di cui si tratterà più sot-

to. I parametri climatici sono rimasti infatti ancora particolarmente favorevoli, con precipitazioni medie annue che possono oscillare, secondo l'altitudine e l'orientamento tra 1600 e oltre 2000 mm e temperature medie annue minori di 10,5° C (Rapetti e Vittorini 2011).

Partendo dal mare alle vette più alte, in pochissimi chilometri si passa dalle fasce fitoclimatiche di tipo mediterraneo a quelle di tipo oceanico, centro-europeo e alpino con pecceta e i vaccinieti (Benatti et al. 2019). Queste aree, dove le specie più esigenti di fresco si sono ricollocate in seguito al riscaldamento post-glaciale, hanno oggi la funzione di "rifugi interglaciali".



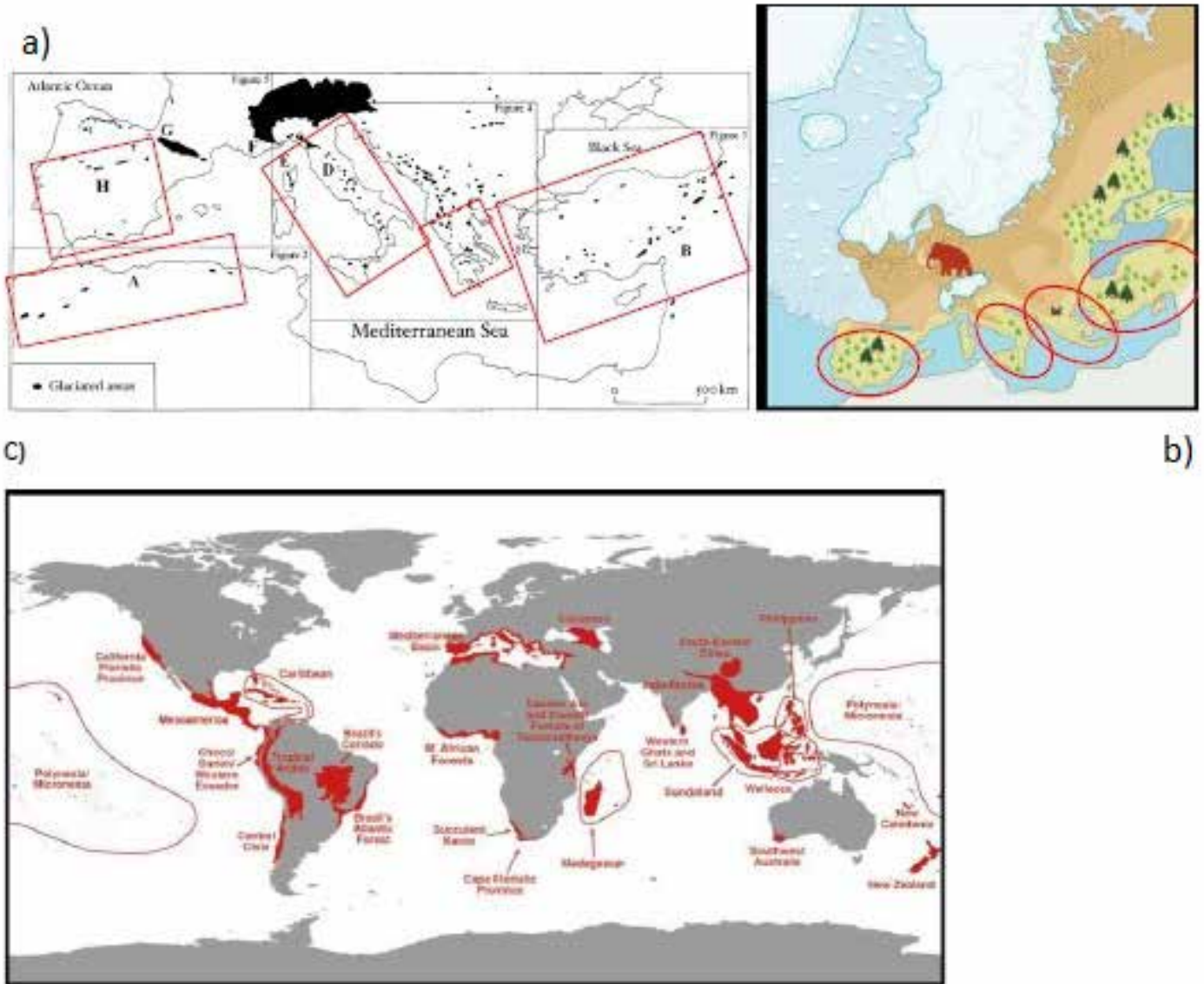


Figura 4. a) Distribuzione stimata delle calotte glaciali e b) e c) degli hotspot biologici formati nella regione mediterranea e altre zone del mondo durante l'ultimo periodo glaciale [modificati da Kathryn et al. 2013, Hugues et al 2006, Jaunsproge 2011]

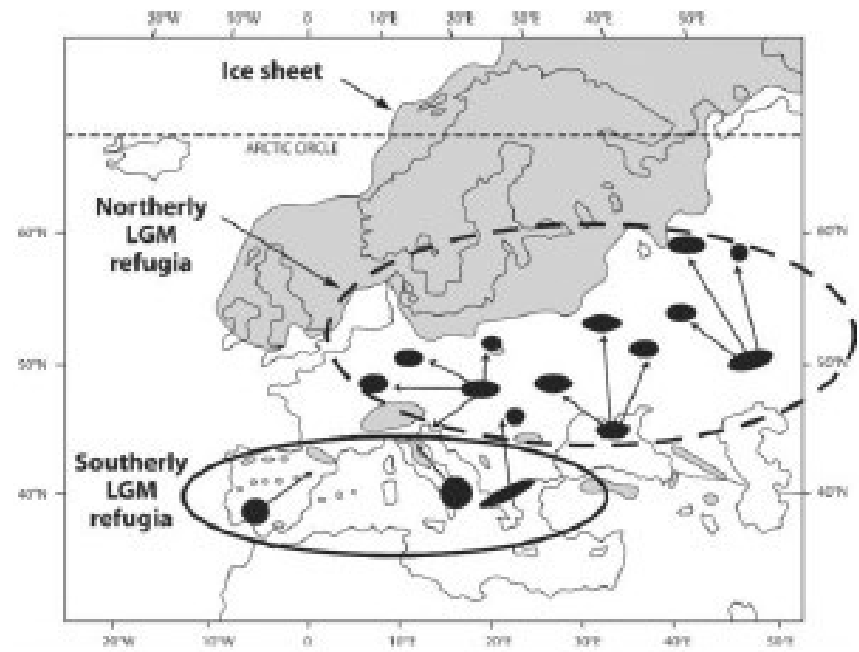


Figura 5. Idee attuali sulla posizione generale dei rifugi durante l'ultimo massimo glaciale per gli alberi e sulle direzioni approssimative di diffusione degli alberi all'inizio dell'Olocene. (Birks e Willis 2008, basato su una figura in Bhagwat e Willis 2008)



Figura 6. La zona di interesse per questo articolo [Di Terra (EOS AM-1)] satellite - Alps.A2007072.1010.250m.jpg, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1896921>

Alcuni modelli di specie delle foreste temperato-fresche che hanno trovato rifugio nella Penisola e in Appennino settentrionale

La coorte di specie arboree, arbustive ed erbacee che hanno trovato rifugio nel post-glaciale alle quote più elevate è amplissima e per motivi di spazio non è possibile prenderle tutte in considerazione (Ferrarini 1970, Benatti et al. 2019, Bedini et al. 2022), per cui si rimanda alla letteratura specializzata; tuttavia, si prendono ad esempio alcuni degli alberi più emblematici delle vicende climatiche di que-

sta zona: l'abete rosso (*Picea abies* Karst.), l'abete bianco (*Abies alba* Mill.), il pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.), il faggio (*Fagus sylvatica* L.) e la betulla (*Betula pendula* Roth.). È sottinteso che a corredo e in accompagnamento a queste ce n'è un'infinità di altre specie che costituiscono e caratterizzano i rispettivi ecosistemi a cui appartengono.

Abete rosso, peccio (*Picea abies* Karst.)

- **Temperamento:** specie continentale, microterma, che può tollerare ai limiti meridionali del suo areale fino a un massimo di 65 gg con T°C > 24°C (http://germoplasma.regione.toscana.it/MESI_Menu/Elemento.php?ID=289).
- **Altitudine:** 2.000 – 800 m
- **Piuvosità minima annua:** 600 mm, necessarie precipitazioni primaverili.
- **Clima di tipo alpino:** Riserva di Campolino, Lago Verde.

La distribuzione dell'abete rosso in Italia è prevalentemente alpina e copre in totale 586 082 ettari. Tuttavia, sia piantato che naturale, è presente anche in alcuni siti appenninici in Toscana con 1.445 ettari e in Emilia-Romagna con 4.046 ettari (INFC 2005).

I siti fossiliferi di Lajone, Agraie, Lagdei, Prato Spilla e Massaciuccoli mostrano testimonianze, datate con Carbonio 14 (14C), dell'antica presenza del peccio in questa zona degli Appennini settentrionali (Ravazzi et al. 2002).

Oggi la popolazione più meridionale in Italia si trova a Campolino (PT), ma altre ve ne sono a Lago Pranda e Lago Verde. Analisi genetiche condotte con marcatori molecolari hanno dimostrato che le popolazioni del Lago Verde e di Campolino (Fig.8) hanno una marcata differenziazione dalle popolazioni alpine.

Queste due popolazioni hanno in pratica avuto il tempo di avere un percorso evolutivo proprio che le ha portate a differenziarsi, mentre la popolazione di Lago Pranda potrebbe essere di origine artificiale, mostrando una composizione genetica simile a quelle delle popolazioni alpine, geneticamente più recenti e omogenee tra loro.

Fino a oggi queste popolazioni sono sopravvissute alle quote più elevate, ma il cambiamento del clima locale e dei suoi parametri, che potrebbero non corrispondere più ai requisiti della specie, ne mettono a rischio l'esistenza. Infine, la particolarità genetica di questo importante relitto glaciale sembra minacciata a Campolino da ettari di piantagioni artificiali realizzate in prossimità.

Oggi si sta affacciando anche un altro gravissimo pericolo per l'abete rosso di Campolino, in parte connesso con gli effetti del cambiamento climatico e lo stress a cui la specie è sottoposta: analogamente a quanto sta avvenendo in molte parti d'Europa si sta diffondendo il bostrico (*Ips typographus* L.), un coleottero scoltide, un tarlo, che attacca e colonizza le cortecce delle conifere per deporvi le uova e che può distruggere intere popolazioni (<https://www.fao.org/forestry/13568-0c-9837808189190c6fd765acfc9e573bc.pdf>). In relazione a questo le superfici indicate potrebbero subire una notevole contrazione.



Figura 7 A - Caratteri salienti dell'abete rosso: strobili, aghi a forma di spazzola, fiori femminili (rosso) e maschili (verde)



Figura 7 B - Areale di distribuzione dell'abete rosso (Caudillo et al - 2017)



Figura 8 - Riserva di Campolino – ph A. Piotti

Pino silvestre, pino di Scozia (*Pinus sylvestris*)

- **Temperamento:** specie microterma, eliofila e xerofila, continentale. Tollera aridità e terreni acidi.
- **Altitudine:** dai 1600 m in giù secondo il microclima locale, fino ai 300 m nell'Appennino settentrionale.
- **Piuvosità minima annua:** 600 mm.
- **In Appennino settentrionale:** Tizzano Val Parma (PR) - Monte Fuso, Neviano degli Arduini (PR) - Molino Toccana, Castelnovo ne' Monti (RE) - Monte Duro, Marzabotto, Grizzana Morandi e Monzuno (BO) - Monte Sole, Casina (RE) - Vezzano sul Crostolo, Ceriana - Carpe (IM).

L'areale naturale di questa specie in Italia è essenzialmente alpino mentre nell'Appennino è limitato a poche popolazioni nel versante emiliano (Fig. 10a). L'analisi genetica (Belletti et al. 2012) ha confermato la presenza di consistenti livelli di variabilità interna le diverse popolazioni, con l'eccezione di quelli della pianura (Ticino, TIC e Olgelasca, OLG) e, soprattutto, di quella appenninica di Vezzano sul Crostolo (CRO), nel quale è evidente un avanzato processo di erosione genetica.

Tali situazioni sono spiegabili a seguito delle ridotte dimensioni delle popolazioni e del loro marcato e lungo isolamento.

Tuttavia, a conferma della tesi degli effetti dell'isolamento, il popolamento appenninico di Vezzano sul Crostolo e i due dell'alta pianura padana (Ticino e Olgelasca) sono geneticamente più differenziati degli altri. Crostolo ha avuto in passato scambi di materiale genetico con le popolazioni prealpine (Fig. 10b). Oggi il pino silvestre, che in Italia si trova ai margini occidentali e meridionali del suo immenso areale, può risentire degli effetti negativi di due fattori principali, dei quali uno è la competizione da parte di altre specie, meno eliofile, più aggressive e adattabili al mutare delle condizioni microambientali, l'altro è connesso con le attività selvicolturali, spesso sospese, che dovrebbero essere orientate a scoprire il terreno periodicamente per mantenere attive le dinamiche demografiche della specie affinché si rinnovi naturalmente.

Il pino silvestre occupa oggi una superficie di circa 152 000 ettari, di cui circa 1100 in Toscana e 4000 in Emilia-Romagna (INFC 2005).



Figura 9 A - Caratteri salienti del pino silvestre: aghi appaiati, fiore maschile, strobili e fiore femminile (rosso sotto)



Figura 9 B - Una bella popolazione di pino silvestre



Figura 9 C - L'areale di distribuzione del pino silvestre (Caudullo et al 2017)

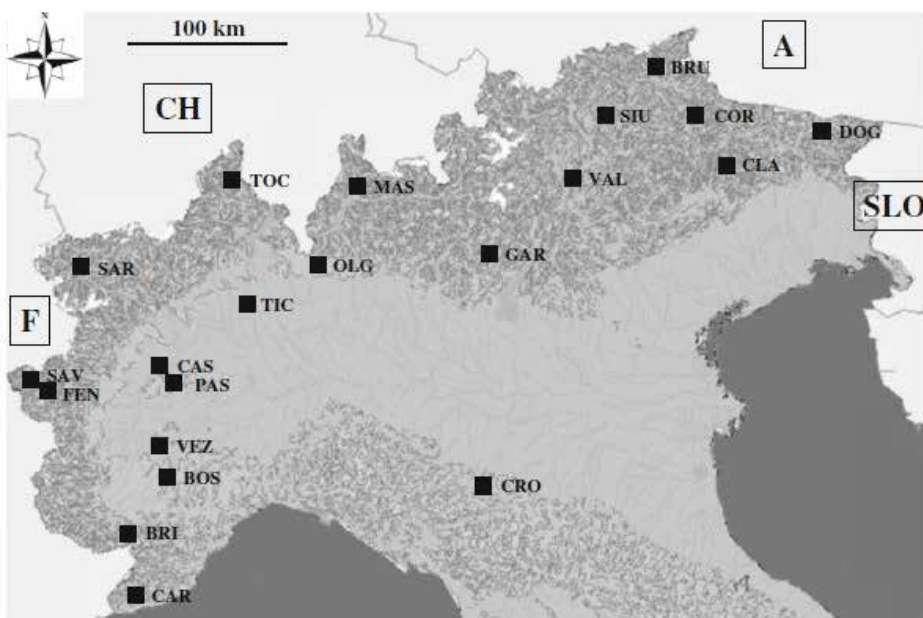


Figura 10 A - Distribuzione delle popolazioni italiane di pino silvestre studiate (Belletti et al 2012)

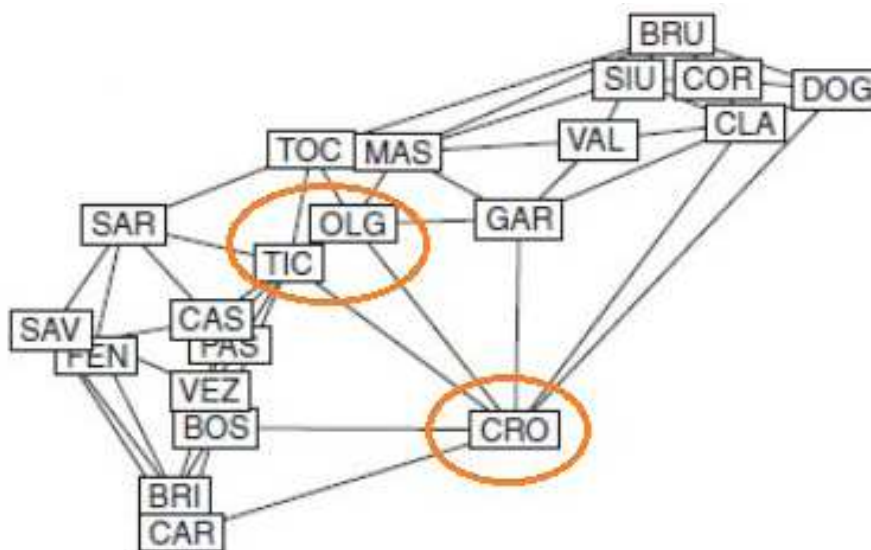


Figura 10 B - Relazioni genetiche tra le popolazioni italiane di pino silvestre (Belletti et al 2012)

Abete bianco (*Abies alba* Mill.)

- **Temperamento:** esigente di umidità e terreni freschi e fertili, necessita di climi temperato freddi e umidi, non troppo miti come quelli oceanici. Si associa al faggio con cui tende ad alternarsi e parzialmente, in ambiente alpino, all'abete rosso. È caratterizzato da una forte sciafilia, è infatti tollerante dell'ombreggiamento, che gli consente di sopravvivere sottoposto per molti decenni nelle faggete dense.
- **Altitudine:** 1800 - 800 m
- **Temperature medie annue:** 6°C sono il limite per la diffusione dell'abete.
- **Temperature medie del mese più freddo:** > -3°C sono il limite termico inferiore per la sua diffusione.
- **Precipitazioni:** 800 - 1500 mm

Moltissime popolazioni disgiunte, in genere di piccole dimensioni, vegetano lungo la catena degli Appennini (Fig. 12a) e sono localizzate generalmente in zone sufficientemente fresche e umide e spesso prossime ad aree che hanno ospitato manifestazioni glaciali.

L'abete bianco domina in Italia su circa 70000 ettari a cui si aggiungono faggete miste ad abete. Di questa specie circa 4500 ettari si trovano in Toscana e altri 3000 circa in Emilia-Romagna (INFC 2005). Queste popolazioni, che in passato sono state spesso

coltivate e ampliate grazie al loro valore economico, necessitano di una selvicoltura appropriata, che ne consenta una equilibrata alternanza con il faggio, molto più aggressivo dell'abete.

La storia ancestrale dell'abete nella nostra penisola è particolarmente interessante, essendo geneticamente diviso in due gruppi di popolazioni (Belletti et al. 2017, Piotti et al. 2017), dei quali uno è meridionale, dall'Abruzzo meridionale fino alla Calabria e la Sicilia, che ha avuto una storia evolutiva propria e che ha avuto in ere glaciali relazioni con le popolazioni balcaniche, e l'altro che interessa l'Appennino settentrionale, di cui fanno parte anche le abetine toscane (Fig. 13).

Le analisi genetiche (Piotti et al. 2017) hanno permesso di riconoscere un grande gruppo di popolazioni esteso dalle Marche alle Alpi fino ai Carpazi settentrionali caratterizzato da maggiore diversità, di cui fanno parte anche quelle dell'Appennino Tosco-Emiliano (Fig. 14).

Si ritiene dunque che anche l'area rifugio dell'Appennino Tosco-Emiliano sia stata alle origini delle popolazioni di abete bianco di mezza Europa (dall'Appennino settentrionale ai Carpazi orientali in Ucraina) e questo ne attesta, oltre al significato ecologico locale, il valore di riserva originale di geni dell'abete europeo, da salvaguardare con estrema attenzione.



Figura 12 A - Distribuzione dell'abete bianco (modificato da Rovelli) in Italia

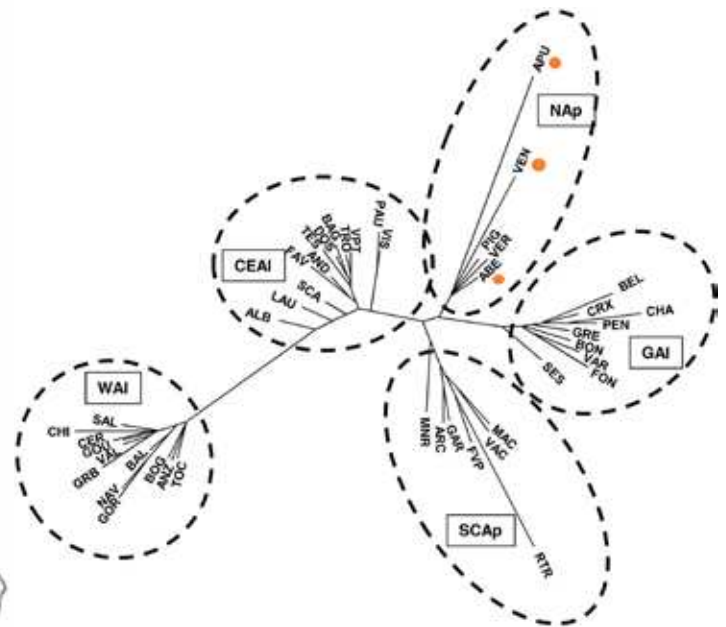


Figura 13 - Relazioni genetiche (linee continue) tra le popolazioni italiane di abete bianco (Belletti et al. 2017). I cerchi tratteggiati evidenziano le popolazioni di una regione geografica condivisa: WAI (Alpi occidentali), CEAI (Alpi centrali e orientali), NAP (Appennino settentrionale), GAI (Alpi Graie), SCAp (Appennino centrale e meridionale)



Figura 12 B - L'areale di distribuzione dell'abete bianco (Caudullo et al. 2017)

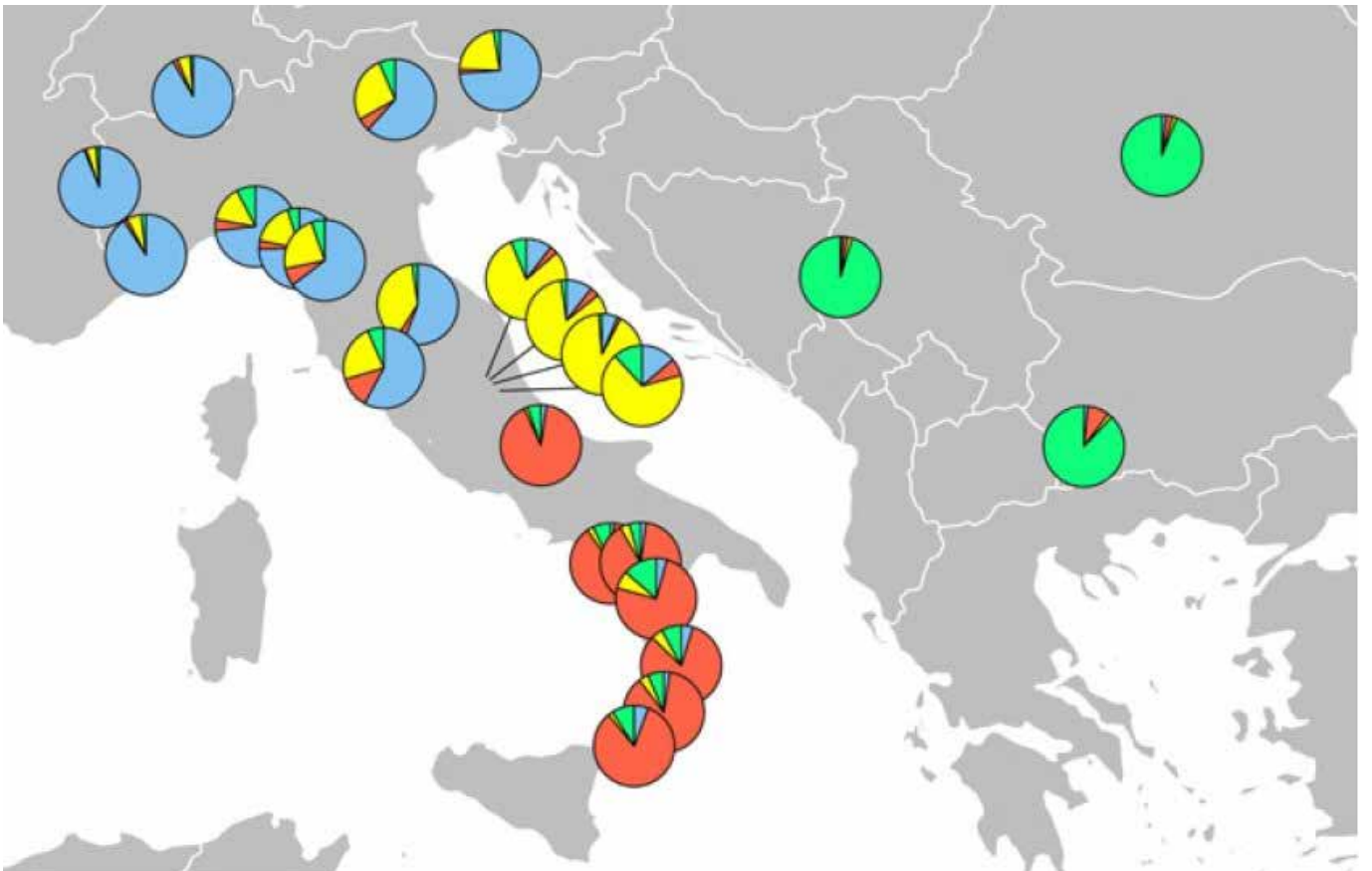


Figura 14 - Struttura genetica e diversità dell'abete bianco in Italia e relazioni con le popolazioni balcaniche - (Piotti et al. 2017)

Faggio (*Fagus sylvatica* L.)

- **Temperamento:** specie marcatamente oceanica, di climi temperati-freddi e umidi
- **Altitudine in Appennino:** dai 900 ai 1800-2000 m secondo i versanti
- **Temperature medie annue:** > 5-6°C, 13°C in G-L-A
- **Temperature medie del mese più freddo:** > -4°C media mese più freddo (-30°C)
- **Precipitazioni:** 800 - 1000 mm con piogge estive ed elevata umidità dell'aria

A oggi il faggio copre in Italia 1 035 103 ettari, di cui 72 260 ettari in Toscana e 100 863 ettari in Emilia-Romagna, (IFNC 2005) e forma estese e spesso bellissime foreste in tutto l'Appennino fino alla Sicilia, ad una altitudine media di circa 1600 m s.l.m. con limiti variabili tra 800 e i 2000 m. Il suo limite altitudinale superiore, soprattutto in Appennino, è molto inferiore alle potenzialità della specie a causa di una complessa interazione tra i fattori climatici, specialmente l'effetto dei periodi di siccità estiva e la millenaria pressione antropica, esercitata attraverso la pastorizia transumante o le utilizzazioni per legname da opera e combustibile. Questo è evidente in Appennino settentrionale sulle Alpi Apuane dove il limite superiore si aggira mediamente attorno ai 1450 m, come anche in quello centrale, nei massicci del Gran Sasso, del Velino-Sirente e dei Sibillini e in quello meridionale, soprattutto sul Pollino. Altri massicci, come i Monti della Laga, i Simbruini e l'Orsomarso sembrano meno influenzati da perturbazioni di origine antropica (Bonanomi et al. 2020).

In Europa sono stati identificati tre maggiori gruppi genetici e per il faggio appenninico, che deriva da rotte migratorie peninsulari partite dal meridione, sembra che vi siano stati scambi anche con popolazioni balcaniche. In realtà la popolazione di faggi dell'Italia meridionale si è diffusa verso Nord sugli Appennini, ma sembra che non abbia mai raggiunto l'Italia a Nord della pianura padana. Sembra che le Alpi italiane siano state colonizzate da popolazioni delle Alpi orientali-Slovenia-Istria, che si sono espanse rapidamente e vigorosamente all'inizio del periodo postglaciale, e si sono estese verso Ovest lungo il versante settentrionale della catena alpina fino ai Vosgi e oltre, fino all'Inghilterra (Fig. 17). Sembra che la migrazione delle popolazioni dell'Italia centrale abbiano raggiunto l'Appennino settentrionale solo durante la seconda metà dell'Olocene (Magri et al 2006), quindi il faggio vi sarebbe arrivato relativamente tardi rispetto ad altre specie, quando il clima stava già cominciando lentamente a cambiare, fatto che collima con il suo temperamento di tipo "oceanico". Questo temperamento ha permesso al faggio di sopravvivere all'ultimo periodo glaciale in aree rifugio distinte in Europa centrale e mediterranea, spesso in alternanza nel tempo e nello spazio con l'abete bianco, che riesce a so-

pravvivere per molti decenni all'ombra delle faggete per poi affermarsi non appena la copertura delle chiome viene meno. Per queste sue capacità le catene montuose non hanno costituito barriere geografiche per il faggio ma ne hanno facilitato la diffusione durante più cicli glaciali-interglaciali.

Le popolazioni appenniniche, sempre secondo Magri et al. (2006), non avrebbero contribuito alla colonizzazione dell'Europa centro-settentrionale ma avrebbero avuto solo un'espansione limitata agli Appennini e in parte alle Alpi occidentali e sicuramente le popolazioni tosco-emiliane hanno funzionato da ponte per questa migrazione.

Questi risultati sono confermati e resi più precisi da Postolache et al. (2021), secondo cui il faggio in Europa è suddiviso in tre gruppi principali relativamente ben separati (Fig. 18). Uno domina l'Europa settentrionale (area verde), mentre un altro prevale in Europa occidentale (l'area rossa). Questi gruppi sono separati da un confine genetico che dalla costa tirrenica settentrionale arriva fino all'Inghilterra meridionale, dove vi è mescolanza. Le popolazioni dell'Appennino sono affini a quelle della penisola balcanica e dei Carpazi, formando il gruppo dell'Europa meridionale (area blu), che ospita gli antichi rifugi glaciali di faggio nell'Europa sud-orientale. Questa distribuzione geografica collima con i risultati di studi precedenti genetici e paleoecologici, per i quali queste popolazioni meridionali si espansero solo fino all'Appennino settentrionale e ai Carpazi centrali (Leonardi e Menozzi 1995,). Le popolazioni appenniniche tosco-emiliane sono dunque al margine occidentale del gruppo genetico meridionale che ha, o ha avuto, connessioni con quelle del gruppo nord-occidentale.

Oggi il faggio appenninico corre seri rischi di vedere contrarsi il suo areale in relazione agli effetti del cambiamento del clima e per questo sono in corso ricerche miranti a monitorarne i comportamenti e individuare migliori forme di selvicoltura adattativa (Jump et al. 2006, Marchi e Ducci 2018).



Figura 15 - Faggeta appenninica in abito invernale

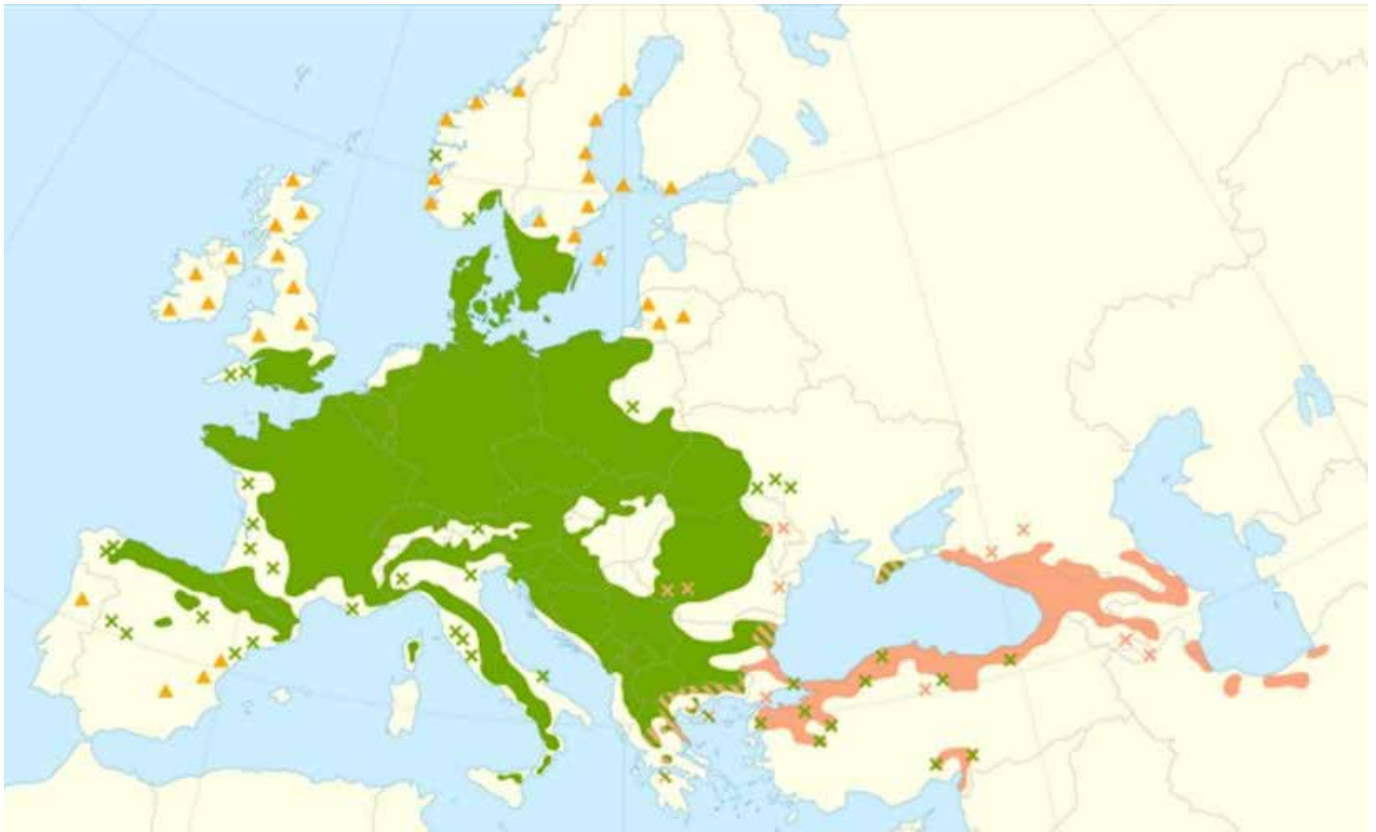


Figura 16 - L'areale del faggio in Europa (Caudullo et al. 2017)

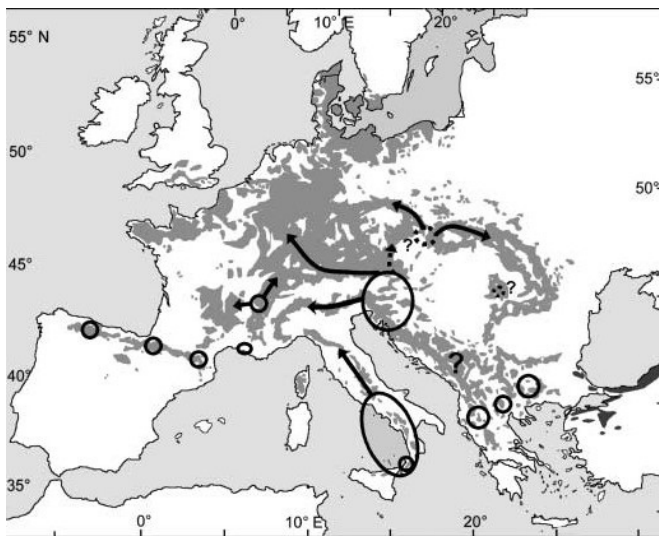
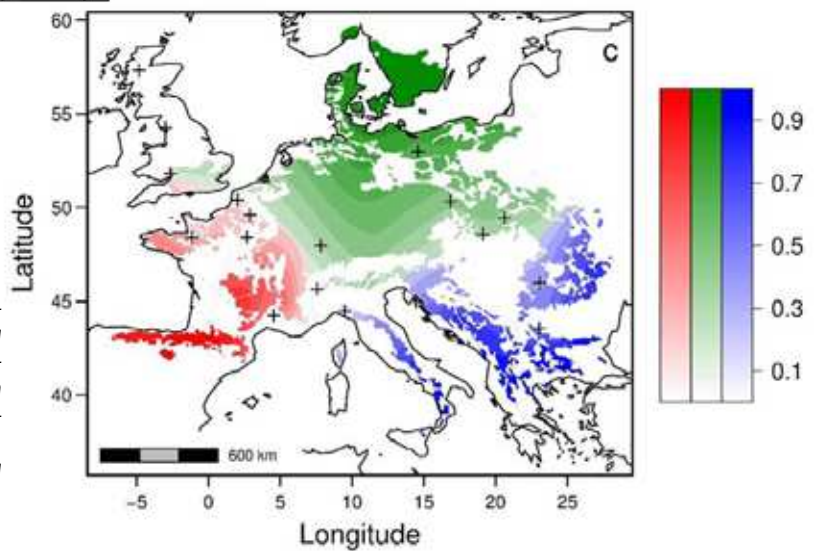


Figura 17 - Principali aree rifugio glaciali e rotte di espansione post-glaciali (Magri et al. 2006). I cerchi rappresentano le aree rifugio glaciali e le frecce indicano le presunte migrazioni seguite a partire da quei rifugi glaciali. Gli Appennini sono stati colonizzati da sud mentre le Alpi preminentemente da est. L'interrogativo dei Balcani è stato poi risolto da Postolache et al. (2021)

Figura 18 - Ipotesi di strutturazione in tre gruppi principali del faggio in Europa. Ogni colore corrisponde a un gruppo geneticamente affine e l'intensità del colore indica la probabilità delle popolazioni presenti in quella zona di appartenere a un gruppo. Sono considerate solo le aree appartenenti all'areale del faggio. Le croci indicano popolazioni miste, non assegnate a un singolo cluster (da Postolache et al. 2021)



Betulla bianca (*Betula pendula* Roth.)

- **Temperamento:** Specie marcatamente continentale, di climi temperato-continentali e continentali. Si adatta a suoli anche particolarmente acidi, un esempio ne è la popolazione che prospera nella caldera sulfurea di Manziana (Roma) a 350 m di altitudine.
- **Altitudine in Appennino:** dai 300 ai 2000 m secondo i versanti
- **Requisiti climatici:** simili a quelli dell'abete rosso
- **Temperature medie annue:** resiste bene ai venti freddi
- **Precipitazioni:** > 600 mm

La betulla (*Betula pendula* Roth) è un albero eliofilo, monoico, impollinato dal vento, con piccoli semi e un'ottima capacità pollonifera che le permettono di colonizzare rapidamente aree aperte, anche lontane, che presentano suoli decapitati come frane o scarpate. Il suo areale copre l'Europa centrale, i Balcani e il Nord Europa, dove la distribuzione è pressoché continua in foreste pure e miste.

A sud, nell'Appennino e nei Rodopi meridionali (Grecia settentrionale) la distribuzione è più irregolare e per piccolissime popolazioni isolate poste principalmente ad altitudini più elevate (Vakkari, 2009). Le piante di betulla possono rimanere anche per decenni isolate in foreste miste per poi creare rapidamente piccole e dense popolazioni disseminando non appena il suolo si scopre.

De Dato et al. (2020), grazie ad analisi genetiche condotte su popolazioni appenniniche, alpine e balcaniche, hanno mostrato che in Appennino c'è minore diversità genetica intra-popolazione e maggiore differenziazione inter-popolazione, grazie forse all'isolamento determinato da barriere geografiche e genetiche intorno a questi siti. Queste caratteristiche non sono state invece rilevate in Grecia dove evidentemente i flussi di geni sono assicurati con le aree alpine e balcaniche più settentrionali. Inaspettatamente, anche le popolazioni dell'Italia meridionale hanno mostrato legami con l'area greca e le alpi centro-occidentali (Fig. 22).



Figura 19 - La popolazione di betulla di Manziana (Roma)



Figura 20 - L'areale della betulla bianca (Caudullo et al. 2017)

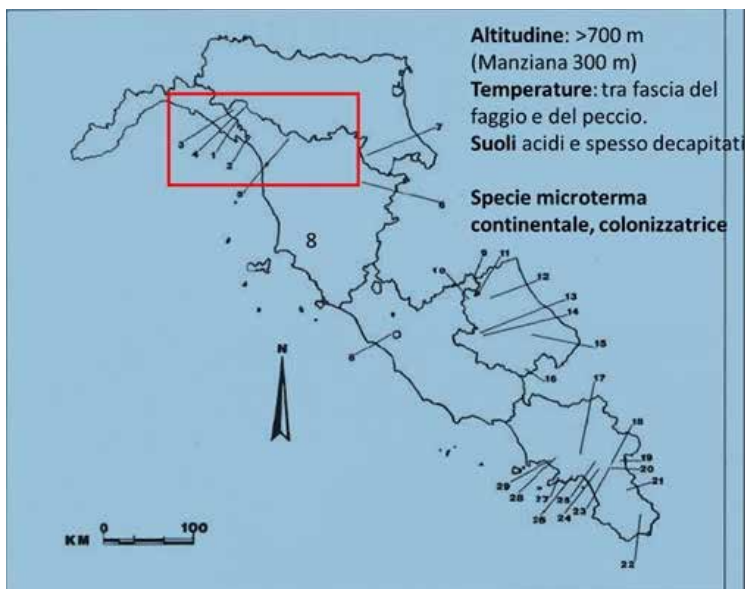
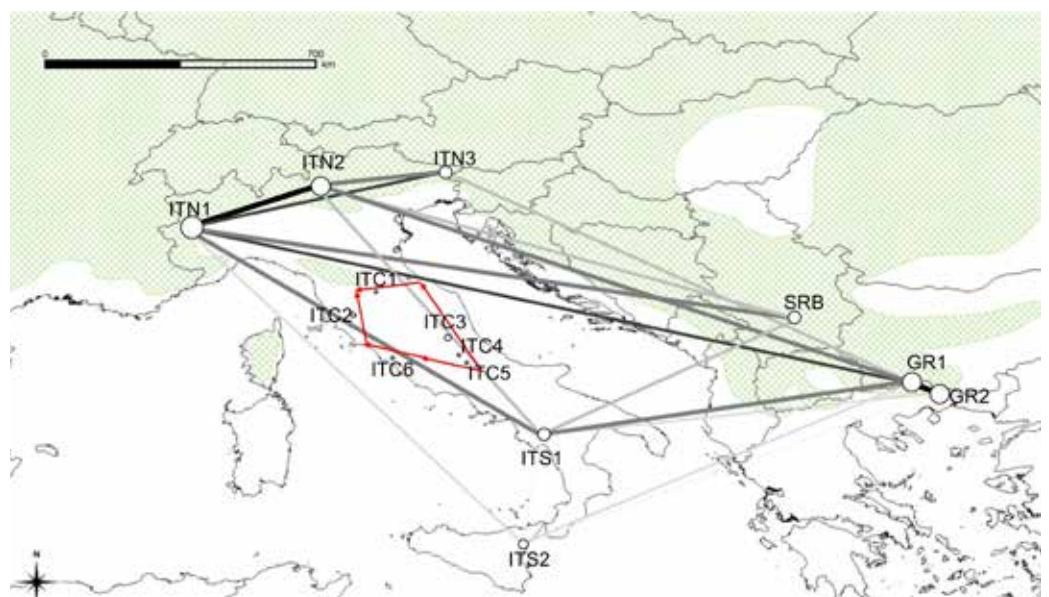


Figura 21 - L'areale della betulla in Italia peninsulare (modificato da Plini e Tondi 1989)

Popolazioni censite in Toscana:

- 1,2,3 Liguria orientale
- 4, Monte Orsaro
- 5, Torrente Gordana
- 6, Preappennino lucchese/pistoiese
- 7, Pratomagno
- 8, Belagajo

Figura 22 - Mappa delle relazioni tra popolazioni greche, balcaniche, appenniniche e alpine. Lo spessore e i colori delle linee sono proporzionali all'intensità del legame genetico tra le popolazioni mentre la dimensione del nodo rotondo è proporzionale al numero di collegamenti che ciascun nodo ha con le altre popolazioni. Le frecce rosse indicano la posizione delle barriere al flusso genico che nel nostro caso corrispondono ai versanti appenninici (de Dato et al. 2020). Le popolazioni dell'Appennino settentrionale ITC1 e ITC2 hanno parzialmente contribuito alla costituzione di quelle alpine occidentali fungendo da ponte per le migrazioni dal versante tirrenico meridionale.



Prospettive per le odierne aree rifugio interglaciali

Il rapido evolversi del clima alle nostre latitudini sta determinando un evidente spostamento delle isoterme a latitudini minori e ad altitudini più elevate. A questo proposito, Isak et al. (2013) hanno evidenziato alcune principali assunzioni, utili a comprendere gli effetti dei cambiamenti in atto:

- La velocità del cambiamento climatico è legata alla velocità con cui le isoterme si spostano nel paesaggio e le stime indicano che si spostano a monte a 0,13–1,3 km/decennio nei pendii con 2–10% di pendenza e 1,3–25 km/decennio in pianura.
- I modelli matematici prevedono che le isoterme si spostino con valori, molto variabili secondo le caratteristiche locali, tra 1,5 e 43 km/decennio, con un innalzamento delle temperature medie di circa 0,6°C, velocità che potrebbe aumentare a 5–143 km nella prima metà di questo secolo, se si verificassero scenari con incrementi di circa 2°C della temperatura media dell'aria.
- La distribuzione delle specie si sta già spostando lentamente verso aree più fresche (quote più elevate e verso i poli) in risposta al cambiamento climatico. Questo ultimo assunto è molto importante perché evidenzia i rischi per l'esistenza di popolazioni che oggi sono ai margini o alla periferia dell'area di distribuzione ma che un tempo sono state la fonte di variabilità genetica da cui le foreste europee si sono originate dopo l'ultimo massimo glaciale. Se nel periodo glaciale queste periferie furono rifugi per la specie, oggi sono rifugi interglaciali che possono ospitare una diversità genetica che ha potuto evolversi per millenni in ambienti sempre più difficili e di margine, sviluppando in molti casi capacità adattative che le popolazioni più recenti, che crescono nell'ottimo ambientale, non hanno potuto sviluppare. È necessario quindi cercare di preservare queste popolazioni (Lesica e Allendorf 1995, Channel 2005), perché potrebbero essere fonte di variazione genetica adattativa utile per la sopravvivenza della specie (Fady et al. 2016). Il problema è che se le isoterme salissero troppo in altitudine e troppo rapidamente, queste popolazioni non avrebbero più spazio per migrare e superando limiti ambientali propri della specie finirebbero con l'estinguersi (Lindner et al. 2014).

In questo lavoro sono stati richiamati frequentemente i concetti di *perifericità* e *marginalità* (Hampe e Petit 2005, Fady et al. 2016, Fig. 23 e Fig. 24) che in ambiente scientifico servono per dare le seguenti definizioni:

- Una popolazione è "periferica" quando si trova ai limiti dell'areale della specie e vive in condizioni ambientali stressanti e sub-ottimali per la

riproduzione, quasi al limite di tolleranza della specie.

- Una popolazione si dice "marginale" quando si trova all'interno dell'areale della specie ma in un ambiente dove uno o più parametri ambientali sono alterati, ostacolando e compromettendo la sopravvivenza della popolazione.
- Nell'areale di una specie, avendone in mente il passato migratorio post-glaciale, si possono distinguere convenzionalmente popolazioni di retroguardia (*rear edge*), ovvero quelle lasciate indietro durante la progressiva migrazione, popolazioni di avanguardia (*leading edge*), costituite da piante pioniere sul fronte di avanzamento della migrazione. In questi margini, solitamente, la variabilità genetica è ridotta sia per effetto dell'erosione genetica o perché esistono pochi individui per lo più adattati a condizioni speciali. Si distingue infine il nocciolo (*core*), il cuore della specie, costituito dalla maggioranza degli individui che gode di condizioni ambientali ottimali e che si trova nelle zone centrali dell'areale della specie, queste sono chiamate appunto popolazioni "centrali"; in esse, di solito, si ha una variabilità genetica molto elevata grazie ai più flussi di geni ma minore differenziazione tra boschi.

Più in dettaglio, nel caso dell'Appennino Tosco-Emiliano, le popolazioni locali descritte si possono definire come segue (Ducci e Donnelly 2018):

- marginali geograficamente perché crescono ai margini dell'areale geografico. Queste popolazioni possono essere propriamente marginali, ovvero poste ai margini geografici dell'areale centrale (*core*) senza soluzione di continuità (faggio), oppure possono essere in parte disgiunte (alcune popolazioni di abete bianco per es.) con rari periodici scambi di polline o semi (Kremer et al. 2012).
- periferiche (es. abeti, pino silvestre e betulla) perché sono isolate e via via potrebbero prendere una loro direzione, differenziandosi e talvolta con fenomeni di deriva genetica.
- alcune sono interessate anche da marginalità ecologica in quanto alcuni parametri ecologici per loro necessari si stanno modificando verso i limiti di tolleranza.
- molte sono le popolazioni altitudinalmente marginali, sotto forma di gruppi di alberi poco sviluppati e malformati alle quote più elevate. Tuttavia queste, con il mutare delle condizioni climatiche, potrebbero invece ben riprodursi e con individui ben adattati.
- anche all'interno delle popolazioni geograficamente marginali, possono essere identificate sotto-popolazioni di *leading* e *trailing edge*.

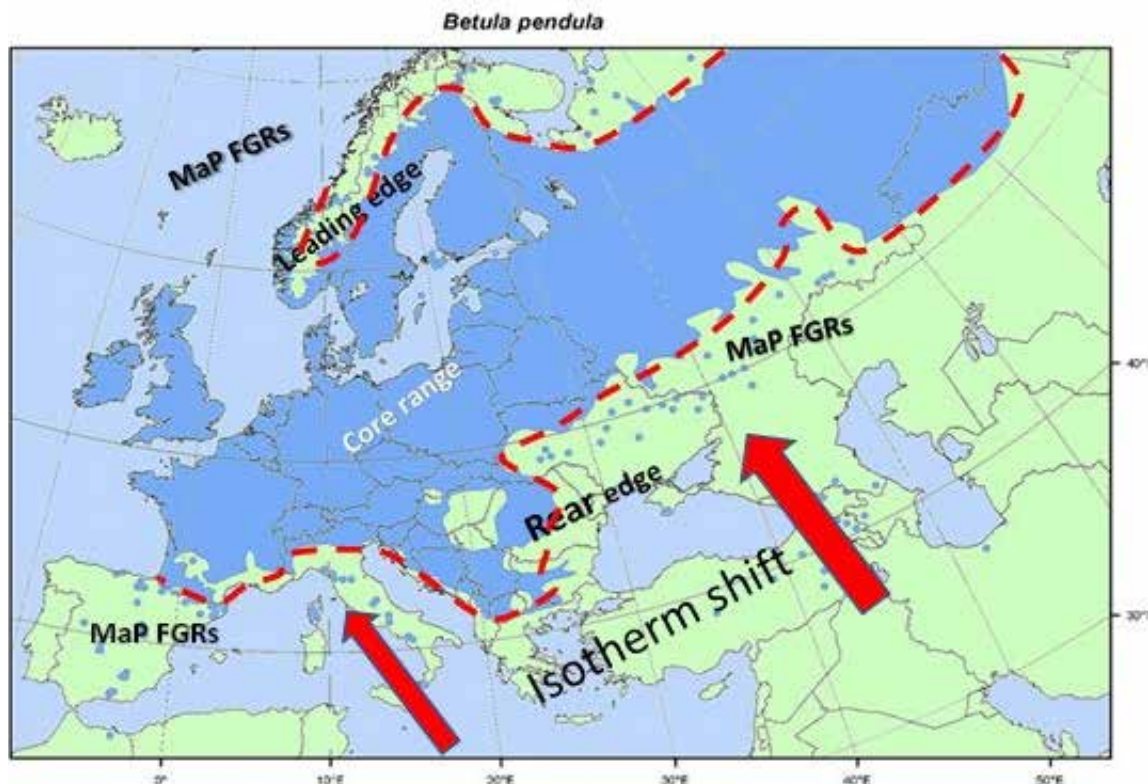


Figura 23 - Esempio schematico degli effetti di traslazione latitudinale delle fasce climatiche verso Nord in seguito al riscaldamento globale post-glaciale sull'areale della betulla, si notino le popolazioni relitte rimaste isolate dai margini meridionali durante la migrazione e oggi possibile fonte di variabilità adattativa (modificato da P. Vakkari 2009, Euforgen).

Secondo questo modello esemplificativo (Fig. 23) con il riscaldamento post-glaciale le isoterme, traslando progressivamente verso nord, hanno fatto sì che l'areale della betulla sia migrato verso fattori climatici ottimali per la sopravvivenza della specie. A settentrione il fronte di avanzamento è stato più omogeneo, attestandosi più o meno all'altezza del circolo polare nelle zone più continentali, con poche popolazioni pioniere, relativamente, più avanzate. A sud invece l'areale appare più sfrangiato e meno lineare, a causa della presenza di molte catene montuose che hanno consentito la persistenza di condizioni adatte anche a minori latitudini. Molte popolazioni sono sopravvissute rimanendo isolate a quote e/o esposizioni favorevoli. È il caso del Ponto e del Caucaso a est e della penisola italiana e di quella iberica a ovest.

Lo stesso fenomeno si è verificato e si verifica in senso altimetrico (Fig. 24). Con il riscaldamento le isoterme si spostano in quota e le diverse specie devono ridistribuirsi di conseguenza. Per quelle più termofile, come querce e castagno, il problema è relativo perché hanno spazio per risalire le valli e i fianchi delle montagne ricollocandosi abbastanza agevolmente, mentre per le specie più microterme, come ad esempio faggio, abeti, pini montani e larici, il problema si fa più grave perché la loro nicchia climatica può andare a collocarsi sulle creste sterili o ben oltre la cima delle montagne, ponendo queste piante in condizioni di grave rischio per non poter migrare.

Un fenomeno del genere è documentato nel parco dell'Adamello, dove entro i prossimi 50 anni circa si prevede la redistribuzione e in qualche caso la sostituzione nelle diverse fasce climatiche attuali da parte di specie più termofile (rovere, castagno, faggio ecc.) che risalgono le valli e si espandono a scapito di quelle più microterme (Gerosa et al. 2013).

Gli strumenti tecnologici e statistici odierni consentono di riconoscere popolazioni con caratteristiche di marginalità, grazie alla possibilità di realizzare grandi database internazionali georeferenziati (Fady et al. 2021) e di lavorare su grandi scale geografiche (Picard et al. 2022). I ricercatori possono così monitorare nel tempo e nello spazio gli effettivi cambiamenti e anche simulare possibili futuri scenari e quindi suggerire azioni per la conservazione o il salvataggio di queste popolazioni.

A questo proposito Marchi e Ducci (2018) hanno effettuato stime di come potrebbe contrarsi la nicchia climatica necessaria a specie temperate come faggio e abete bianco nel loro areale italiano in relazione a due scenari climatici di intensità crescente del riscaldamento (medie annue di 2°C e 4°C) di qui ai prossimi 50 anni (Fig. 25). Gli areali, soprattutto quello del faggio, si frazionerebbero sempre più dando origine a popolazioni disgiunte di cui molte, rimaste isolate, di abete soprattutto, andrebbero incontro a una intensa erosione genetica e dovrebbero migrare rapidamente a quote maggiori per non estinguersi.

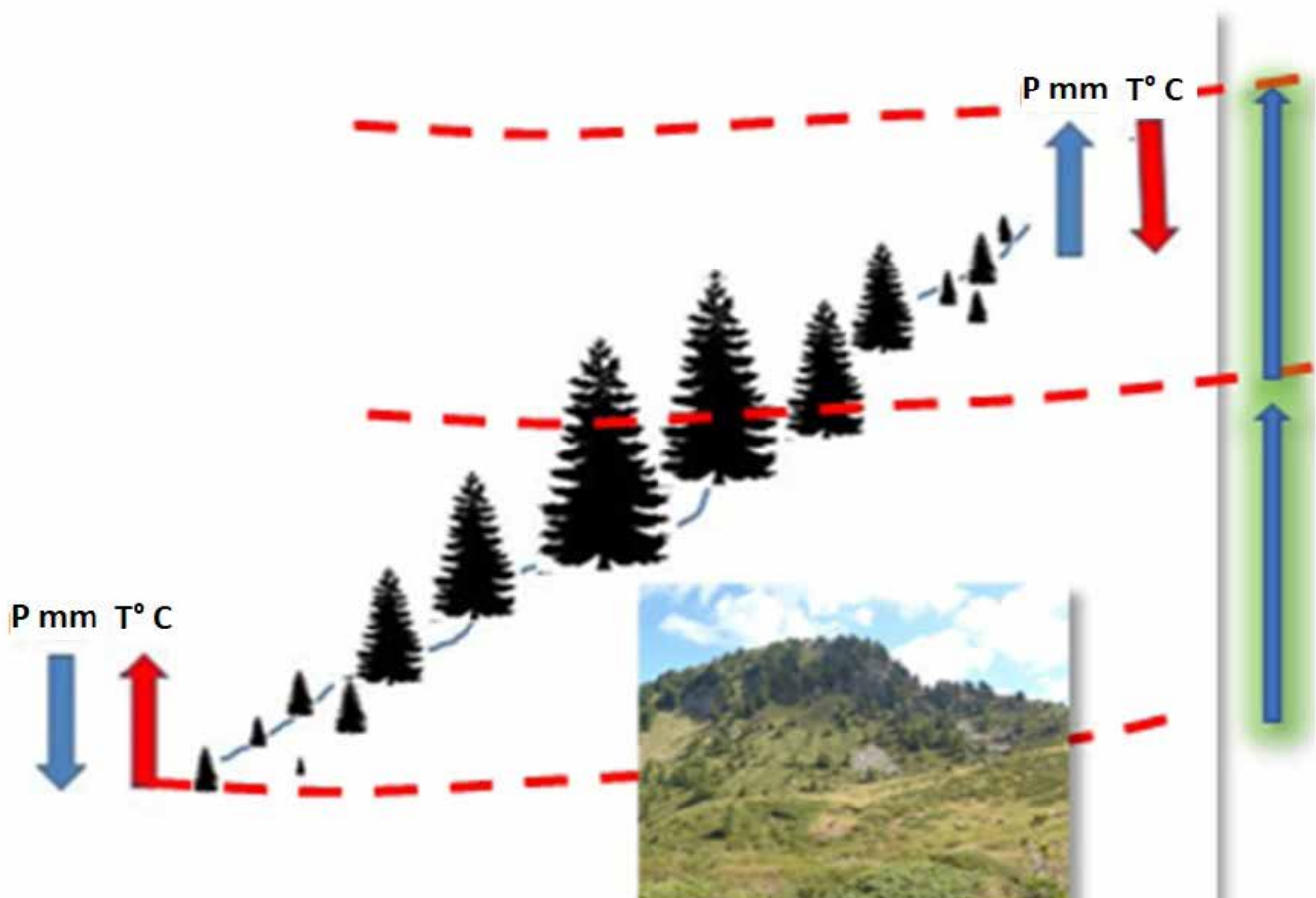


Figura 24 - Esempio schematico della struttura di una popolazione di abete in altitudine sottoposta all'effetto della traslazione delle isoterme per lei utili. A monte la popolazione pioniera in fase di avanzamento (leading edge), al centro la popolazione che ancora si trova in condizioni ottimali, a valle la popolazione in ritirata (rear edge), progressivamente erosa da peggiori condizioni

Le popolazioni forestali possono reagire ai cambiamenti ambientali utilizzando in situ le capacità adattative individuali e di popolazione oppure, se i limiti ecologici della specie non sono superati in maniera troppo veloce, possono migrare. Questo, avviene, secondo la specie, utilizzando diverse strategie di dispersione di polline e semi attraverso il vento o usando gli animali come vettori.

La velocità di migrazione dipende dalla strategia di dispersione, dal peso del seme (Boisvert-Marsh et al 2022), dalla frequenza di annate di maggior produzione di seme e dalla combinazione di tutto questo con fattori microambientali più o meno favorevoli alla germinazione e alla sopravvivenza delle nuove piantine. Si può comprendere quindi quanto sia difficile trovare la congiunzione favorevole di tutte queste variabili.

Nonostante tutto, una specie arborea può migrare. In letteratura si trovano valori medi dei tassi o velocità di migrazione per le specie forestali stimati nell'ordine di qualche centinaio di metri in latitudine ad anno e di alcuni metri in altitudine. Feurdean et al. (2013) hanno stimato velocità di migrazione post-glaciale dai rifugi più settentrionali in Europa intorno a 60–260 m/anno, inferiori rispetto a quelli stimati ipotizzando la migrazione dai rifugi meridionali di 115–550 m/anno. Secondo gli Autori gli alberi

caratteristici delle prime fasi di colonizzazione (specie più pioniere) sembra migrassero più velocemente di quelli tipici delle fasi ecologiche più tardive e mature.

Se compariamo queste velocità di migrazione con quelle di traslazione delle attuali isoterme di 11,5 m/anno in altitudine e 3000 m/anno in latitudine stimate in uno scenario climatico futuro che preveda un innalzamento delle temperature medie di 2°C in 35 anni (Mátyás 2007) si può comprendere che molte popolazioni non avranno via di scampo nel prossimo futuro. Si stima che nell'emisfero settentrionale circa il 66% del limite superiore del bosco abbia avuto in generale un incremento di quota, mentre il 34% non ne ha mostrati (Hansson et al. 2021, Lu et al., 2021). Nonostante questa capacità di reazione, tuttavia, l'avanzamento medio del limite del bosco in altitudine è stato stimato in meno di mezzo metro per anno, troppo poco per tenere dietro alla velocità imposta dal riscaldamento climatico (Lu et al., 2021). Non è detto quindi che tutte le specie siano in grado di seguire abbastanza velocemente il rapido ritiro verso nord e in altitudine delle isoterme, alcune avranno tempi di reazione troppo lenti (Boisvert-Marsh et al. 2020).

Cosa potrebbe accadere nel nostro Appennino? La capacità del limite superiore del bosco di risalire è

condizionata da molteplici fattori ambientali quali la durata dell'inverno e del manto nevoso, l'umidità del suolo, le temperature, l'evaporazione, ecc. che variano moltissimo secondo il regime climatico dominante e, localmente, in funzione della quota, dell'esposizione, della disposizione degli strati geologici, delle caratteristiche pedologiche e moltissimo dei fattori antropici. Di conseguenza, i limiti della foresta non avranno un fronte continuo e omogeneo, ma saranno compositi dove si alterneranno micro-siti più o meno favorevoli all'insediamento degli alberi (Holtmeier e Broll 2005).

In molte aree montane del Mediterraneo, con alte montagne prossime al mare, Beloiu et al. (2022) non hanno registrato per ora variazioni significative nella quota del limite superiore del bosco, nonostante l'aumento della temperatura e la ridu-

zione di precipitazioni; questo fenomeno sembra compensato abbastanza bene dall'esposizione topografica, dalla distanza dal mare e dai venti dominanti. Pertanto il ritardo temporale nella risposta del limite superiore del bosco al riscaldamento globale potrebbe essere spiegato da una combinazione di fattori topografici e microclimatici. La distanza dal mare può essere un fattore di sopravvivenza importante perché connessa con il verificarsi di precipitazioni occulte capaci di compensare le ridotte precipitazioni meteoriche.

Per gli Appennini, come per la maggior parte delle montagne mediterranee, non è facile stabilire dei modelli che descrivano e seguano l'evolversi del limite del bosco, essendo questo molto influenzato dall'effetto antropico, per cui si possono solo ipotizzare modelli potenziali (Pezzi et al. 2007 - Vitali

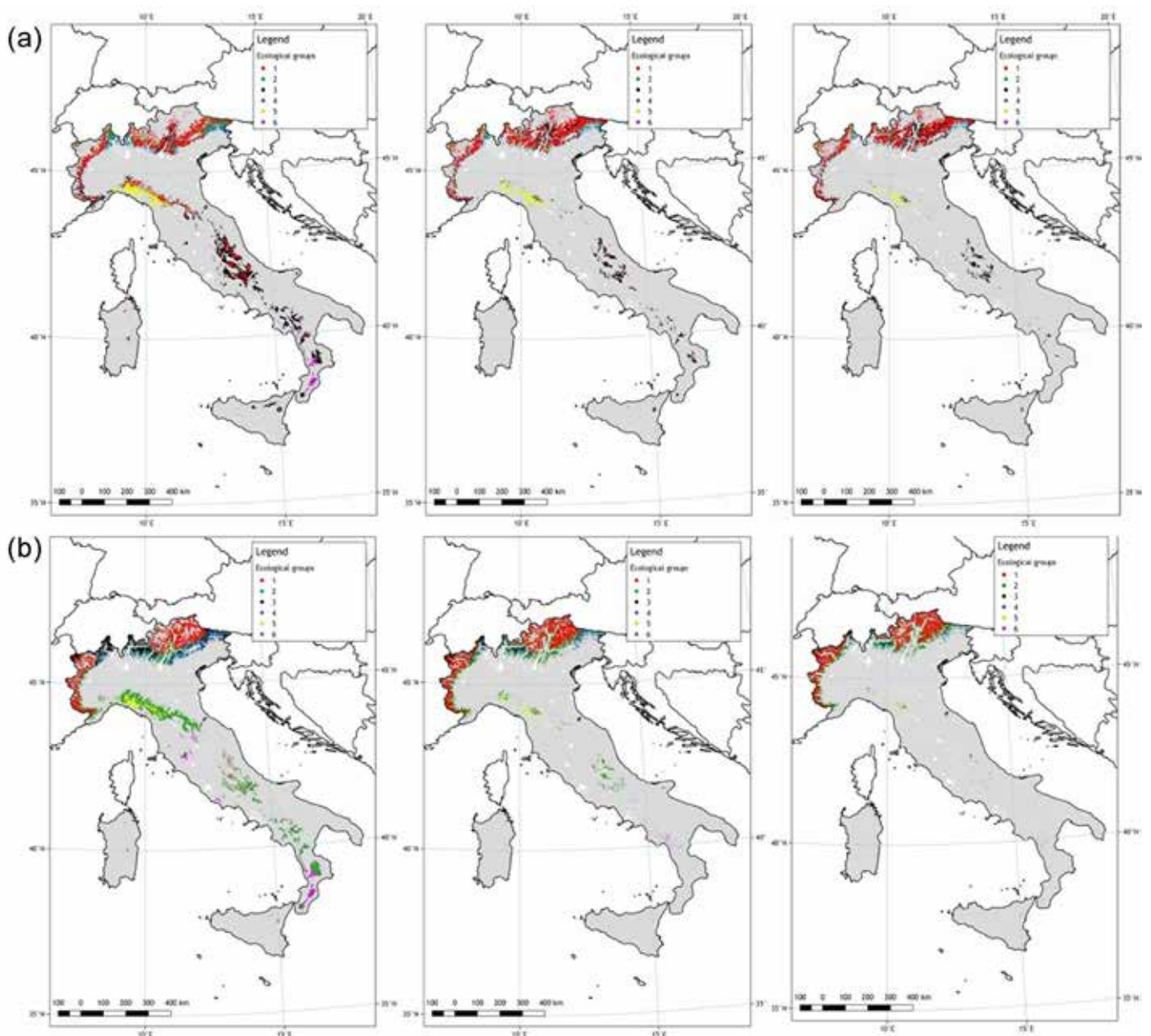


Figura 25 - Ipotesi sulla possibile contrazione degli areali di distribuzione del faggio (a) e dell'abete bianco (b) in Italia in relazione allo spostamento altimetrico e latitudinale delle isoterme secondo scenari ipotizzati con due livelli di incremento della temperatura media annua (da Marchi e Ducci 2018)

et al. 2018). Prendendo a riferimento il faggio anche per le nostre montagne Gallucci et al. (2010) hanno evidenziato come nel breve periodo non sia possibile rilevare una risposta delle popolazioni con uno spostamento altitudinale in relazione al riscaldamento climatico, mentre si evidenziano segni di sofferenza in condizioni climatiche con progressivo inaridimento. Nell'area Prado-Cusna il limite altitudinale del bosco è localizzato tra i 1538 e i 1804 m e nella loro approssimazione i dati mostrano una prevalente stabilità del limite altitudinale del bosco (Pezzi et al. 2007).

Conclusioni

Quanto è stato evidenziato mostra la grande complessità delle interazioni che le diverse specie hanno sviluppato nel corso di ere e che adesso devono confrontarsi con un ambiente in rapido evolversi come quello mediterraneo.

Dobbiamo essere consapevoli che quelli che noi chiamiamo correntemente rifugi glaciali, sono in realtà oggi dei rifugi interglaciali, ovvero luoghi in cui le specie arboree di clima temperato-fresco e quelle più microterme hanno trovato rifugio dopo che, terminata l'ultima grande glaciazione, hanno dovuto migrare adattandosi per quanto possibile per trovare condizioni locali compatibili con le proprie caratteristiche biologiche.

Come abbiamo visto, le comunità forestali delle Alpi Apuane e dell'Appennino tosco-emiliano hanno fatto parte e sono parte di un sistema complesso molto più ampio, che è stato ponte importante per le migrazioni glaciali e post-glaciali di interi ecosistemi. Oggi sono importanti tessere del mosaico della diversità naturale che con il loro corredo di alberi, arbusti ed erbe, hanno trovato rifugio alle quote più elevate e sono purtroppo sotto la minaccia dell'eccessivamente rapida ed intensa risalita in quota delle fasce climatiche. Troppo rapida perché le specie possano con le loro dinamiche reagire adattandosi o migrando.

Fortunatamente il mondo scientifico sta percorrendo molte strade per comprendere i fenomeni in atto e cercare soluzioni per salvaguardare queste popolazioni di valore. Una di queste è senz'altro quella, ormai praticata da tempo, di percorrere a ritroso la storia delle specie e dei climi attraverso studi di dendrocronologia sugli anelli degli alberi. Questi studi permettono di capire le dinamiche climatiche e delle specie arboree del passato. L'altra è quella di organizzare un monitoraggio delle popolazioni forestali, condiviso e organizzato su grandi scale per cogliere le variazioni temporali degli effetti del cambiamento del clima. Vari esempi se ne possono trovare in Europa e in altri continenti, purtroppo però il lasso di tempo preso in esame è ancora troppo breve e le reazioni registrate per molte specie non sono ancora ben chiare.

Inoltre non sono ancora sempre ben chiare le idee e i metodi per gestire in situ le popolazioni e per sostenere azioni più pragmatiche come il trasferimento di quelle di maggior valore e più a rischio.

Occorre anche tener conto del fatto che i metodi nel nostro settore non sono mai generalizzabili: ogni ecosistema, ogni bosco è una cosa a sé con caratteristiche proprie, che richiedono adattamenti, metodi e tecniche modulati secondo le esigenze locali e la struttura genetica della popolazione. Si può quindi comprendere quanto sia complesso trovare delle soluzioni per conservare queste importanti risorse biologiche.

Mentre la scienza progredisce rapidamente in questo settore, cosa si può fare da parte nostra? Sicuramente migliorare e approfondire la formazione di tecnici e di coloro che devono prendere decisioni è importantissimo; devono essere infatti prese decisioni rapide, su base scientifica e soprattutto consapevoli delle conseguenze che possono verificarsi in ecosistemi che non hanno i tempi di noi umani ma quelli della natura.

Dall'altro lato anche l'educazione del pubblico e la sua partecipazione e il sostegno a quanto viene fatto possono essere altrettanto fondamentali. In questo il Club Alpino Italiano, con la sua estesa platea, può realmente svolgere un'azione significativa dal punto di vista pedagogico e formativo supportando la diffusione di una visione corretta delle azioni che devono essere intraprese, intensificando gli scambi con il mondo scientifico e correggendo le distorsioni che talvolta un ambientalismo sentimentale può portare nella visione del mondo naturale.

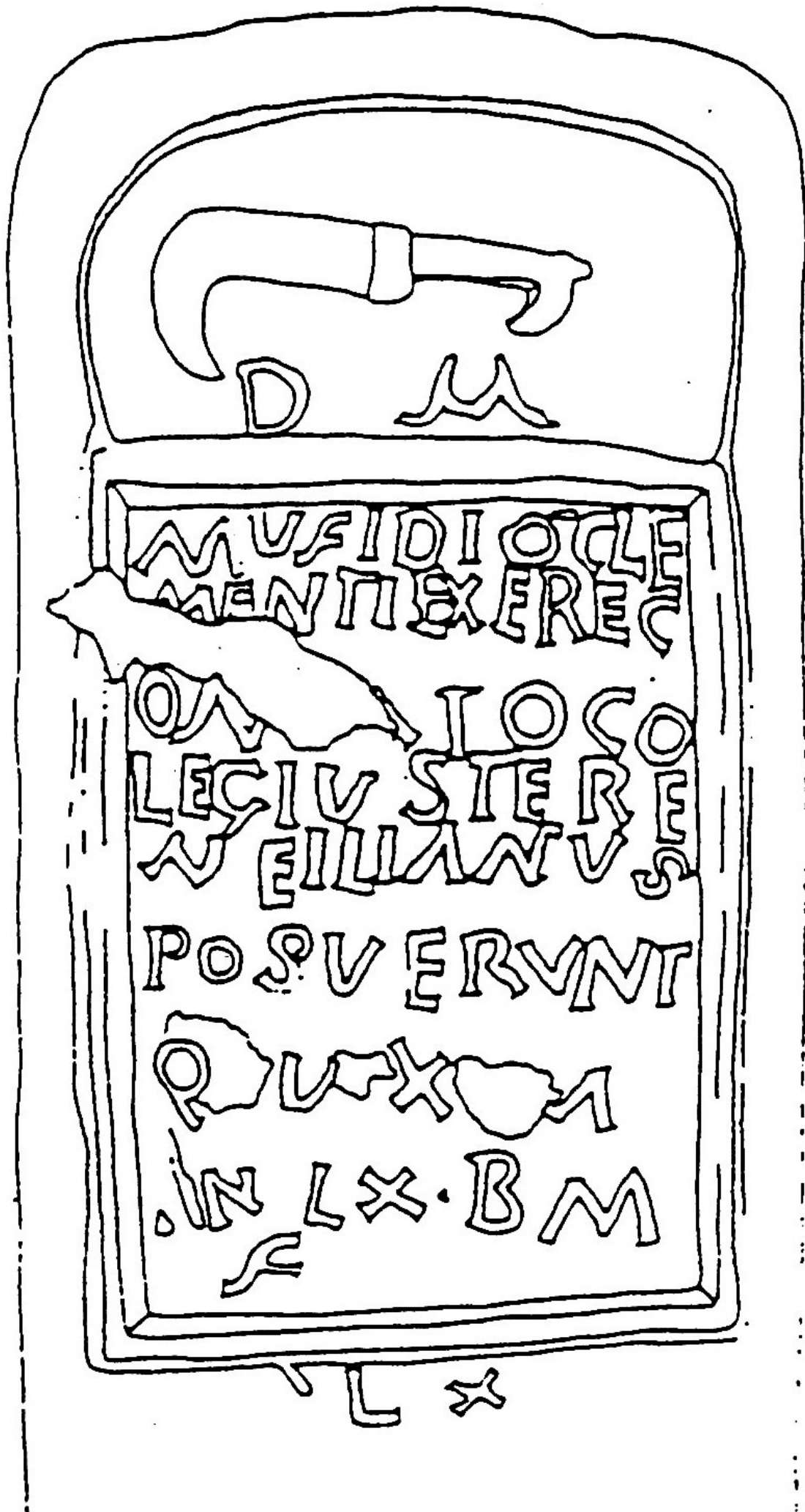
Nello stesso tempo è importante far conoscere queste popolazioni e la loro importanza per il futuro, in maniera che l'opinione pubblica sia sempre più consapevole dell'importanza che questi relitti hanno avuto e potranno avere: non è un caso, infatti, che molti paesi settentrionali chiedano ai nostri servizi di procurare seme da molte di queste popolazioni da provare a latitudini più alte per i loro programmi di mitigazione.

Bibliografia

- ADAMSON K.R., HUGHES P.D., WOODWARD J.C., 2013. *Pleistocene glaciation of the Mediterranean mountains*. Quaternary Newsletter Vol. 131 October 2013: 3
- BARONI C., GUIDOBALDI G., SALVATORE M.C., CHRISTL M., IVY-OCHS S., 2018. *Last glacial maximum glaciers in the Northern Apennines reflect primarily the influence of southerly storm-tracks in the western Mediterranean*. Quaternary Science Reviews, 197: 352 - 367
- BEDINI, G., ANSALDI, M., GARBARI, F., 2007. *Mapping and demography of endangered plants in the Apuan Alps, NW Tuscany, Italy – Bocconea 21: 27-44*. ISSN 1120-4060
- BELLETTI P., FERRAZZINI D., PIOTTI A., MONTELEONE I., DUCCI F., 2012. *Genetic variation and divergence in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) within its natural range in Italy*. Eur. J. Forest Res. (2012) 131: 1127–1138. (DOI 10.1007/s10342-011-0584-3)
- BELLETTI P., FERRAZZINI D., DUCCI F., DE ROGATIS A., MUCCIARELLI M., 2017. *Genetic diversity of Italian populations of *Abies alba**. Dendrobiology 77:147-159. DOI: 10.12657/denbio.077.012
- BELOIU M., POURSANIDIS D., TSAKIRAKIS A., CHRYSOULAKIS N., HOFFMANN S., LYMBERAKIS P., BARNIAS A., KIENLE D., BEIERKUHNLEIN C., 2022. *No treeline shift despite climate change over the last 70 years*. Forest Ecosystems, Volume 9,100002, ISSN 2197-5620, <https://doi.org/10.1016/j.fecs.2022.100002>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2197562022000021>)
- BENATTI A., BAL M., ALLÉE P., BOSI G., MERCURI A.M., 2019. *Plant landscape reconstruction above the current timberline at the Monte Cimone and Corno alle Scale Mountain areas (Northern Apennines, Italy) during the Late Holocene: The evidence from soil charcoal*. The Holocene: 1–15. DOI: 10.1177/0959683619862033.
- BOISVERT-MARSH L., PEDLAR J. H., DE BLOIS S., LE SQUIN A., LAWRENCE K., MCKENNEY D. W., WILLIAMS C., & AUBIN I., 2022. *Migration-based simulations for Canadian trees show limited tracking of suitable climate under climate change*. Diversity and Distributions, 00, 1–19. <https://doi.org/10.1111/ddi.13630>
- BIRKS H.J.B., WILLIS K.J., 2008. *Alpine trees, and refugia in Europe*, Plant Ecology & Diversity, 1:2, 147-160, DOI: 10.1080/17550870802349146 To link to this article: <https://doi.org/10.1080/17550870802349146>
- BONANOMI G., ZOTTI M., MOGAVERO V., CESARANO G., SAULINO L., RITA A., TESEI G., ALLEGREZZA M., SARACINO A., ALLEVATO E., 2020. *Climatic and anthropogenic factors explain the variability of *Fagus sylvatica* treeline elevation in fifteen mountain groups across the Apennines Forest Ecosystems*, 7: 5 <https://doi.org/10.1186/s40663-020-0217-8>
- CAUDULLO G., WELK E., SAN-MIGUEL-AYANZ J., 2017. *Chorological maps for the main European woody species*. Data in Brief 12, 662-666. DOI: 10.1016/j.dib.2017.05.007 . Da-ta: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5110768>
- CAUDULLO G., WELK E., SAN-MIGUEL-AYANZ J., 2017. *Chorological maps for the main European woody species*. Data in Brief 12, 662-666. DOI: 10.1016/j.dib.2017.05.007, Da-ta: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5101144>
- CHANNELL R., 2005. *The conservation value of peripheral populations: the supporting science*. Proc. Species at Risk 2004, Pathways to Recovery Conference. 6 March 2–6, 2004, Victoria, B.C.: 1- 17. (<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.608.6225&rep=rep1&type=pdf>)
- DE DATO G.D., TEANI A., MATTIONI C., ARAVANOPOULOS F., AVRAMIDOU E.V., STOJNIC S., GANOPOULOS I., BELLETTI P., DUCCI F., 2020. *Genetic Analysis by nuSR Markers of Silver Birch (*Betula pendula* Roth) Populations in Their Southern European Distribution Range*. Front. Plant Sci. 11:310.
- DUCCI F., DONNELLY K., 2018. *Forest tree Marginal Populations in Europe - Report on the state of knowledge on forest tree marginal and peripheral populations in Europe*. Annals of Silvicultural Research - 41 (3), 2017: 1 – 12. <http://dx.doi.org/10.12899/asr-1586>
- FADY B., ARAVANOPOULOS F.A., ALIZOTI P., MÁTYÁS C., VON WÜHLISCH G., WESTERGREN M., BELLETTI P., CVJETKOVIC B., DUCCI F., HUBER G., KELLEHER C. T., KHALDI A., DAGHER KHARRAT M. B., KRAIGHER H., KRAMER K., MÜHLEHALER U., PERIC S., PERRY A., ROUSI M., SBAY H., STOJNIC S., TIJARDOVIC M., TSVETKOV I, VARELA M. C., VENDRAMIN G. G., ZLATANOV T., 2016. *Evolutionbased approach needed for the conservation and silviculture of peripheral forest tree populations*. Forest Ecology and Management 375: 66–75
- FADY B., BOI G., DUCOUSSO A., BERTHOLD H., ELIADES N.-G., SBAY H., BALLIAN D., GÖMÖRY D., KELLEHER C., LADIER J., DANUSEVICIUS D., DUCCI F., BOU DAGHER KHARRAT M., MARKIEWICZ P., MALVOLTI M.E., DAVID-SCHWARTZ R., WESTERGREN M., VENDRAMIN G.G., MYKING T.,...FIORELLA V., 2021. *A dataset of 577 marginal and peripheral forest tree populations in Europe [Data set]*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4767651>
- FERRARINI E., 1970. *Considerazioni sull'origine della Flora e sull'oscillazione dei piani di vegetazione delle Alpi Apuane*. Biogeographia - The Journal of Integrative Biogeography: 68 - 87. DOI: 10.21426/B61110512
- FEURDEAN A., BHAGWAT S.A., WILLIS K. J., BIRKS H.J.B., LISCHKE H., ET AL., 2013. *Tree Migration-Rates: Narrowing the Gap between Inferred Post-Glacial Rates and Projected Rates*. PLoS ONE 8(8): e71797. doi:10.1371/journal.pone.0071797
- GALLUCCI V., ALLEGREZZA M., URBINATI C., 2010. *Dinamismi spazio-temporali e sensibilità climatica, Uno studio su fagete del limite superiore nell'Appennino centrale*. Sherwood Foreste e Alberi Oggi. 164. 11-15
- GAUTNEY J.R., TRENTON W., 2015. *A New Estimations of Habitable Land Area and Human Population Size at the Last Glacial Maximum*. Article in Journal of Archaeological Science · DOI: 10.1016/j.jas.2015.03.028
- GENTILI R., BACCHETTA G., FENU G., COGONI D., ABELI T., ROSSI G., SALVATORE M.C., BARONI C., CITTERIO S., 2015. *From cold to warm stage refugia for boreo-alpine plants in southern European and Mediterranean mountains: the last chance to survive or an opportunity for speciation?* Biodiversity, 16:4, 247-261, DOI: 10.1080/14888386.2015.1116407

- GEROSA G., FINCO A., OLIVERI S., MARZUOLI R., DUCOLI A., SANGALLI G., COMINI B., PAOLO NASTASIO P., COCCA G., GAGLIAZZI E., 2013. *Case Study: Valle Camonica and the Adamello Park*. In: Cerbu G. A., Hanewinkel M., Gerosa G., Jandl R., editors. *Management Strategies to Adapt Alpine Space Forests to Climate Change Risks* [Internet]. London: IntechOpen; 2013 [cited 2022 Sep 03]. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/45229> doi: 10.5772/56285
- HAMPE A., PETIT R.J., 2005. *Conserving biodiversity under climate change: the rear edge matters*. *Ecology Letters* 8, 461-467
- HANSSON A., DARGUSCH P., SHULMEISTER J., 2021. *A review of modern treeline migration, the factors controlling it and the implications for carbon storage*. *J. Mt. Sci.* 18, 291-306
- HOLTMEIER F.K., BROLL G., 2005. *Sensitivity and response of northern hemisphere altitudinal and polar treelines to environmental change at landscape and local scales*. *Global Ecol. Biogeogr.*, 14: 395-410 . DOI: 10.1111/j.1466-822x.2005.00168.x
- HUGHES P.D., WOODWARD J.C., GIBBARD P.L., 2006. *Quaternary glacial history of the Mediterranean mountains*. *Progress in Physical Geography* 30, 3: 334-364
- HUNTLEY B., BIRKS H.J.B., 1983. *An atlas of past and present pollen maps for Europe: 0-13000 years ago*. Cambridge: University Press, 1983
- INFC 2005 – *Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio*. Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, Ispettorato Generale - Corpo Forestale dello Stato. CREA - Centro di ricerca Foreste e Legno https://www.sian.it/inventarioforestale/jsp/dati_introa.jsp?menu=3
- ISAAK, DANIEL J.; RIEMAN, BRUCE E., 2013. *Stream isotherm shifts from climate change and implications for distributions of ectothermic organisms*. *Global Change Biology*. 19: 742-751
- JAUNSPROGE M., 2013. *Cross-Media 3D Cartography of 'Europe at the Last Ice Age' Based on Initial Data Compilations*. Master Thesis submitted for the academic degree of Master of Science (M.Sc.) at the Technische Universitaet Dresden, Faculty of Environmental Sciences, Institute for Cartography, September 29, 2013: 70 p
- JUMP A.S., HUNT J.M., PEÑUELAS J., 2006. *Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of Fagus sylvatica*. *Global Change Biology* 12, 2163-2174
- KATHRYN R. ADAMSON K.R., PHILIP D. HUGHES P.D., JAMIE C. WOODWARD J.C. 2013. *Pleistocene glaciation of the Mediterranean mountains*. *Quaternary Newsletter* Vol. 131 October 2013: 3
- LEONARDI S., MENOZZI P., 1995. *Genetic variability of Fagus sylvatica L. in Italy: The role of postglacial recolonization*. *Heredity*, 75 (1): 35-44. doi: 10.1038/hdy.1995.101
- LESICA P., ALLENDORF F.W., 1995. *When Are Peripheral Populations Valuable for Conservation?* *Conservation Biology*, 9: 753-760. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1995.09040753.x>
- LINDNER M., FITZGERALD J.B., ZIMMERMANN N.E., REYER C., DELZON S., VAN DER MAATEN E., SCHELHAS MJ, LASCH P, EGGERS J, VAN DER MAATEN-THEUNISSEN M., SUCKOW F., PSOMAS A., BENJAMIN P., HANNEWINKEL M., 2014. *Climate change and European forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management?* *Journal of Environmental Management*: 69-83
- LU X., LIANG E., WANG Y., BABST F., CAMARERO J.J., 2021. *Mountain treelines climb slowly despite rapid climate warming*. *Global Ecol. Biogeogr.* 30, 305-315
- MAGRI D., VENDRAMIN G.G., COMPS B., DUPANLOUP I., GEBUREK T., GÖMÖRY D., LATA LOWA M., LITT T., PAULE L., ROURE J.M., MANTAU J., VAN DER KNAAP O., PETIT R.J., DE BEAULIEU J.-L., 2006. *A new scenario for the Quaternary history of European beech populations: palaeobotanical evidence and genetic consequences*. *New Phytologist*, February 2006, doi: 10.1111/j.1469-8137.2006.01740.x
- MARCHESE C., 2015. *Biodiversity hotspots: A shortcut for a more complicated concept*. *Global Ecology and Conservation*, Volume 3: 297-309. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2014.12.008>
- MARCHI M., DUCCI F., 2018. *Some refinements on species distribution models using tree-level National Forest Inventories for supporting forest management and marginal forest population detection*. *iForest*, 11: 291-299. doi: 10.3832/ifor2441-011
- MÁTYÁS, C. 2007. *What do field trials tell about the future use of forest reproductive material?* In: Ko-skela, J., Buck, A. and Teissier du Cros, E., editors. *Climate change and forest genetic diversity: Implications for sustainable forest management in Europe*. Bioersivity International, Rome, Italy. pp. 53-69
- MYERS N., MITTERMEIER R.A., MITTERMEIER C.G., DA FONSECA G.A.B., JENNIFER KENT B.J., 2000. *Biodiversity hotspots for conservation priorities*. *NatureE*, Vol. 403, 24: 853 - 85, www.nature.com
- PEZZI G., BITELLI G., FERRARI C., GIRELLI V.A., GUSELLA L., MASI S., MOGNOL A., 2007. *Pattern temporale del limite altitudinale dei boschi di faggio nell'Appennino settentrionale. Un'analisi di dati fotogrammetrici*. *Forest@ 4* (1): 79-87. [online] URL: <http://www.sisef.it/>
- PICARD N., MARCHI M., SERRA-VARELA M.J., MARJANA WESTERGREN M., CAVERS S., NOTIVOL E., PIOTTI A., ALIZOTI P., BOZZANO M., C. GONZALEZ-MARTÍNEZ S.C., GRIVET D., ARAVANOPOULOS F.A., VENDRAMIN G.G., DUCCI F., FADY B., ALÍA R., 2022. *Marginality indices for biodiversity conservation in forest trees*. *Ecological Indicators*. Volume 143, October 2022, 109367 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109367>
- PINNA M., 1977. *Climatologia*. UTET, Torino, Italia: 442 p
- PIOTTI A., LEONARDUZZI C., POSTOLACHE D, BAGNOLI F., SPANU I., BROUSSEAU L., URBINATI C., LEONARDI S., VEN-DRAMIN G.G., 2017. *Unexpected scenarios from Mediterranean refugial areas: Disentangling complex demographic dynamics along the Apennine distribution of silver fir*. *Journal of Biogeography* 44: 1547-1558. DOI: 10.1111/jbi.13011
- PLINI P., TONDI G., 1989. *La distribuzione appenninica della betulla bianca*, *Natura e Montagna*, 36, 3-4: 21-28

- POSTOLACHE D., ODDOU-MURATORIO S., VAJANA E., BAGNOLI F., GUICHOUX E., HAMPE A., LE PROVOST G., LESUR I., POPESCU F., SCOTTI I., PIOTTI A., VENDRAMIN G.G., 2021. *Genetic signatures of divergent selection in European beech (Fagus sylvatica L.) are associated with the variation in temperature and precipitation across its distribution range.* *Molecular Ecology*, 30, 5029– 5047. <https://doi.org/10.1111/mec.16115>
- RAPETTI F., VITTORINI S., 2011. *Carta climatica della Toscana centro-settentrionale & Carta climatica della Toscana centro-meridionale e insulare*, CNR https://it.wikipedia.org/wiki/Clima_della_Toscana#/media/File:Toscana_Thorntwaite.png – Trentennio 1961 – 1990.
- RAVAZZI C., 2002. *Late Quaternary history of spruce in southern Europe.* *Review of Palaeobotany and Palynology* 120: 131-177
- VAKKARI P., 2009. *EUFORGEN Technical Guidelines for Genetic Conservation and Use of Silver Birch (Betula pendula)*. Rome: Bioversity International, 6. Available online at: <http://www.euforgen.org/publications/publication/betula-pendulatechnical-guidelines-for-genetic-conservation-and-use-for-silver-birch/>.
- VITALI A., URBINATI C., WEISBERG P. J., URZA A.K., GARBARINO M., 2018. *Effects of natural and anthropogenic drivers on land-cover change and treeline dynamics in the Apennines (Italy)*. doi: 10.1111/jvs.12598.[<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jvs.12598>]



Le rocce dei Pennati

Sulle tracce delle rocce sacre dei Liguri Apuani sulle Alpi Apuane

di Giancarlo Sani⁽¹⁾

(1) Ricercatore e studioso di arte rupestre, socio CAI - Sezione di Valdarno Inferiore, componente del Comitato Scientifico Toscana

Riassunto: tra Preistoria e Protostoria, in questo articolo si cerca, attraverso l'attenta osservazione e interpretazione dell'arte rupestre, di portare un contributo per confermare la presenza dell'antico popolo dei Liguri sulle Alpi Apuane. L'indagine prende in esame la rappresentazione rupestre di un'arma o di uno strumento forestale – il pennato – quale denominatore comune per la frequentazione di queste montagne apuane da parte di alcune tribù dei Liguri.

Abstract: The rocks of the "Pennati" - On the trail of the sacred rocks of the Ligurian Apuans on the Apuan Alp

Between prehistory and protohistory, in this article we try to bring a contribution to confirm the presence of the ancient Ligurian people on the Apuan Alps through the careful observation and interpretation of rock art. The investigation examines the rock representation of a weapon or a forest tool - the pennato - as a common denominator for the attendance of these Apuan mountains by some Ligurian tribes.

Cenni storici

La scarsità di documenti storici a riguardo dell'antico popolo dei Liguri rendono ancora incerte le sue origini. Alcuni ritengono la loro etnia mediterranea e dunque pre-indoeuropea, altri invece li fanno risalire a un ramo indoeuropeo stanziatosi, in seguito alla prima corrente migratoria, nella zona nord mediterranea. Alcune tribù, scacciate dalla pianura padana dall'avanzare dei Galli, occuparono il territorio compreso tra il fiume Arno e il fiume Magra e presero il nome di Apui, popolo bellicoso e con un marcato senso del sacro. Privi di qualsiasi struttura di tipo statale, essi vivevano organizzati in gruppi tribali, abitando in villaggi fortificati, i castelli, generalmente costruiti sulle pendici dei monti o in collina, le cui pendici erano ricoperte da fitte selve boschive. La loro struttura socioeconomica si basava sulla pastorizia, sulla caccia, sulla pesca e su una rudimentale agricoltura montana. Le attività pastorali e la raccolta di legname erano effettuate nelle terre della comunità definite "Compasqua".

Riguardo a questo popolo/tribù la maggior parte dei dati storici in nostro possesso proviene indiret-

tamente dalla storiografia romana. Sono, infatti, le epiche battaglie di difesa contro le legioni dell'Urbe che consacrarono questa rude popolazione agli onori della "cronaca" antica. La maggior parte d'informazioni su di loro ci giunge dalla lettura degli Annali di Tito Livio, che li definisce "*durum in armi genus*" (un popolo tosto nell'uso delle armi). Gli Apuani si dimostrarono, a più riprese, abili strateghi come testimonierebbe la battaglia del 186 a.C. nella quale i Romani furono pesantemente sconfitti; i legionari furono attirati in una gola e massacrati da orde di Apui che li avevano abilmente accerchiati calando dalle alture circostanti. Sappiamo dalle cronache che i guerrieri liguri, in tale circostanza, utilizzarono un'arma micidiale, il "pennato". Il luogo dello scontro, passato alla storia col nome di *Saltus Marcius*, rappresenta la più grave sconfitta patita dai romani durante le guerre contro i Liguri. Solo intorno al 180 a.C. i soldati dell'Urbe riuscirono a piegare questo fiero popolo in maniera definitiva e costringerlo alla resa dopodiché migliaia di Liguri Apuani furono deportati nel Sannio (Benevento).

Religiosità

Le popolazioni apuane avevano un marcato senso del sacro e forte era l'animismo che le legava al culto della roccia, delle sorgenti e delle vette. Il dio delle vette era *Pen/Pan* e con tale radice

prendono il nome molte delle montagne Apuane. Il dio delle selve era *Silvano*, molto adorato e, nell'iconografia, è rappresentato con un pennato, utensile e arma simbolo degli Apui.

Simbologia e iconografia del pennato

La ricerca e lo studio delle incisioni rupestri nel territorio abitato dai Liguri Apuani è iniziata da circa venti anni e allo stato attuale delle ricerche sono stati individuati numerosi siti (Guidi O., 1992, Citton G. - Pastorelli I., 1995 et 2001, Sani G., 2009) di varia tipologia con un panorama iconografico del tutto comparabile alle manifestazioni già documentate nell'Appennino Ligure (Priuli A. - Pucci I., 1994). I siti più importanti e significativi sono caratterizzati dalla presenza di numerose incisioni raffiguranti "pennati", tipico strumento ancora oggi usato dai boscaioli, la *falx arboraria* dei latini, la micidiale arma degli Apuani. Pochi sono i confronti possibili dato che graffiti simili (Fig.2) sono stati trovati solo in Val d'Adige (Pasotti M., 1967) e ad Arco (Priuli A., 2006). Questo strumento/arma, che chiameremo convenzionalmente con il nome attuale di "pennato", è costituito da una breve impugnatura da cui parte una larga lama di circa 40 cm di lunghezza ter-

minante con la punta ricurva in avanti. Quest'utensile è considerato appartenente alla famiglia dei falchetti e delle roncole e la cui origine morfologica potrebbe risalire alla tarda età del bronzo, come farebbero presupporre il ritrovamento di manufatti simili in contesti preistorici; la loro alta funzionalità avrebbe permesso di mantenere inalterate le caratteristiche strutturali nell'arco di tremila anni.

Si tratterebbe comunque di uno strumento che da tempo immemorabile è collegato a forti simbolismi: dalla falce di Saturno al falchetto d'oro dei Druidi. Esistono anche altre rappresentazioni del pennato in contesti più vicini a noi: nel 1979 nei pressi di Albegna (provincia di Grosseto) fu trovato un bronzo votivo etrusco datato al III secolo a.C. raffigurante un giovane nudo con un grande pennato nella mano destra, probabile rappresentazione di una deità campestre; su un frammento del frontone del Tempio dei Sassi Caduti costruito nel IV sec.



Figura 2 - La popolazione di betulla di Manziana (Roma)

a.C., è rappresentato un guerriero che impugna una lama ricurva che ricorda un pennato; sopra un sarcofago romano del II sec. d.C., adesso conservato nei Musei Capitolini di Roma, è rappresentata una scena di combattimento con un guerriero che impugna una lama pennata; nel territorio di Arlena di Castro (Viterbo) sono state recentemente recuperate sei steli funerarie (II sec. d.C.) sulle quali sono incisi dei pennati (Ricci et al., 1992); nel museo dell'area archeologica di Luni è depositata una stele votiva (Fig.3), decorata a bassorilievo, dove è rappresentato un uomo barbuto con un pennato nella mano destra e un ramo d'albero nella sinistra (un'immagine del dio Silvano, l'etrusco Selvans e il latino Silvanus), del tutto simile a quella scoperta nel 1924 presso un'antica cava di marmo nei pressi di Carrara (Banti L., 1931); altra immagine ancora riferibile al dio Silvano che impugna un grande pennato, è scolpita su un'ara votiva conservata presso il museo archeologico di Bologna; infine su una roccia lungo il torrente Jenga presso Vitulano (zona Sannio) è scolpito Silvanus con il consueto pennato nella mano destra. Sulla roccia dodici di Seradina in Valcamonica è inciso a martellina un guerriero (Fig.4) che impugna un pennato/roncola, tale figura non ha riscontri su altre rocce della valle. In Toscana è possibile trovare il simbolo del pennato nei bassorilievi della Pieve romanica di Brancoli (XII sec.) e nella facciata della chiesa di S. Martino (Fig.5) a Lucca (XI sec.).



Figura 3 in alto - Museo di Luni, stele votiva dedicata al Dio Silvano

Figura 4 sopra - Figura di Guerriero che impugna un pennato - roccia 12 di Seradina (Valcamonica)



Figura 5 - Coppia di pennati nelle tarsie della facciata della chiesa di S.Martino a Lucca

Le rocce sacre - I siti più significativi

Ripiano dei Pennati del Monte Gabberi

Il monte Gabberi si trova a sud della catena delle Alpi Apuane. Dalla sua vetta, posta a 1100 m, si domina la costa della Versilia dal Golfo della Spezia alle colline a sud di Livorno; il "ripiano dei Pennati" si trova a circa 950 m di altezza sul versante occidentale. Si tratta di un piccolo pianoro calcareo molto compatto, dove sono incisi quindici pennati (lame pennate), due asce, due mazzuoli e tre croci (Citton G.- Pastorelli I., 1995).

Il rilievo completo delle incisioni del sito è stato realizzato dal Gruppo Archeologico Pisano mentre nel 2004 il gruppo Terre Alte Toscana ha rivisitato il sito e rilevato nuovamente i segni incisi scoprendo altre lame pennate, che porterebbero così il numero delle incisioni di questa tipologia a un totale di diciassette (Fig. 6).

Si nota che le incisioni sono disposte in semicerchio intorno a una piccola vaschetta rettangolare profonda circa 7 cm da cui partono due canaletti in direzione del bordo esterno, in direzione ovest, che

domina sulla costa tirrenica. Questa disposizione delle incisioni avvalorava l'ipotesi che il sito sia stato sede di ritualità culturali. Analizzando le incisioni dei pennati si nota che il profilo degli stessi è tracciato seguendo il contorno di utensili reali appoggiati sulla roccia e che il disegno è molto consunto tanto da apparire appena percettibile anche a luce radente.

Oltre alle "lame pennate" anche le immagini che sembrano raffigurare delle piccole asce (insieme con una delle figure a "martello") sono altrettanto consuete, mentre un'altra figura a "martello" è stata scalpellata più in profondità forse in epoca moderna. Nella parte centrale della roccia sono visibili tre croci (due alla latina e una alla greca) realizzate con un'incisione più marcata e profonda rispetto ai pennati; è plausibile ricondurre la creazione delle stesse a un'azione posteriore di cristianizzazione di un luogo avente, fin a quel momento, una forte valenza culturale "pagana".



Figura 6 - Il ripiano del pennati (evidenziati) del monte Gabberi

Cresta dell'Anguillara

Dal versante sud del Monte Sumbra (1764 m) scendono verso il fondovalle tre ripidi canali (fosso del Fato Nero, fosso dell'Anguillara e fosso delle Comarelle) caratterizzati dalla presenza delle "marmitte dei giganti", grandiose e profonde erosioni circolari generate dall'azione delle acque. Proprio lungo la cresta che divide i primi due canali, affiora dal terreno una lastra di calcare saccaroide che presenta tre incisioni (755 m). Sulla roccia si vedono una lama pennata lunga circa 40 cm, incisa per picchiettatura a punti affiancati, realizzata seguendo il contorno dello strumento riprodotto a grandezza naturale senza alcuna stilizzazione; poi, a circa un metro di distanza, altri due graffiti di dimensioni minori di cui il primo si può identificare come un piccolo coltello con la punta a roncola (cm.16) affiancato, come se fosse un'unica incisione, da un segno di non facile lettura (fungo?).

A quota 790 m è situata un'altra lastra calcarea letteralmente istoriata con segni religiosi di chiara epoca medievale, come il trigramma di S. Bernardino da Siena, introdotto intorno alla metà del XV secolo come emblema del movimento religioso da lui propugnato. Si evidenzia che le iniziali di *Iesus Hominum Salvator* sono scritte al contrario, cioè da destra verso sinistra.

Questi simboli sono associati a incisioni geometriche di difficile interpretazione: alcune sembrano astratti ideogrammi mentre in altre si può riconoscere piccole figure d'animali (un uccello? un cane?). Di particolare interesse la figura antropomorfa a "merletti" e nella parte superiore della pietra l'incisione di una mano.

Adiacente alla lastra, una roccia di piccole dimensioni raggruppa cinque croci incise in modo profondo e di varia tipologia: latina, greca, pomata e tripla o papale.

Alla quota di circa 1000 m. slm si trova un'insenatura con rocce frammentate che nel mezzo possiede una bianca e liscia placca dove sono scolpite le incisioni di due falchetti e tre pennati, di cui uno di lunghezza fuori del normale: circa ottanta cm. Associate alle lame le incisioni di due pugnali uno dei quali molto particolare con nervature centrali (cm. 44.)

Poco più in alto (1050 m) si apre la grandiosa sella dell'Anguillara (Fig.1) dove si trova la maggiore concentrazione d'incisioni; qui si possono vedere venticinque pennati oltre a simboli sessuali femminili, impronte di mani, graffiti filiformi (volute), arabeschi, fiori e un'articolata composizione incisa nella parte centrale della sella: che riproduce due asce (i 7 speculari) una piccola "dentro" all'altra (dio

Ascia padre e dio Ascia figlio) unite dalla barretta che funge da vincolo. Inoltre troviamo due cerchi, uno più grande dell'altro (dio Ruota padre e dio Ruota figlio o garzone) e due ramponi o falcetti di tipo arcaico disposti orizzontalmente e anch'essi uniti da una linea (Zavaroni A. 2007).

Altri segni poco leggibili sono abbinati ai simboli sopra descritti. Tutte le figure (Fig.7) della panoramica sella presentano diversi gradi di erosione e sono eseguite con diverse tecniche incisorie. I pennati e le figure geometriche schematiche sono stati eseguiti con incisione più marcata (in alcuni casi a martellina), le impronte delle mani, un fiore e altre incisioni figurative sono invece state eseguite con graffi dal tratto lineare e in alcuni casi molto sottili; considerando che queste ultime spesso sono sovrapposte ai consunti pennati è molto probabile che siano state realizzate

in epoca posteriore. Da notare che le lame pennate si presentano in gruppi e poche sono quelle più in "disparte"; alcune di esse sono incrociate ortogonalmente formando così figure riconducibili all'iconografia della svastica.

Saliamo ancora (1130 m) e così raggiungiamo un solitario simbolo solare scolpito su una roccia declive, orientata in direzione della Pania della Croce, la montagna regina delle Apuane da dove ogni giorno il sole sorge dietro la sua possente mole.

Si tratta di un cerchio non chiuso, con coppella centrale, inciso profondamente nella roccia, un segno intermedio tra la spirale e il cerchio puntato; il suo diametro è di diciotto centimetri. Alcuni metri sopra, su un masso allineato con la roccia del simbolo solare, un segno a forma di "V" rovesciata che ci invita lo sguardo in direzione della Pania.



Figura 7 - Sella dell'Anguillara, luogo di conciliabula dei liguri-apuani e tracce di pennati

La Roccia del Sole

Si tratta di uno dei siti con segni di arte rupestre tra i più importanti delle Alpi Apuane. Poco sotto il sentiero che sale al rifugio Rossi è stata individuata, in zona Piglionico, (Citton G. - Pastorelli I, 1995) una grande piastra calcarea, denominata Roccia del Sole, degradante in direzione nord, dove sono incisi una cinquantina di segni (pennati, orme di piedi e impronte di mani, cerchi e rosoni a sei petali sono i principali e i più evidenti). Lo spettacolo offerto dalla luce radente al tramonto, che mette in risalto i grandi cerchi e i rosoni, è affascinante e dà subito l'impressione all'osservatore di essere al cospetto di una roccia dedicata a una divinità solare, un probabile luogo di culto e di antiche ritualità. I cerchi sono di grandi dimensioni e cinque di essi raggiungono i 70 cm di diametro (Fig.8). Secondo gli esperti il rosone è considerato un simbolo solare per eccellenza e lo troviamo scolpito sulle rocce dell'intero arco alpino, in Valcamonica, sul monte Bego e nelle valli di Lanzo.

Questo simbolo lo troviamo ospitato in numerose volte e in varie epoche sulle steli funerarie di cui un notevole esempio è rappresentato dalla stele etrusca di Vetulonia (VII secolo a.C); altrove il "rosone" lo possiamo trovare sulle facciate e altari di antiche pievi. È conosciuto anche come il Sole delle Alpi e il Fiore della Vita e il suo significato è "un autentico concentrato di simbologie dotate di grande forza evocatrice": è, infatti, contemporaneamente sole, cerchio, ruota, fiore, segno religioso e la loro intricata commistione e sommatoria di valenze simboliche. Forte è il suo significato apotropaico che perdura fino all'epoca moderna. Tra i segni della roccia del Sole troviamo, nella parte alta, un grande rosone a sei petali inserito in tre cerchi concentrici, il tutto sovrapposto a un pennato molto consunto; all'interno del cerchio è invece stata scolpita, forse in epoca medievale, la figura di una chiesa. In questa composizione si può

leggere un esempio figurato dell'insegnamento di papa Gregorio Magno che con le sue parole predicava di "non distruggere il tempio pagano ma di inglobarlo nel nuovo santuario". Leggermente più in basso, un cerchio con marcate incisioni cruciformi e a "phi" greca. Ancora più in basso un cerchio molto evanescente con tracce di petali. Nelle vicinanze altri quattro cerchi di varie dimensioni. Uno presenta al suo interno un cerchio più piccolo con quattro petali mentre un altro contiene un pennato di grandi dimensioni che esce dal segno circolare. Sulla roccia del Sole sono incise anche una ventina di lame pennate, raggruppate in tre zone: il primo raggruppamento si trova sotto i tre grandi cerchi prima descritti e sono molto evanescenti; un secondo gruppo di pennati è situato sulla destra e alcuni sono sovrapposti circondanti un cerchio cui si aggiunge un segno che rappresenta una grossa mazza. Poco sopra è incisa l'impronta di una mano di adolescente. L'impronta della mano è da sempre considerata di valenza positiva e apotropaica e tra i suoi molteplici significati indica: atto di presenza, possesso, protezione e consacrazione.

Ancora più in alto l'incisione di un'ascia. Il raggruppamento di segni più significativo (Fig.9) tra quelli dell'importante sito apuano comprende quattro pennati, una piccola ascia e un pugnale associati a orme di piedi di diversa grandezza e a un'impronta di una mano di una persona adulta (Fig.10). Nella Valcamonica le incisioni "piedi formi" sono numerose e attribuibili alla tarda età del ferro (Anati E., 1982).

Diverse le interpretazioni che sono date a queste raffigurazioni: si spazia dal significato di presenza divina nel luogo per poi passare a una sorta di ex-voto realizzati dai fedeli in onore dell'area sacra fino a ritenere che le impronte dei piedi siano collegate a dei riti effettuati in occasione del passaggio alla maggiore età (Anati E., 1982), (Bellaspiga L., 1984).



Figura 8 - Altopiano della Pianizza, rosone a sei petali sovrapposto alle figure dei pennati



Figura 9 - Roccia del Sole, gruppo di incisioni probabilmente legate a ritualità di iniziazione



Figura 10 - Roccia del Sole, orma, pennato e impronta di una piccola mano

Masso delle girandole

Si tratta di una roccia affiorante dal terreno per pochi metri quadrati, posta in località Puntato (Gruppo delle Panie) in posizione panoramica in direzione del monte Freddone e della vetta del Pizzo delle Saette.

Scoperta nel 2004 dal Gruppo Archeologico Pisano la roccia è di estremo interesse. Sulla piatta superficie del masso sono incise una ventina di lame pennate in parte sovrapposte tra di loro, i cui segni, in alcuni casi, sono molto consunti e di difficile lettura. Altra caratteristica dei graffiti riguarda la tecnica incisoria: probabilmente a colpi di martellina e non con un tratto continuo come può accadere in altri raggruppamenti di pennati.

In due rappresentazioni le lame pennate, divise a gruppi di tre, sono sovrapposte in modo da formare una specie di svastica (Fig.11). Sulla roccia si notano anche due segni interpretabili come piccole impronte di piedi. Siamo nuovamente davanti all'associazione pennati – impronte di piedi, come sulla monumentale roccia del Sole ubicata sul versante

opposto del gruppo delle Panie; questo dato, visibilmente confermabile, potrebbe avvalorare l'ipotesi di essere di nuovo al cospetto di una roccia presso la quale si svolgevano precise ritualità.

Dunque, come abbiamo poc'anzi illustrato, il masso delle Girandole è caratterizzato da numerose sovrapposizioni (raro nel panorama incisorio apuano); questo dato farebbe pensare che proprio l'azione di incidere il "pennato" sia il fatto rilevante e significativo mentre, per gli autori/autore dei disegni, il risultato estetico non sembra avere avuto molta importanza.

Colui il quale segue gli antichi sentieri apuani e sosta davanti a questa roccia può ammirare lo spettacolare tramonto del sole che lentamente va a spegnersi dietro la vetta del Monte Freddone; questo è il momento dove il simbolismo delle lame pennate, organizzate a svastica, sembra emergere in tutta la sua forza indicando l'eterno fluire ciclico della vita.



Figura 11 - Masso delle Girandole, gruppi di pennati che formano delle svastiche

Altopiano della Vetricia

Al centro dell'anfiteatro naturale del gruppo montuoso delle Panie (Apuane centrali), si trova l'altopiano carsico della Vetricia a cui da tempo immemore, sono legate sinistre leggende. Quest'area è un vero e proprio paradiso per gli speleologi che ne hanno esplorato i profondi pozzi verticali (circa 180). La più famosa voragine è l'abisso Enrico Revel disceso integralmente dagli speleologi fiorentini nel lontano 1931 che raggiunsero il fondo a 316 metri di profondità. L'impervia zona della Vetricia fu indagata alla fine degli anni '90 dal Gruppo Archeologico Pisano che mise in risalto sei rocce con incisioni rupestri. Nel 2005 il gruppo di ricerca Terre Alte Toscano scoprì altre due rocce graffite: il masso "luce del primo mattino" (con incise lame pennate) e la "scena di caccia", eccezionale graffito che rappresenta al momento un *unicum* sulle rocce della Toscana. Le rocce con i segni più significativi, scoperte dal GAP, sono la roccia del Rosone e il sito della Pietra Tonante.

Il primo, difficile e pericoloso da raggiungere, è posto a strapiombo sull'orrido solco della Borra di Canala. Si tratta di una piatta e panoramica roccia con numerose incisioni di pennati, alcuni con tracce molto consunte e visibili solo con un'ottima luce radente. Queste lame pennate sono associate a un grande rosone a sei petali, a delle croci di varia tipologia, a cerchi con segni interni di non facile lettura e a un'enigmatica incisione che a prima vista sembra il disegno di due bastoni incrociati. Tutti i segni elencati si trovano compresi dentro un grande cerchio di tre metri di diametro di cui è possibile rilevare solo alcune parti. Vicino alla zona della roccia del Rosone, ancora su una piatta roccia, si trova incisa una figura umana (femminile), molto

consunta, che presenta una profonda coppella nella zona vulvare. La roccia del Rosone è separata dal resto delle rocce da un profondo crepaccio e proprio al margine di questo sono incise tre croci greche che sembrano scolpite in tempi più recenti con lo scopo di esorcizzare la valenza "maligna" delle incisioni pagane presenti sulla grande roccia sottostante.

Il secondo sito, quello della Pietra Tonante, è ubicato in una zona di rocce calcaree pianeggianti nella parte centrale dell'altopiano. Nelle incisioni si riconoscono pennati (di cui uno d'insolita lunghezza), croci latine e un semicerchio (luna, rosone incompleto?). Nella parte bassa del grande lastrone si trova la figura più interessante di questo sito: una figura antropomorfa schematica simile a quelle incise sulla Pera dij Crus, in Valchiusella. La figura è circondata da quattro coppelle poco sopra la testa disposte quasi a formare una specie di corona. Il posto è molto particolare in quanto, nelle immediate vicinanze di un profondo crepaccio e dei graffiti, si trova un lastrone basculante (la Pietra Tonante). Camminandoci sopra si provoca un suono che, amplificato dal crepaccio, risulta suggestivo ed è probabile che la scelta di incidere segni in questo luogo sia proprio legata alla presenza della singolare pietra. L'incisione più significativa, di tutta la Vetricia rimane comunque la scena di caccia: una figura umana con una grande testa rotonda (se paragonata al corpo) che imbraccia una specie di bastone nella mano destra, preceduta da un quadrupede di difficile identificazione. La presenza di segni, oramai evanescenti sopra la testa, può essere vista come il palco di un cervo, cosa che ha suggerito il nome dato al graffito (Fig.12/13).

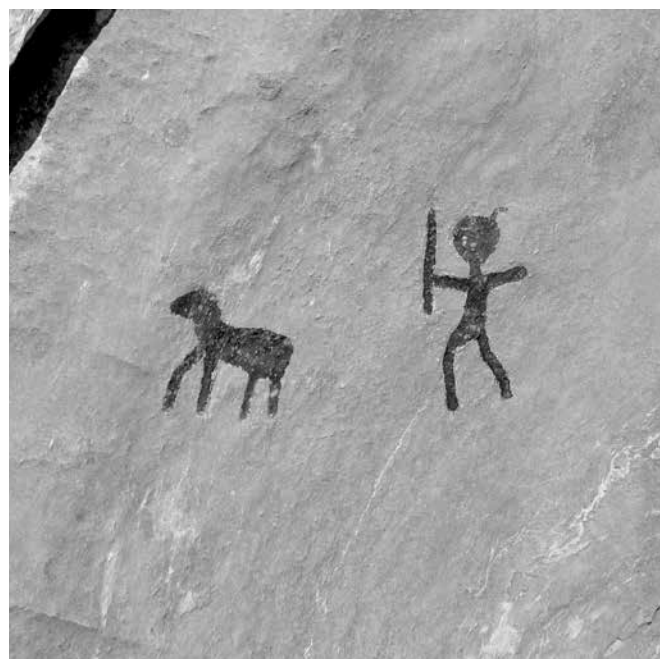
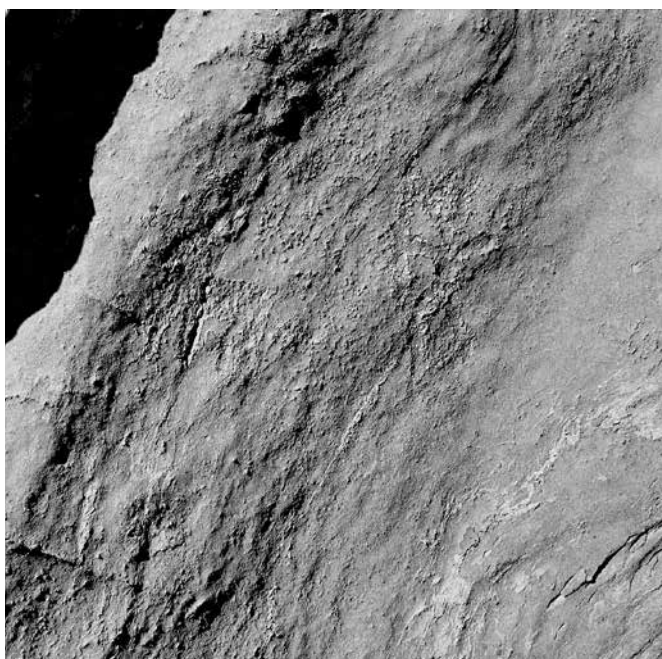


Figura 12 e 13 - La scena di caccia della Vetricia

Conclusioni

Le principali domande che i ricercatori si sono finora posti (chi ha realizzato i segni, in che epoca sono stati incisi, quale messaggio volevano trasmettere) lasciano spazio a molteplici risposte più o meno plausibili; infatti il significato simbolico delle incisioni dei pennati, scoperti sulle montagne Apuane, è soggetto, in mancanza di fonti documentarie scritte coeve, a conservare per il momento problematiche interpretative aperte e che appaiono complesse. A tal proposito il presente testo tenta di aggiungere un altro "tassello" per una maggiore comprensione. L'analisi diacronica dell'iconografia di questo strumento/arma ci offre un dato pressoché certo: siamo davanti a una manifestazione culturale e religiosa che affonda le proprie radici in epoche precristiane. Il fatto che i siti con le incisioni si trovino in altura e su rocce panoramiche dominanti, spesso allineate con il moto solare e le vette delle montagne, farebbe pensare a luoghi preposti a particolari adunanze, come per esempio i "conciliabula" (riunioni nelle quali venivano discusse argomentazioni di carattere socio-amministrativo o bellico). Questi luoghi sembrano caratterizzarsi soprattutto per una funzione culturale comune ed è probabile che l'atto di incidere il pennato sia stato una specie di ex-voto in adorazione di una divinità che antropomorfizza le forze naturali (per esempio il dio Silvano); questa suggestiva ipotesi però necessita ancora di altre verifiche e analisi più approfondite per essere confermata. Per quanto riguarda la presenza di impronte di piccole mani e soprattutto di orme di piedi (roccia del Sole, masso delle Girandole) è possibile formulare l'ipotesi che tali segni siano legati ai rituali aventi atti simbolici finalizzati all'attestazione del passaggio dall'adolescenza alla maturità virile (vita, guerra, religione, caccia).

Nelle culture primitive il rito dell'iniziazione è importante per acquisire l'identità riconosciuta di appartenenza alla comunità e, nel nostro caso specifico, alla sua tribù apua. Si può credere che sia la consegna del pennato, con il rito incisivo sulla roccia, a certificare il nuovo status considerando come questo strumento sia indispensabile per l'uomo di montagna e possa anche diventare una micidiale arma di offesa, come si evince dagli Annali di Tito Livio. Quindi il segno del Pennato come ex-voto a Silvano, testimonianza di ritualità antiche, potrebbe essere considerato un magnifico "fossile" culturale arrivato fino ai nostri giorni poiché l'atto di incidere i pennati è stata una pratica proseguita in epoca moderna come tradizione e imitazione; in altre culture è del tutto probabile che con il tempo abbia assunto un valore indicante lo status del possessore al momento della morte, come nel caso delle steli di Arlena di Castro dove la famiglia dei Veturii lo ha fatto incidere sul monumento funerario (Fig.1). A rafforzare tale ipotesi ci giungono le testimonianze di pennati incisi in epoca moderna presenti sul Monte Rovaio, nei pressi dell'alpeggio di Campocatino, al fosso delle Comarelle (Fig.14) e in località "La Castellina", incisioni spesso personalizzate dalle iniziali del nome di chi le ha scolpite.

L'approfondimento delle indagini dei contesti di rinvenimento già conosciuti e nuove ricerche esplorative sul campo con eventuali nuovi ritrovamenti potrebbero confermare alcune delle ipotesi presentate in questa breve e certamente non esaustiva comunicazione con l'obiettivo di una maggiore comprensione degli aspetti della sfera religiosa e delle pratiche rituali della fiera popolazione/tribù dei Liguri Apuani.



Figura 14 - Fosso delle Comarelle, il grande pennato inciso a martellina

Bibliografia

- ANATI E., *I Camuni alle radici della civiltà europea*, Jaca Book ed., Milano, 1982
- BAGNOLI P.E. ET AL., *Manifestazioni di arte rupestre figurativa sulle Alpi Apuane centrali, Ante e post Lunam*. Acta Apuana, 2007
- BANTI L., *Antiche lavorazioni nelle cave lunensi*, Studi Etruschi, V, 1931
- BELLASPIGA L., *Il simbolismo delle impronte di piede*, Bulletin d'etudes prehistoriques Alpines, 1984
- CITTON G.- PASTORELLI I., *Incisioni rupestri sulle Alpi Apuane e in alta Versilia*, Pietrasanta, Tip. Massarosa, 1995
- CITTON G.- PASTORELLI I., *I monti "scritti"*, Mauro Baroni editore Viareggio, 2001
- GUIDI O., *Incisioni rupestri della Garfagnana*, Pisa, Maria Pacini Fazzi Editore, 1992
- PASOTTI M., *Notiziario*, Bollettino del Centro Camuno di Studi Preistorici, III, 1967
- PRIULI A., *Il linguaggio della Preistoria – l'arte preistorica in Italia*, Ananke, 2006
- PRIULI A., *La cultura figurativa preistorica e di tradizione*, Pesaro, 1991
- RICCI F., SANTELLA L., STOPPACCIARO D., *Emergenze archeologiche e storico-artistiche nel territorio comunale di Arlena di Castro*, Provincia di Viterbo, Viterbo, 1992
- SANI G.- ZAVARONI A. - Ass. Cult. Armonia, *La valle delle rocce sacre*, Pacini Editore, 2007
- SANI G., *I segni dell'Uomo – Incisioni rupestri della Toscana*, Editori dell'Acero, 2009
- SANSONI U. ET AL., *Simboli sulla roccia - L'arte rupestre della Valtellina centrale dalle armi del bronzo ai segni cristiani*, Edizioni del Centro, 1999

Figura 15 - La Pania secca nelle Alpi Apuane





INDICE PER ARGOMENTI

In questo indice si trovano tutti gli articoli pubblicati sui Bollettini CSC suddivisi per argomenti e con le indicazioni del Bollettino di riferimento e delle pagine.

ARCHEOLOGIA	109
CAMBIAMENTI CLIMATICI	110
FAUNA	111
GEOLOGIA	112
PAESAGGIO	113
VEGETAZIONE	114
ALTRO	115

ARCHEOLOGIA

Autori e titolo	Bollettino	pagine
• HENRY DE SANTIS - <i>L'antropizzazione del comprensorio toiraneso tra preistoria e protostoria. Censimento e attualizzazione dello status quo delle grotte aventi tracce di frequentazione poste nel territorio di Toirano (SV)</i>	ottobre 2020	7-41
• GIUSEPPE BORZIELLO - <i>I siti mesolitici ai laghi del Colbricon nella catena dei Lagorai (Trentino orientale)</i>	ottobre 2020	43-67
• DIEGO ANGELUCCI, FRANCESCO CARRER - <i>Alpes - Un progetto di ricerca archeologica sulla pastorizia delle Terre Alte della Val di Sole</i>	aprile 2021	51-65
• ALFREDO NICASTRI - <i>La chiesa fortezza del Monte Bastiglia. Un insediamento medievale per il controllo e la difesa del territorio di Salerno</i>	aprile 2021	81-103
• DARIO SIGARI, ANGELO E. FOSSATI - <i>I cervidi nelle rocce - Primi risultati del progetto di ricerca sulle raffigurazioni dei cervidi nell'arte rupestre della Valcamonica</i>	ottobre 2021	25-41
• ANNA LOSI, MONICA MIARI - <i>Monte Sassoso - Un insediamento fortificato a controllo della valle del fiume Secchia</i>	ottobre 2021	75-83
• ANNA LOSI, MONICA MIARI - <i>Monte Sassoso - La seconda campagna di ricerca</i>	aprile 2022	81-91
• GIANCARLO SANI - <i>Le incisioni rupestri del Monte Prato Fiorito - Val di Lima - Toscana</i>	aprile 2022	103-121
• GIANCARLO SANI - <i>Le rocce dei Pennati - Sulle tracce delle rocce sacre dei Liguri Apuani sulle Alpi Apuane</i>	aprile 2023	93-105
• ENRICO CROCE, DIEGO E. ANGELUCCI, JACOPO ARMELLINI, FEDERICO CONFORTINI, FRANCESCO DORDONI, CHIARA ROSSI, DIEGO VENEZIANO, LAURA VEZZONI, STEFANIA CASINI - <i>Archeologia di montagna alle sorgenti del Brembo</i>	aprile 2023	11-29

CAMBIAMENTI CLIMATICI

Autori e titolo	Bollettino	pagine
<ul style="list-style-type: none"> GIOVANNA BARBIERI - <i>Monitoraggio climatico e atmosferico presso C:A:M:M: (Centro Aeronautica Militare di Montagna) di Monte Cimone. Sintesi della relazione tenuta dal Ten. Col. Antonio Vocino il 27 giugno 2020 al Giardino Botanico Esperia</i> 	aprile 2021	31-37
<ul style="list-style-type: none"> GIOVANNA BARBIERI - <i>Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico, al Monte Cimone. Report del primo anno del progetto</i> 	aprile 2021	23-29
<ul style="list-style-type: none"> GIOVANNA BARBIERI - <i>Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico, al Monte Cimone. Report del secondo anno del progetto</i> 	ottobre 2022	59-75
<ul style="list-style-type: none"> GIOVANNA BARBIERI, EDOARDO PINOTTI - <i>Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico, nell'area Groppo Rosso - Valle Tribolata - Ciapa Liscia - Appennino settentrionale (piacentino-genovese). Report del primo anno del progetto</i> 	ottobre 2022	77-83
<ul style="list-style-type: none"> GIOVANNA BARBIERI - <i>Monitoraggio botanico di alcune specie target, possibili indicatrici di cambiamento climatico, al Monte Cimone. Report del terzo anno del progetto con focus sul Geranium argenteum</i> 	aprile 2023	45-61
<ul style="list-style-type: none"> PAOLO BONASONI, LUCA FREZZINI, SILVIO DAVOLIO, GUIDO NIGRELLI, PAOLO VINCENZO FILETTO, GIAN PIETRO VERZA - <i>Rifugi montani sentinelle del clima e dell'ambiente - Un progetto CAI-CNR che si estende dalle Alpi al Mediterraneo</i> 	aprile 2022	9-17
<ul style="list-style-type: none"> GUIDO NIGRELLI, MARTA CHIARLE - <i>Temperature in aumento nell'ambiente periglaciale alpino - Evoluzione nel periodo 1990-2020</i> 	aprile 2022	45-51
<ul style="list-style-type: none"> CLAUDIO SMIRAGLIA, DAVIDE FUGAZZA, GUGLIELMINA DIOLAIUTI - <i>Continua inarrestabile il regresso dei ghiacciai italiani e alpini. Le evidenze dei recenti catasti</i> 	aprile 2021	7-21
<ul style="list-style-type: none"> MARIO GOBBI, ROBERTO AMBROSINI, CHRISTIAN CASAROTTO, GUGLIELMINA DIOLAIUTI, GENTILE FRANCESCO FICETOLA, VALERIA LENCIONI, ROBERTO SEPPI, CLAUDIO SMIRAGLIA, DUCCIO TAMPUCCI, BARBARA VALLE, MARCO CACCIANIGA - <i>Ghiacciai in estinzione e crisi della biodiversità</i> 	aprile 2022	53-65

FAUNA

Autori e titolo	Bollettino	pagine
• LUCA PELLICOLI - <i>Stambecchi (Capra ibex) sulle Alpi Orobie - Esperienza di Citizen Science nel triennio 2017-2019</i>	aprile 2021	39-49
• MATTIA BRAMBILLA, DAVIDE SRIDEL, PAOLO PEDRINI - <i>Quale futuro per il fringuello alpino <i>Montifrigilla nivalis</i> sulle Alpi italiane?</i>	ottobre 2021	17-23
• ALBERTO TARRONI, FABRIZIO FABBRI, GIOVANNA BARBIERI - <i>Biodiversità in ambienti in quota - Analisi della comunità macrozoobentonica del lago del Giardino Esperia (Passo del Lupo - Sestola - MO)</i>	ottobre 2022	111-137
• ANTONIO GELATI - <i>Avvelenamento da piombo in fenicotteri rosa (<i>Phoenicopterus roseus</i>) rinvenuti nel Parco Regionale Veneto del Delta del Po</i>	aprile 2023	31-37

GEOLOGIA

Autori e titolo	Bollettino	pagine
• MARIA TERESA CASTALDI - <i>Insedimento estrattivo di lapis specularis nel Parco della Vena del Gesso romagnola in epoca romana</i>	ottobre 2020	69-113
• GIULIANO CERVI - <i>Rapporto tra costruito storico e assetto geomorfologico lungo il sentiero appenninico dei Ducati</i>	ottobre 2020	115-123
• LORENZA CAVINATO - <i>Val Imperina nel Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi</i>	ottobre 2020	125-142
• ROSALDA PUNTURO, ROSANNA MANISCALCO, GIOVANNI CASSARINO - <i>La pietra pece di Ragusa, una roccia semplice che ha fatto molta strada</i>	ottobre 2021	55-73
• DOMENICO ARINGOLI, PIERLUIGI FERRACUTI, PIETRO PAOLO PIERANTONI, DOMENICO PISTONESI, ANGELO ROMAGNOLI - <i>Sorgenti e fonti d'alta quota del Parco Nazionale dei Monti Sibillini</i>	ottobre 2021	117-135
• MARCO BASTOGI - <i>Glacialismo nelle Alpi Apuane e nell'Appennino settentrionale - Le testimonianze</i>	ottobre 2022	85-101
• SONIA ZANELLA, ANDREA BAUCON, ENRICO COLLO, MICHELE PIAZZA - <i>La forma è sostanza - Scelte didattiche per l'aggiornamento degli ONC del CSR LPV</i>	ottobre 2022	103-109

PAESAGGIO

Autori e titolo	Bollettino	pagine
• GIULIANO CERVI - <i>Il paesaggio italiano - Il ruolo del Club Alpino Italiano nell'affermarsi in Italia del concetto di paesaggio, dai primordi dello Stato unitario all'articolo 9 della Costituzione</i>	aprile 2021	67-71
• ENZO GUZZONI - <i>Sentinelle di crinale - I termini di confine, serie 1828, fra Ducato di Parma e Granducato di Toscana</i>	ottobre 2021	43-53
• CARLO NATALI - <i>Territori di carta - Indicazioni di metodo per l'interpretazione dei luoghi</i>	ottobre 2021	93-115
• CARLO NATALI - <i>Centri storici e montagna toscana</i>	ottobre 2022	31-57
• ROBERTA PINI - <i>Fuoco, foreste e uomini: le trasformazioni del paesaggio cominciano nella Preistoria</i>	ottobre 2021	85-91
• ROBERTO DINI, CRISTIAN DALLERE, MATTEO TEMPESTINI - <i>Rigenerazione e riuso del patrimonio costruito alpino - Esperienze didattiche in Valdigne</i>	aprile 2022	67-79
• PIERO DONATI - <i>Il censimento delle maestà in Lunigiana</i>	aprile 2022	93-101
• LUCIANO MASETTI, FRANCESCO MENEGUZZO - <i>Il cielo naturale notturno</i>	aprile 2022	123-129
• MARIA CONTE - <i>V come Vajont, V come Vallesella - Risonanze di paesaggi lungo la Piave, tra hybris idraulica e resistenze</i>	ottobre 2022	19-29

VEGETAZIONE

Autori e titolo	Bollettino	pagine
• FEDERICA ZABINI, FRANCESCO MENEGUZZO - <i>Terapia Forestale: efficace per la salute umana ma a certe condizioni. Ricerca congiunta CNR, CAI, CERFIT per il riconoscimento della Terapia Forestale quale medicina complementare</i>	aprile 2021	73-79
• ANDREA PIOTTI, CAMILLA AVANZI - <i>Alla scoperta delle abetine dell'Appennino Tosco-Emiliano</i>	aprile 2022	21-31
• GIULIANO BONANOMI - <i>Il limite superiore del bosco in Appennino</i>	aprile 2022	33-43
• ANNA CORLI, RITA BARALDI, LUISA NERI - <i>I composti organici volatili biogenici e i loro effetti sulla salute umana durante i percorsi di Terapia Forestale</i>	aprile 2023	39-43
• FULVIO DUCCI - <i>Gli antichi rifugi glaciali degli alberi forestali nell'Appennino settentrionale</i>	aprile 2023	63-91

ALTRO

Autori e titolo	Bollettino	pagine
• GIULIANO CERVI - <i>I 90 anni del Comitato Scientifico Centrale - Un lungo cammino tra passato e futuro all'insegna dell'etica delle montagne e delle nuove sfide nelle Terre Alte</i>	ottobre 2021	9-10
• MAURO VAROTTO - <i>Dall'Excelsior al Paulo Infra - Trent'Anni del Gruppo Terre Alte</i>	ottobre 2021	11-13
• GIOVANNI MARGHERITINI - <i>La questione "Terapia Forestale" all'interno del CAI</i>	ottobre 2022	9-15



ISBN 978-88-7982-141-4



9 788879 821414