PROGETTO CLIMAPARKS

Programma per la cooperazione transfrontaliera
Interregg Italia-Slovenia 2007-2013

WP2

PROGETTAZIONE DI UNA METODOLOGIA UNIFORMATA DI MONITORAGGIO E DI ANALISI DELL'IMPATTO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA BIODIVERSITÁ

RELAZIONE FINALE

Comune di Udine
Museo Friulano di Storia Naturale

Udine, luglio 2011

Le foto utilizzate nella presente relazione provengono dall'Archivio del Museo Friulano di Storia Naturale (Udine) e dall'Archivio della Collana "Quaderni Habitat".

INDICE

pag.

Premessa..... 5

Gruppo di lavoro..... 5

Introduzione..... 6

Parte I - Componente vegetale..... 10

Parte II - Componente faunistica..... 33

Monitoraggio della biodiversità a invertebrati..... 39

Monitoraggio della biodiversità a vertebrati..... 56

Bibliografia..... 70

Premessa

Con riferimento all'art. 5, punto 1. della Convenzione stipulata tra l'Ente Parco Naturale delle Dolomiti Friulane e il Comune di Udine - Museo Friulano di Storia Naturale per la progettazione di una metodologia uniformata di monitoraggio e di analisi dell'impatto dei cambiamenti climatici sulla biodiversità nell'ambito del Progetto "Climaparks" - Programma per la Cooperazione Transfrontaliera (Interreg Italia-Slovenia 2007-2013), si consegna la presente relazione finale contenente il protocollo per i monitoraggi.

L'elaborazione del piano di monitoraggio è stata preceduta, secondo quanto indicato dalla suddetta Convenzione, da fasi di confronto e di interscambio di informazioni con i rappresentanti dell'Ente Parco e con alcuni esperti indicati dagli altri partner del progetto.

Nell'elaborazione del protocollo si è provveduto ad avviare innazitutto una prima fase di analisi generale del fenomeno "*Climate Change*" sia in ambito globale sia in quello locale in relazione alla biodiversità, a partire da quanto presente in letteratura. A questa fase è seguita la stesura di una proposta di protocollo di monitoraggio relativamente alle componenti vegetale e faunistica, calata nelle realtà ambientali del Parco Naturale Regionale delle Dolomiti Friulane.

Gruppo di lavoro

Coordinamento scientifico:

Paolo Glerean

Massimo Buccheri

Collaboratori:

Nicoletta Cannone (Componente vegetale)

Fabio Stoch (Componente faunistica)

Valeria Lencioni (Invertebrati acquatici)

Mauro Gobbi (Invertebrati terrestri)

Giuseppe Bogliani (Vertebrati)

INTRODUZIONE

Cambiamenti climatici e biodiversità

Negli ultimi 100 anni la temperatura dell'aria a livello globale ha registrato un aumento medio di circa 0,6 ± 0,2°C (95% CI; IPCC, 2007), con due principali periodi di incremento (dal 1910 al 1945 e dal 1976 in poi) ed è inoltre previsto che tale tendenza prosegua nel futuro (IPCC, 2001; 2007). Si stima, infatti, che entro il 2100 l'incremento dei gas serra in atmosfera potrà indurre un aumento della temperatura media dell'aria a livello globale compreso tra 1,4 e 5,8°C e anche un significativo aumento delle precipitazioni (IPCC, 2001).

Nel corso della storia del nostro pianeta sono avvenuti più volte significativi cambiamenti delle condizioni climatiche, ai quali gli organismi hanno risposto nell'arco della loro storia evolutiva. Per quanto riguarda la componente vegetale, ad esempio, i cambiamenti climatici avvenuti nel passato hanno influenzato la vegetazione sia a livello di singole specie sia a livello di intere comunità, fino alla scala del paesaggio, con importanti conseguenze su presenza, distribuzione e caratteristiche della flora e della vegetazione (Birks, 1991; Wick & Tinner, 1997).

Anche i recenti cambiamenti climatici (relativi al XX secolo) hanno già prodotto impatti evidenti a livello globale, con conseguenze su un ampio *range* di specie animali e vegetali, di ambienti terrestri, marini e di acque dolci, in un vasto raggio di distribuzione geografica, dalle regioni polari a quelle tropicali ed equatoriali (Walther et al., 2002; Root et al., 2003; Parmesan & Yohe, 2003; Wookey et al., 2009). Tali impatti hanno riguardato sia le componenti fisiche che quelle biologiche degli ecosistemi. In particolare, a livello globale, sono stati osservati cambiamenti significativi dell'estensione del ghiaccio marino in Artide (con una riduzione del 10-15% dal 1950), dei ghiacciai e del permafrost (con trend molto netti di ritiro glaciale e di degradazione del *permafrost*, che hanno interessato entrambi i continenti), della copertura nivale (diminuita di circa il 10% dalla fine degli anni '60 del secolo scorso) (IPCC, 2001).

Per quanto riguarda i sistemi biologici, molte specie hanno mostrato variazioni di distribuzione sia latitudinale che altitudinale, con spostamenti verso le aree polari o verso quote superiori, variazioni di abbondanza, di fenologia (specialmente con un anticipo primaverile delle fasi di sviluppo e/o migrazione e spesso con un ritardo della senescenza autunnale), alterazioni delle

modalità di interazione interspecifica (es. preda-predatore), invasione di specie aliene (anche da orizzonti altitudinali inferiori), variazioni della composizione delle comunità vegetali (Hughes, 2000; Chapin et al., 2005).

Oltre ai cambiamenti indotti da driver climatici, gli ecosistemi devono affrontare anche le conseguenze delle pressioni antropiche e delle variazioni di uso del suolo che, spesso, portano ulteriori impatti ed effetti di interazione e di feedback, sia positivi che negativi.

Si prevede che gli impatti del cambiamento climatico saranno più intensi e più rapidi nelle regioni ad alte latitudini e nelle aree di alta quota (Theurillat & Guisan, 2001; Körner, 2003; IPCC, 2007). Alle alte quote ed alle alte latitudini, infatti, le componenti biologiche si trovano ai limiti delle proprie capacità di sopravvivenza e gli ecosistemi sono prevalentemente controllati da fattori abiotici. È stato infatti notato che, nonostante le evidenze degli impatti del cambiamento climatico riguardino tutto il pianeta, i sistemi più vulnerabili, nei quali sono stati osservati gli impatti più significativi, sono quelli polari e di alta quota (IPCC, 2007), nei quali sono stati registrati/osservati cambiamenti della distribuzione delle specie con la latitudine (Chapin et al., 2005), la quota (Grabherr et al., 1994; Lenoir et al., 2008) ed anche variazioni areali della disposizione spaziale delle comunità vegetali (Cannone et al., 2007), oltre che un'accelerazione degli impatti stessi del cambiamento climatico (Cannone et al. 2008). Se il trend di riscaldamento proseguirà, compreso anche il più rapido riscaldamento delle regioni alpine (Rebetez & Reinhard, 2008), si prevede che in queste aree anche gli effetti del cambiamento climatico mostreranno un significativo incremento (IPCC, 2007).

Lo studio degli impatti del cambiamento climatico sugli ecosistemi vegetali lungo gradienti altitudinali fornisce informazioni comparabili con i risultati di analoghe ricerche lungo gradienti latitudinali, con il vantaggio che le aree di alta quota rappresentano *hot spot* di biodiversità, grazie alla presenza di significativi gradienti altitudinali (Diaz et al., 2003).

Secondo l'AEA, L'Agenzia Europea per l'Ambiente, le specie e gli habitat europei più vulnerabili si concentrano nelle aree montane, nelle regioni artiche, nelle zone umide della costa e nel Bacino del Mediterraneo. In Europa, gli effetti del cambiamento climatico sulla biodiversità sono già visibili sulla distribuzione delle specie animali e vegetali e sulla loro fenologia. L'Unione Europea è da anni impegnata a ridurre le emissioni di gas ad effetto serra e a contenere l'impatto dei mutamenti climatici, ma sarà chiamata ad affrontare gli effetti di questo inevitabile fenomeno

anche nei prossimi decenni. Per tale motivo l'attenzione si sta progressivamente spostando sulla questione dell'adattamento al clima e sugli interventi che si possono mettere in atto per mitigarne gli effetti.

Valletta nivale in area di alta quota

Il problema è dunque di grande rilievo, ed è stato affrontato anche a livello politico con la Strategia Nazionale della Biodiversità, presentata dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri nell'ottobre 2010 (http://www.governo.it/GovernoInforma/Dossier/biodiversita_conf2010/), di cui costituisce la seconda tematica cardine ("Biodiversità e cambiamenti climatici"). La Strategia fa seguito alla Carta di Siracusa sulla Biodiversità, sottoscritta dai Ministri dell'Ambiente degli otto Stati partecipanti, durante la presidenza italiana del G8, all'incontro di Siracusa il 22-24 aprile 2009 (G8 Ambiente). La seconda tematica cardine recita che i governi si impegnano a "favorire l'adattamento delle specie e degli ecosistemi naturali e semi-naturali ai cambiamenti climatici e adottare le opportune misure di mitigazione per ridurre l'impatto dei cambiamenti climatici sulla biodiversità e sul benessere umano".

L'impatto del cambiamento climatico agisce nell'arco della scala temporale umana, mentre i meccanismi adattativi si innescano in tempi enormemente più lunghi senza garantire un recupero dei danni subiti. Per mitigare gli effetti dei mutamenti climatici, è necessario ridurre i "tradizionali" fattori che esercitano pressioni sulla biodiversità, come l'uso intensivo delle terre a scopo agricolo, la frammentazione degli habitat, l'eccessivo sfruttamento delle risorse, la diffusione di specie invasive non autoctone e l'inquinamento. Per questo lo studio degli effetti dei cambiamenti climatici sulla biodiversità deve prendere in esame anche altri eventuali elementi perturbativi che possono insistere su un territorio. Allo stesso tempo va tenuto presente che, tutelando la biodiversità, è possibile abbattere le concentrazioni di gas ad effetto serra nell'atmosfera grazie alla conservazione (ed al recupero) di foreste, torbiere o altri habitat che sono in grado di assorbire carbonio attraverso la fotosintesi clorofilliana.

I dati relativi all'impatto del cambiamento climatico sulle risorse biologiche degli ecosistemi europei provengono essenzialmente da due fonti: il monitoraggio a lungo termine delle specie o degli ecosistemi e le proiezioni sulla futura incidenza tramite modellizzazione. È possibile affermare di avere oggi a disposizione dati, modelli e indicatori che, se ben utilizzati, permetterebbero di identificare azioni e politiche in grado di intervenire sulla tendenza dei cambiamenti globali e di verificare l'efficacia nel tempo degli interventi stessi. Per quanto riguarda gli aspetti faunistici, ad esempio, numerosi studi si sono concentrati, in particolare, sull'avifauna e sugli anfibi, mentre solo negli ultimi anni sono stati ottenuti i primi dati sugli invertebrati acquatici e terrestri. Lo stesso rapporto dell'IPCC (2007) riporta il ruolo che la rete Natura 2000 potrà svolgere nella futura gestione delle risorse naturali e nell'ambito di azioni di conservazione che tengano conto di tali effetti. La costituzione della rete Natura 2000, diretta conseguenza dell'applicazione della Direttiva Uccelli e della Direttiva Habitat, una "infrastruttura a tutela della natura", è un elemento fondamentale, ma per garantire il necessario grado di resilienza e adattamento la rete dovrà essere integrata da azioni esterne che ne migliorino la connettività e la coerenza, anche mediante il ripristino e la creazione di habitat che possano agevolare gli spostamenti e la diffusione delle specie man mano che muta il loro "spazio climatico". Si prevede infatti che il processo di adattamento al clima altererà la distribuzione delle specie selvatiche.

Su scala globale, già dai primi anni '90, numerosi progetti configurati come "Network Internazionali" hanno analizzato e monitorato le risposte degli ecosistemi al cambiamento climatico per determinare e prevedere il suo impatto sui sistemi naturali, in particolare IGBP (International Geosphere Biosphere Programme), GCTE (Global Change and Terrestrial Ecosystems), GTOS (Global Terrestrial Observing System). Più recentemente, per le Alpi, tra i progetti su larga scala per il monitoraggio degli impatti del cambiamento climatico vi è GLORIA, finalizzato all'analisi a lungo termine delle variazioni della composizione floristica della vegetazione dei summit delle montagne alpine (Pauli et al., 2007).

Sulla base di queste considerazioni si comprende dunque come siano i cambiamenti di biodiversità strutturale e funzionale degli ecosistemi a fungere da chiave di lettura degli effetti dei cambiamenti ambientali operati dall'uomo e indotti dai cambiamenti climatici e a rappresentare una base di partenza per uno sviluppo sostenibile e per la valorizzazione del territorio montano locale.

PARTE I
COMPONENTE VEGETALE

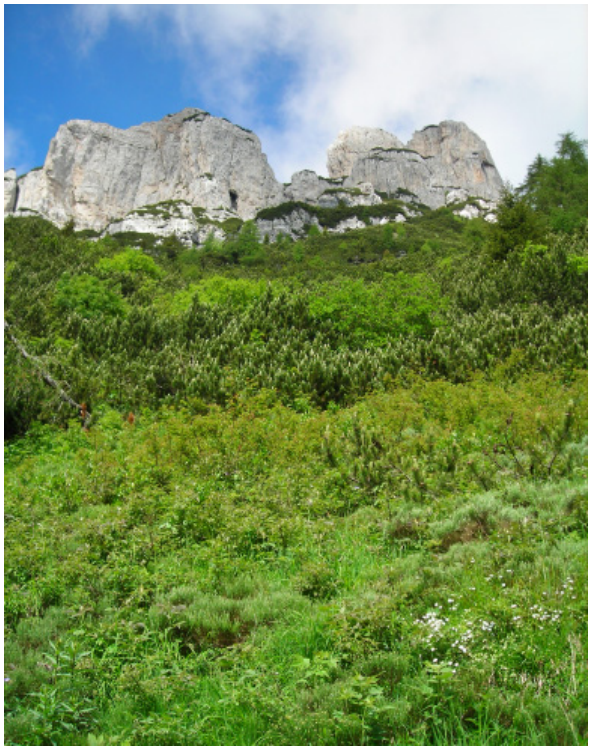
Monitoraggio della componente vegetale e *Climate Change*

Per quanto riguarda gli ecosistemi vegetali, la vegetazione di alta quota è considerata altamente sensibile e vulnerabile ai cambiamenti climatici a lungo termine (Gottfried et al. 1998; Theurillat e Guisan, 2001) benchè alcuni autori ritengano che gli impatti del cambiamento climatico a breve termine siano limitati a causa della crescita lenta e dei lunghi cicli vitali delle specie alpine (Pauli et al., 1999).

Negli ultimi 50 anni la sensibilità degli ecosistemi vegetali alpini è stata evidenziata dall'innalzamento di 120-340 m dei limiti di distribuzione di specie legnose ed arbustive (Kullman, 2002), dalla migrazione altitudinale di piante dell'orizzonte alpino e nivale (Grabherr et al., 1994; Walther et al., 2005; Pauli et al., 2007), da cambiamenti della composizione di comunità vegetali entro quadrati permanenti di monitoraggio (Keller et al., 2005; Bahn & Körner, 2003; Pauli et al., 2007).

Per quanto riguarda i già citati cambiamenti di distribuzione areale della vegetazione, sulle Alpi centrali Italiane si è osservata una forte espansione della vegetazione arbustiva, con una migrazione di circa 200 m verso quote superiori, che è avvenuta principalmente a spese della vegetazione di prateria alpina, la quale ha reagito con una concomitante migrazione verso quote superiori ma con ratei inferiori (traducendosi quindi in una forte regressione areale degli habitat di prateria stessi). Lo stesso trend è stato registrato anche per la vegetazione di valletta nivale e per la vegetazione di torbiera e delle zone umide (Cannone et al., 2007).

La tendenza all'espansione degli arbusti è data osservata anche in altri siti geograficamente remoti rispetto alle Alpi (Sturm et al., 2001; Kulmann, 2002; Chapin et al., 2005; Cannone et al., 2007). Nell'ambito delle Alpi, inoltre, la forte espansione degli arbusti e la concomitante regressione delle praterie sono anche il prodotto



Mugheta subalpina.

degli impatti convergenti del cambiamento climatico e del cambiamento di uso del suolo dovuto all'abbandono delle tradizionali attività agro-silvo-pastorali (Tappeiner et al., 2008).

Anche le comunità di vegetazione pioniera hanno subito gli impatti del cambiamento climatico (Cannone et al., 2007), con inattese regressioni alle quote superiori (probabilmente dovute all'incremento dei processi di instabilità superficiale dovuti alla degradazione del permafrost), con ingressioni alle quote inferiori (forse legate ad eventi di precipitazione estrema), ed un'accelerazione del dinamismo in relazione al concomitante regresso delle coperture glaciali (Cannone et al., 2008).

Tali risultati indicano che la vegetazione degli orizzonti alpino e nivale risponde in modo rapido e flessibile alle sollecitazioni climatiche, diversamente ipotizzato da Theurillat e Guisan (2001), che ipotizzano che la vegetazione alpina sia caratterizzata da notevole inerzia e che solo incrementi di temperatura superiori a 2°C possano indurne significativi cambiamenti.

I risultati ottenuti al Passo dello Stelvio (Cannone et al. 2007) dimostrano per la prima volta che gli impatti del cambiamento climatico sono evidenti ad un livello ecologico superiore a quello della specie, che interessa intere comunità vegetali ed è visibile a livello di ampie superfici. In accordo con quanto sostenuto da Neilson (1993), tali dati dimostrano che sono in atto cambiamenti climatici di grande portata, in grado di dare segnali evidenti ai maggiori livelli di organizzazione biologica.

Obiettivi del protocollo di monitoraggio

Il presente protocollo è finalizzato alla valutazione ed al monitoraggio, sia a breve che a medio-lungo termine, degli impatti del cambiamento climatico sulle componenti vegetali degli ecosistemi terrestri e, ove possibile, anche sulle loro potenziali interazioni con componenti particolarmente sensibili della componente abiotica (in particolare della criosfera) nel territorio Friulano per un periodo di circa 15-20 anni, nell'ambito del Progetto Interreg Climaparks, in particolare per quanto riguarda il Parco Regionale delle Dolomiti Friulane ed il Parco Regionale delle Prealpi Giulie.

Infatti, poiché gli effetti dei cambiamenti climatici riguardano sia le componenti abiotiche che quelle biotiche degli ecosistemi, sarebbe opportuno individuare per il monitoraggio anche dei

sistemi ecologici nei quali entrambe le componenti presentino una spiccata vulnerabilità agli agenti climatici, oltre ad essere strettamente associate ed interdipendenti.

Comunità a rododendro

Per un efficace studio dei cambiamenti climatici è opportuno selezionare ecosistemi semplici sia da un punto di vista strutturale che composizionale, in contesti ambientali nei quali siano ridotti al minimo gli elementi di variabilità non direttamente connessi ai processi analizzati.

Le aree montane sono presenti a tutte le latitudini ed in tutte le fasce bioclimatiche, comprendono ecosistemi ad alta diversità ambientale e specifica e costituiscono elementi chiave del sistema globale biosfera-geosfera, di per sé molto sensibili a variazioni ecosistemiche, a rischi e a disastri naturali.

Le componenti più sensibili dei sistemi ambientali montani sono la vegetazione, la fauna e, per quanto riguarda le componenti abiotiche, i ghiacciai e le aree con permafrost, in quanto strettamente dipendenti dal clima e dal bilancio energetico della superficie (Beniston, 2003; Thompson et al., 2003).

Molti studi analizzano le variazioni del limite del bosco per ottenere informazioni sugli effetti del cambiamento climatico. Tuttavia tale limite non dipende soltanto da parametri climatici ma risente fortemente di modificazioni di uso del suolo e dell'impatto antropico e quindi, rispetto alla vegetazione naturale degli orizzonti alpino e nivale fornisce informazioni meno significative e meno correlabili ai soli parametri climatici.

Considerando che non vi è assoluta certezza relativamente alla scala spaziale e temporale con cui si manifesteranno gli effetti del cambiamento climatico, sarebbe opportuno pianificare le attività di monitoraggio in modo multiplo, considerando aspetti e processi integrabili tra loro, sia a livello di singole specie che di comunità, sia alla scala di singoli plot che di aree più estese.

A tal fine si consiglia l'adozione di un approccio multiplo e integrato su vari piani/processi:

1) Monitoraggio di singole comunità vegetali nell'ambito di Plot permanenti;
2) Elaborazione di una carta fitosociologia della vegetazione che possa costituire un punto di riferimento per il monitoraggio a medio-lungo termine (15-20 anni) delle potenziali variazioni di distribuzione spaziale ed areale e della composizione floristica delle comunità vegetali;
3) Eventuale analisi delle fenologia di specie vegetali target (nell'ambito dei plot selezionati al punto 1);
4) Monitoraggio dell'uso del suolo e dei suoi eventuali cambiamenti;
5) Approccio per gradienti altitudinali con la selezione di orizzonti altitudinali differenti, al di sopra del limite del bosco;
6) Approccio per ecosistemi con elevato potenziale grado di sensibilità, come ad esempio praterie d'altitudine e vallette nivali;
7) Eventuale monitoraggio di processi di colonizzazione e dinamismo in siti dove la componente vegetale sia strettamente associata a forme glaciali e/o periglaciali.

Metodologie proposte

Sintesi generale

Il lavoro di campo richiederà 2 anni per le attività di installazione ed attivazione dei plot e della cartografia.

Le metodologie proposte si basano su un approccio multidisciplinare che comprende diversi aspetti del territorio, sia nella fase di rilevamento sul campo che per il successivo trattamento dei dati, secondo uno specifico protocollo di ricerca.

L'analisi a livello di specie e di comunità sarà realizzata prevalentemente attraverso la strategia dei quadrati permanenti, che permettono di analizzare in dettaglio le variazioni della vegetazione su aree di limitata estensione.

Sarà opportuno selezionare comunità vegetali di particolare vulnerabilità ambientale (ad esempio comunità di valletta nivale) il cui monitoraggio fornisca elementi che permettano di individuare e quantificare gli impatti del cambiamento climatico.

PROTOCOLLO DI MONITORAGGIO

1. Monitoraggio di singole specie e comunità vegetali nell'ambito di Plot permanenti

1.1 Criteri di selezione degli ambiti, installazione e descrizione dei permanent plot *e forme di monitoraggio consigliate*

Per il monitoraggio a livello di specie e di comunità una delle strategie di maggiore successo è l'impiego di quadrati permanenti o *permanent plot* (Pauli et al. 2007), che permettono di analizzare in dettaglio le variazioni sia della flora che della vegetazione su aree di limitata estensione.

I *permanent plot* potranno essere installati in corrispondenza comunità vegetali di particolare vulnerabilità ambientale (come ad esempio le comunità di valletta nivale) il cui monitoraggio fornisca elementi che permettano di individuare e quantificare gli impatti del cambiamento climatico, coinvolgendo anche specie ad elevata sensibilità e vulnerabilità ambientale.

L'impiego di permanent plot risulta molto utile anche lungo gradienti altitudinali (Pauli et al. 2007) e/o ecologici poiché permette di associare gli eventuali cambiamenti osservati nella componente vegetale ad uno o più fattori ambientali (come, ad esempio, il gradiente di temperatura, di permanenza del manto nevoso) e di quantificarne l'impatto su comunità e/o specie target, nonchè di individuare eventuali situazioni a diverso livello di vulnerabilità (per esempio anche in funzione degli orizzonti altitudinali considerati).

Inoltre, sarebbe opportuno, ove possibile, associare il monitoraggio della vegetazione nei *permanent plot* al monitoraggio di componenti abiotiche (ad esempio ghiacciai, nevai, forme periglaciali, permafrost) dipendenti dalle condizioni climatiche per la loro conservazione e dinamismo (Cannone et al. 2008). Questo tipo di approccio, infatti, permette di verificare (e quantificare) se la risposta biologica agli input del cambiamento climatico è simile (in termini di direzione e magnitudo) a quella del comparto abiotico e se vi è concordanza temporale delle due componenti (biotica ed abiotica) rispetto all'input climatico e/o ambientale., nonché di verificare se vi sia un'eventuale accelerazione delle risposte ambientali rispetto al driver climatico (Cannone et al., 2008).

In tutti i siti di studio il protocollo di monitoraggio prevederà un'analisi preliminare delle caratteristiche fisionomiche e fitosociologiche della vegetazione, con determinazione dei pattern di distribuzione della vegetazione in relazione ai principali gradienti ambientali attraverso la

realizzazione di rilievi fitosociologici (Braun Blanquet, 1964). I risultati ottenuti permetteranno di individuare le tipologie di comunità vegetali più idonee per il monitoraggio a lungo termine, e di procedere alla selezione dei siti per la realizzazione dei quadrati permanenti.

Le dimensioni dei quadrati permanenti dovranno tener conto della *minimum area* delle comunità vegetali interessate (Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974; Lévesque, 1996; Cannone, 2004), in modo da realizzare un monitoraggio sia a livello di specie che di comunità.

In particolare, per comunità vegetali con prevalente fisionomia erbacea ed arbustiva la dimensione del plot deve essere di almeno 5 x 5 m (pari a 25 m^2), mentre per la vegetazione forestale la dimensione del plot dovrebbe essere almeno pari a 10 x 10 m (ossia 100 m^2).

Per ciascun tipo di comunità vegetale sarà opportuno prevedere l'installazione di almeno due (ottimale 3-4) *permanent plot*, affinchè si disponga di un numero di repliche che permetta di considerare sufficiente la quantità di dati acquisiti del loro successivo trattamento con analisi statistiche. Nel caso di *permanent plot* posti lungo un gradiente altitudinale, sarebbe opportuno prevedere due repliche per ciascuna quota a parità di tipologia vegetazionale.

Nell'ambito di ciascun sito di studio le attività di monitoraggio riguarderanno l'analisi della composizione floristica delle comunità vegetali e delle sue variazioni, oltre alla distribuzione spaziale ed al dinamismo delle singole specie che le compongono.

A livello di ciascun *permanent plot* il protocollo di monitoraggio prevederà una strategia multipla di rilevamento in modo da fornire dati esaustivi sulla composizione floristica, copertura e frequenza delle singole specie, ricchezza floristica, struttura della vegetazione e disposizione spaziale delle specie.

Ogni *permanent plot* andrà caratterizzato riportando i seguenti parametri: localizzazione (sia con coordinate GPS che sulla cartografia), principali parametri topografici (quota, esposizione, pendenza), tipo di substrato, caratterizzazione geomorfologica (es. circo glaciale, valle, versante, cresta, ecc), pietrosità superficiale (% blocchi, % ciottoli, % ghiaia, % sabbia e materiale fine).

A tal fine occorre dividere ogni plot in sub-plot di 1 x 1 m all'interno dei quali sarà realizzato il campionamento, basato sull'integrazione di differenti metodologie (Fig. 1, secondo Cannone 2004):

1a) **rilievo fitosociologico 1 m^2**: va effettuato su tutti i 25 sub-plot di 1 x 1m, riportando la copertura % vegetale totale, la copertura % di ogni strato di vegetazione (arborea, arbustiva,

erbacea, muscinale), l'elenco delle singole specie con la loro copertura % (espressa in cifre da 0 a 100% e non utilizzando indici di copertura);

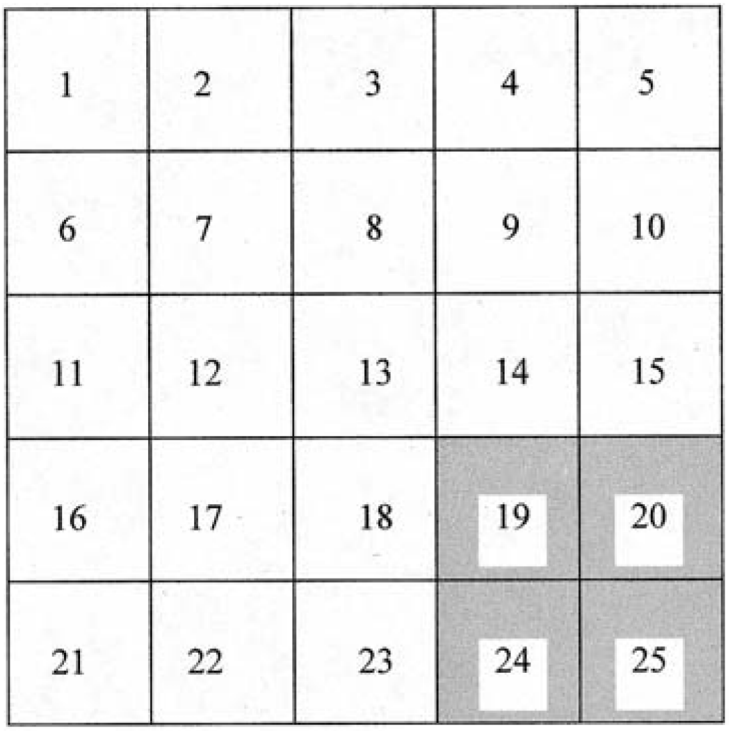


Fig. 1. Schema della suddivisione di un permanent plot di 5 x 5 m in 25 sub-plot, ciascuno di 1 x 1 m (da Cannone, 2004).

1b) **rilievo fitosociologico 100 cm²**: ciascun sub-plot di 1 x 1 m viene diviso in piccole celle da 10 x 10 cm (utilizzando una griglia mobile di 1 x 1 m, che può essere posta al di sopra del sub-plot) all'interno di ciascuna cella da 10 x 10 cm sarà realizzato il rilievo fitosociologico seguendo la stessa metodologia del punto precedente. Questo tipo di rilievo richiede molto tempo per la sua realizzazione, soprattutto in situazioni con vegetazione molto densa, e comporta anche il rischio di un significativo "trampling effect" dovuto allo stazionamento del rilevatore, che comporta un calpestio del sub-plot con conseguente disturbo alla componente vegetale stessa. Per questo motivo si consiglia di effettuare questo tipo di rilievo solo su alcuni sub-plot, ad esempio ai quattro vertici del plot da 5 x 5 m, in modo che il calpestio ed il disturbo siano ridotti ai minimi termini;

1c) **point intercept method**: va effettuato su tutti i 25 sub-plot di 1 x 1m; all'incrocio di ciascun nodo della griglia (con celle da 10 x 10 cm) posta su ciascun sub-plot viene registrata

la presenza delle specie. Per ciascun nodo vengono individuati 4 settori e per ciascun nodo viene indicato il numero di contatti (che sono al massimo 4, con 1 contatto per ogni settore). In questo modo, il dato del point intercept può essere utilizzato anche come parametro quantitativo oggettivo per il calcolo della copertura % delle singole specie (Cannone, 2004).

L'utilizzo del rilievo 100 cm^2 e del point intercept permette di ottenere anche un dato di distribuzione spaziale delle specie all'interno del plot e, nel tempo, di poter ottenere dati sia sulle variazioni di composizione floristica e di % copertura delle singole specie sia della loro precisa localizzazione all'interno del plot (con anche potenziali informazioni su possibili effetti di competizione interspecifica).

Per la caratterizzazione di ciascun permanent plot sarà inoltre opportuno effettuare, in aree immediatamente contigue al permanent plot e caratterizzate dalla medesima componente vegetale e dalle stesse caratteristiche micro topografiche e microambientali, anche prelievi ed analisi della biomassa vegetale, sia epigea che ipogea, ed analisi dei suoli. A tal fine occorrerà effettuare una piccola trincea che permetta di individuare gli orizzonti dei suoli, misurarne la profondità , effettuarne la descrizione (in termini di granulometria, struttura, colore, aggregazione, eventuali caratteristiche come ad esempio presenza di crioturbazione, orizzonti particolari, ecc), e campionare ciascun orizzonte rilevato.

Pascolo alpino (Firmeto).

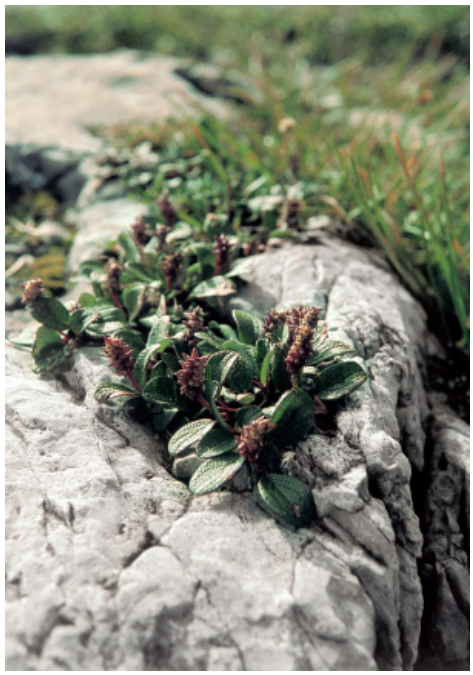
Sui campioni di suolo prelevati si consiglia di effettuare le seguenti analisi: contenuto % di acqua; analisi granulometrica; pH, conducibilità elettrica, sostanza organica totale, C totale, N totale. Ciò potrà permettere di valutare se, nel tempo, oltre alla componente vegetale anche la componente pedologica avrà subito modificazioni in conseguenza del cambiamento climatico.

Si raccomanda vivamente di attrezzare almeno alcuni i plot anche per il monitoraggio della temperatura del suolo (possibilmente a diverse profondità, ad es. 2, 10 e 30 cm) e per il monitoraggio dell'umidità del suolo (parametro anch'esso molto importante per la fisiologia delle piante e anche per processi di decomposizione della sostanza organica).

Inoltre, in corrispondenza almeno del sito prescelto per l'installazione dei permanent plot (e quindi non di ogni singolo permanent plot) sarebbe auspicabile l'installazione di una piccola stazione per il rilevamento dei principali parametri meteorologici, tra i quali temperatura e umidità dell'aria, velocità e direzione del vento, radiazione incidente ed emessa, precipitazioni (se possibile distinguendo le precipitazioni liquide da quelle solide per valutare l'innevamento).

Un monitoraggio di grande importanza ambientale da associare al monitoraggio della dinamica della vegetazione entro il permanent plot, riguarda lo spessore e la copertura della neve, che può essere effettuato direttamente, ad esempio attrezzando un campo di neve delimitato da paline graduate che vengono visitate periodicamente durante tutto l'anno misurando altezza e caratteristiche della neve e con maggiore frequenza durante i periodi di scioglimento nivale primaverile (Cannone & Guglielmin, in prep.). In siti remoti, come ad esempio in Antartide (Guglielmin, Cannone & Worland, in prep.) è possibile attrezzare una "snow camera", ossia un campo di neve, con paline graduate con differenti colori in funzione dell'altezza ed una web cam, con collegamento remoto, per il monitoraggio periodico delle condizioni di innevamento. All'interno dei permanent plot si può attrezzare un campo di neve in miniatura, ponendo delle aste graduate a distanza di 1 o 2 m l'una dall'altra, con una web cam per le osservazioni periodiche da sito remoto.

Per quanto riguarda gli orizzonti altitudinali sui quali finalizzare le priorità di monitoraggio, considerando che si prevede che gli impatti del cambiamento climatico saranno più intensi e si manifesteranno in modo anticipato in ambiti di alta quota e/o alte latitudini dove le condizioni climatiche sono più fredde e sono selezionati ecosistemi microtermi, si consiglia di dare la priorità al monitoraggio della vegetazione posta al di sopra del limite del bosco, dall'orizzonte subalpino fino a quello nivale.



Salix reticulata

Infatti, al di sopra del limite del bosco, sulle Alpi Centrali Italiane, dal 1950 ad oggi gli impatti del cambiamento climatico sono stati evidenziati sulla distribuzione spaziale delle comunità vegetali dall'orizzonte subalpino a quello alpino-nivale (Cannone et al., 2007), con conseguenze rilevanti anche sulla composizione floristica delle comunità vegetali e anche a livello delle singole specie vegetali (Cannone e Pignatti, in prep.).

Per la selezione dei permanent plot, si raccomanda, all'interno di ciascun orizzonte altitudinale prescelto, di selezionare differenti serie ecologiche, in particolare: arbusteti, praterie, vallette nivali, vegetazione pioniera, vegetazione delle zone umide. Infatti, le serie diverse ecologiche sono caratterizzate da dinamiche e fattori ambientali dominanti differenti, con la conseguenza che uno stesso input climatico possa provocare effetti profondamente differenti su serie ecologiche diverse sia in diversi ambiti altitudinali. Inoltre, l'approccio integrato serie altitudinale - serie ecologica permette di evidenziare e quantificare eventuali variazioni di comportamento/adattabilità delle specie che, secondo quanto proposto da Theurillat & Guisan (2001) possono adattarsi, migrare o estinguersi come conseguenza del cambiamento climatico. In particolare, per quanto riguarda le strategie di adattamento, le specie possono anche mostrare uno shift, ossia una variazione della nicchia ecologica, cambiando l'ambito di collocazione da comunità originarie ad altri tipi di comunità ecologiche (Cannone & Pignatti in prep.).

Gli ambiti pionieri e/o le aree caratterizzate da instabilità della superficie, come ad esempio i versanti acclivi e le falde di detrito, forniscono informazioni di grande rilevanza ai fini della conservazione della biodiversità. Infatti, tali aree sono spesso ubicate alle quote più alte, dove è possibile che sia presente permafrost discontinuo. La degradazione del permafrost è una delle possibili cause sia degli impatti inattesi riscontrati alle quote superiori da Cannone et al. (2007) al Passo dello Stelvio, dove la vegetazione delle quote più alte ha registrato inattesi decrementi (e concomitanti incrementi del suolo nudo), probabilmente a causa dell'aumento dell'instabilità superficiale dovuto alla degradazione del permafrost. Inoltre, gli ambienti pionieri

e di versante possono costituire un habitat si grandissima rilevanza per la salvaguardia della biodiversità in quanto solo specie con particolari adattamenti ecologici possono colonizzare questi ambienti (Cannone & Gerdol, 2004), che possono quindi costituire una "barriera biologica" alla migrazione di specie provenienti da altri ambiti altitudini e/o ecologici.

Una volta completata l'installazione dei permanent plot, si raccomanda un controllo annuale per verificare che i plot siano sempre riconoscibili e non vi siano elementi di disturbo delle dinamiche naturali della vegetazione, oltre che per scaricare i dati dei data logger eventualmente installati e per il controllo e la manutenzione (sia ordinaria che straordinaria) della strumentazione eventualmente installata.

Per il monitoraggio vero e proprio, si consiglia un intervallo di tempo minimo ottimale di 5 anni dall'installazione. Nel caso non sia possibile effettuare il monitoraggio ogni 5 anni, occorre comunque effettuarlo dopo 10 anni. Ciò permetterà, nel periodo di 20 anni previsto da Climaparks, di avere, oltre al "punto zero" della situazione iniziale, uno stato intermedio ed uno finale che consentiranno di interpretare con maggiore sicurezza i dati acquisiti.

Considerato che le operazioni di installazione e monitoraggio dei plot richiedono tempi abbastanza prolungati, si consiglia di selezionare dei siti facilmente accessibili, con un minimo sforzo logistico, anche per il trasporto di eventuale strumentazione.

1.2 Elaborazione dei dati di monitoraggio dei permanent plot

I dati ottenuti dal monitoraggio dei permanent plot possono essere utilizzati per numerose elaborazioni relative, ad esempio, alla ricchezza ed al turnover di specie nell'ambito del singolo plot, basate sia su dati di incidenza (ossia resenza/assenza) che su dati di copertura % e/o di frequenza %. In particolare si possono elaborare, per ciascun plot (e/o comunità vegetale), i seguenti indici:

- ·ricchezza di specie (S1), calcolato nei diversi anni del monitoraggio;
- ·numero di specie comuni durante le diverse epoche di monitoraggio (S12);
- ·numero di specie scomparse nel tempo T1-T2 (Sext);
- ·numero di specie nuove nel tempo T1-T2 (Sing)
- ·% di cambiamento della ricchezza di specie (secondo Holzinger et al. 2008), %SR = [(S2-S1)/S1]*100;

·% di estinzione, %ER = (Sext/Stot12)*100;

·% di ingresso, %ING = (ING/Stot)*100;

·indice di similarità di Jaccard (basato su dati di incidenza);

·indice di similarità di Sørensen (basato su dati di incidenza).

Inoltre, usando le % media di copertura e frequenza delle specie per ciascun plot (o subplot) si possono calcolare gli indici di similarità di Bray-Curtis, sia in base ai dati di copertura %, che di frequenza % media.

Tappeti a Dryas octopetala

2) Analisi della fenologia

Da abbinare ai permanent plot ed alle eventuali snow camera si consiglia di effettuare il monitoraggio fenologico per i *permanent plot* attrezzati con strumentazione che misuri almeno la temperatura del suolo e, in situazione ottimale, almeno prossimi a stazioni meteorologiche che forniscano dati su temperatura dell'aria e precipitazioni.

Per quanto riguarda gli aspetti funzionali degli ecosistemi, anche la fenologia delle specie può essere influenzata dagli impatti del cambiamento climatico e, per questa ragione, sarebbe auspicabile selezionare dei plot nei quali monitorare, anno dopo anno, le fenofasi di specie target (entro comunità vegetali selezionate). A tal fine, si consiglia di utilzzare il protocollo sviluppato dal progetto internazionale ITEX (International Tundra EXperiment, Molau 1993), per la selezione delle specifiche fenofasi da monitorare (Tab. 1). Considerando che in ambiente montano le variazioni di accumulo e persistenza della copertura nivale costituiscono un fattore di cruciale importanza per lo sviluppo e la persistenza delle comunità vegetali, sarebbe opportuno affiancare al rilievo delle fenofasi anche quello della copertura nivale e dei suoi pattern di scioglimento primaverile (Cannone et al. in prep.).

Affinchè i dati fenologici siano utilizzabili occorre effettuare il monitoraggio fenologico tutti gli anni, con una frequenza di almeno 1 visita alla settimana per tutta la durata del periodo vegetativo. La situazione ottimale prevede anche il monitoraggio della presenza ed altezza della copertura nivale.

Palina	Data (in giorni giuliani)	Data
Quota		
fine innevamento (N. giorno)		
Inizio Primi Germogli (N° Giorno)		
Inizio Foglie Nuove (N° Giorno)		
Inizio Germogli Principali (N° Giorno)		
Inizio Primo Fiore (N° Giorno)		
Inizio Primo Stimma Visibile (N° Giorno)		
Inizio Prime Antere Visibili (N° Giorno)		
Inizio Fioritura Principale (N° Giorno)		
Inizio Sviluppo Semi (N° Giorno)		
Inizio Semi Maturi (N° Giorno)		
Inizio Senescenza Foglie (N° Giorno)		

Tab. 1. Esempio di scheda fenologica. Ogni scheda è specie-specifica

3) Cartografia fitosociologica e di uso del suolo

Per quanto riguarda l'elaborazione della cartografia della vegetazione, sarebbe opportuno selezionare siti nei quali siano presenti differenti tipologie di vegetazione, in particolare le tipologie più potenzialmente sensibili, su una superficie minima di almeno 2 km^2. Sarebbe auspicabile che la carta della vegetazione sia di tipo fitosociologico, rilevata principalmente sul terreno e non da fotografia aerea e/o immagine satellitare, che possono essere utilizzate per una cartografia preliminare, da perfezionare con rilievi sul terreno condotti a scala dettagliata (1:1500 o 1:2000) al fine di ottenere una carta fitosociologia di dettaglio. Infatti, solo attraverso l'elaborazione di una carta fitosociologia di dettaglio, corredata da rilievi fitosociologici delle comunità presenti e da documentazione (anche fotografica) del sito prescelto, potrà costituire un "punto zero" per il monitoraggio a medio-lungo termine sia qualitativo che quantitativo degli impatti del cambiamento climatico (Cannone et al., 2007).

La carta fitosociologia della vegetazione potrà costituire un punto di riferimento per il monitoraggio a medio-lungo termine (15-20 anni) delle potenziali variazioni di distribuzione spaziale ed areale e della composizione floristica delle comunità vegetali, sia per la valutazione degli eventuali impatti del cambiamento climatico che per la valutazione degli eventuali impatti del cambiamento di uso del suolo.

Infatti, disponendo della carta fitosociologica di riferimento (es. situazione del 2012, tempo T1) e della carta di controllo (es. 2032, tempo T2), utilizzando un sistema GIS sarà possibile effettuare le seguenti valutazioni:

·quantificazione delle variazioni della vegetazione in termini di copertura % (categorie: suolo nudo, vegetazione discontinua, vegetazione continua);

·analisi del dinamismo della vegetazione secondo una dinamica successionale (progressione, regressione in funzione della dinamica successionale, cambiamento di ambito successionale/ dinamico);

·analisi delle serie ecologiche e delle loro eventuali variazioni, sia in termini di tipologie presenti che di distribuzione spaziale (con riferimento a differenti serie ecologiche ad elevata sensibilità e vulnerabilità sia agli impatti del cambiamento climatico che del cambiamento di uso del suolo, in particolare arbusteti, praterie, vallette nivali, vegetazione pioniera, vegetazione delle zone umide).

Comunità vegetali pioniere in un ghiaione subalpino

Le eventuali variazioni della distribuzione spaziale delle comunità vegetali, con eventuali variazioni riferite a quota, esposizione, pendenza, nonché l'analisi di eventuali variazioni della composizione floristica e della biodiversità, possono essere interpretate anche anche secondo modello proposto da Theurilat e Guisan (2001) in funzione delle tre principali strategie (adattamento, migrazione, estinzione).

Tale metodologia è stata impiegata con successo per la valutazione dei cambiamenti subiti dalla vegetazione di alta quota del Passo dello Stelvio nel periodo 1953-2003 (Cannone et al. 2007), di cui si riporta un esempio riferito alle variazioni di copertura vegetale % e di dinamismo (Fig. 2).

4) Monitoraggio dell'uso del suolo e dei suoi eventuali cambiamenti

Per i territori che logisticamente presentano problemi di accessibilità tali da rendere difficoltose alcune delle attività di monitoraggio, è possibile effettuare l'analisi ed il monitoraggio della

componente vegetale anche su base fisionomica e non necessariamente con criteri fitosociologici, ricavabile anche da foto aerea o da immagini satellitari. In questo caso, specialmente nel caso di fotografie aeree, potrebbe essere possibile anche effettuare una ricostruzione ex post, usando serie storiche fino ad arrivare alla situazione attuale, utilizzando i dati ottenuti per la valutazione dei cambiamenti di vegetazione, anche in relazione ai cambiamenti di uso del suolo (Cannone & Roda, in prep.).

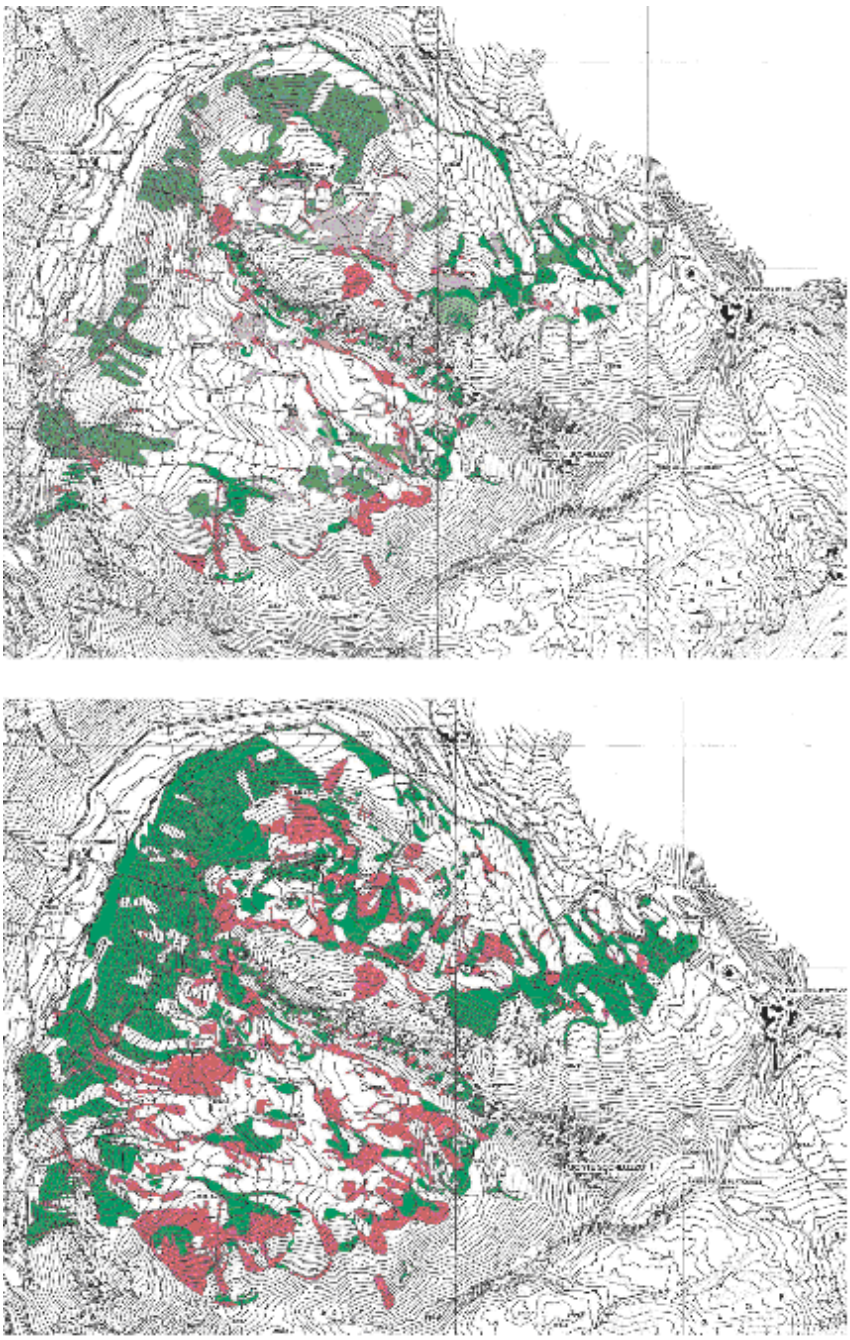


Figura 2. Esempio delle variazioni di copertura (a) e di dinamismo (b) subiti dalla vegetazione del Passo dello Stelvio nel periodo 1953-2003 (da Cannone et al., 2007). Legenda: verde = incremento di copertura % (a) e progressione verso stadi dinamici più evoluti/maturi (b); bianco = nessuna variazione; rosso = decremento di copertura % (a) e regressione verso stadi dinamici più primitivi/pionieri (b).

Siti ed habitat consigliati per il monitoraggio nel territorio dei Parchi

Per quanto riguarda nello specifico i territori interessati dal Progetto Climaparks nell'ambito dei Parchi Regionali delle Dolomiti Friulane e delle Prealpi Giulie, considerando anche gli habitat della Direttiva Natura 2000 individuati all'interno di tali Parchi, si consiglia di selezionare le aree e gli ecosistemi per il monitoraggio nell'ambito dei SIC (Siti di Importanza Comunitaria) designati nei territori dei due Parchi, in corrispondenza di habitat con elevata potenziale suscettibilità di subire impatti del cambiamento climatico a medio e lungo termine.
Infatti, l'ubicazione dei siti di monitoraggio entro i SIC dovrebbe assicurare la possibilità di proseguire le attività per il periodo previsto nonché di dotare i siti di adeguati status di protezione.

Parco Naturale delle Dolomiti Friulane

Nel territorio del Parco delle Dolomiti Friulane, la vegetazione al di sopra del limite del bosco comprende praterie calcaree ricche di endemismi (seslerieti a ranuncolo ibrido), praterie pioniere a *Carex firma* e *Gentiana terglouensis*, vegetazione di ghiaione e rupestre, in associazione a condizioni topografiche accidentate. Questo territorio ha fornito un'importante postazione di rifugio per molte specie vegetali durante le glaciazione, con la conservazione e la selezione di numerosi endemismi e specie rare che, nell'ambito del Progetto Climaparks meritano sicuramente un'attenzione particolare in quanto potenziali "relitti climatici" ad elevata sensibilità e vulnerabilità ambientale. Tra queste specie si ricordano: *Cytisus emeriflorus* Rchb., *Gentiana favratii* (Rittener)Favrat., *Gentiana lutea* L. subsp. *symphyandra* Murb., *Gentiana bavarica* L., *Gentiana frolichii* Jan ex Rchb. subsp. *zenarii* Martini & Poldini, *Arenaria huteri* Kern., *Asplenium seelosii* Leyb., *Silene veselskyi* (Janka) Beg., *Galium margaritaceum* Kern., *Primula wulfeniana* Schott., *Primula tyrolensis* Schott., *Daphne blagajana* Freyer, *Carex australpina* Becherer, *Thlaspi minimum* Ard., *Festuca laxa* Host, *Campanula morettiana* Rchb., *Festuca spectabilis* Jan subsp. *spectabilis, Festuca alpestris* Roem. & Schult.
Nell'ambito del Parco, gli habitat che, in via preliminare presentano potenzialmente caratteristiche idonee sono: **Mugo Rhododendreto hirsuti* (4070); Lande alpine e boreali (4060); Formazioni erbose calcicole alpine e subalpine (6170); *Ghiaioni calcarei dell'Europa centrale (8160); Ghiaioni calcarei (8120); Pareti rocciose calcaree con

Comunità a rododendro ferrugineo

vegetazione casmofitica (8210). Si riporta di seguito una sintetica descrizione degli habitat e delle loro specie guida.

***Mugo Rhododendreto hirsuti* (4070)**. Le perticaie di *Pinus mugo* e *Rhododendron hirsutum* (*Mugo-Rhododendretum hirsuti*),sono mughete assai diffuse nelle Alpi sud-orientali nel piano subalpino superiore (> 1600 m). Questo tipo di habitat comprende tre differenti tipi di comunità vegetale: a) le mughete termofile ad *Erica carnea* dei versanti meridionali (*Erico-Pinetum prostratae*), b) le mughete mesofile dei versanti settentrionali più freschi con *Rhodothamnus chamaecistus (Rhododendro hirsuti-Pinetum prostratae*); c) le mughete su substrati calcareo-dolomitici ma su suoli acidificati a causa del prolungato innevamento (mugheta chionofila del *Sorbo chamaemespili-Pinetum mugi*, con specie sia basifile che acidofile). Questo habitat forma mosaici con i pascoli calcifili, le praterie discontinue a *Carex firma*, la vegetazione delle rupi e dei ghiaioni calcarei ed è da tenere in considerazione, nell'ambito dei potenziali impatti del cambiamento climatico, in quanto è in grado potenzialmente di espandersi verso le quote superiori, invadendo la vegetazione di prateria. Tra le specie guida vi sono *Erica carnea, Hieracium bifidum, Pinus mugo, Rhododendron hirsutum, Rhodothamnus chamaecistus, Sorbus chamaemespilus, Valeriana tripteris* ssp. *austriaca*. Tra le specie rilevanti presenti nel territorio del Parco vi è *Cypripedium calceolus*.

Lande alpine e boreali (4060). Sono presenti differenti tipologie caratterizzate da diverse cenosi. Nel piano subalpino (>1800 m) all'interno di altopiani carsici d'alta quota delle Alpi sudorientali vi sono cespuglieti a *Juniperus nana* degli altopiani carsici (31.431A, codice Biotopes), specie guida *Juniperus communis* subsp. *alpina*, *Rhododendron hirsutum, Rhodothamnus chamaecistus*. Tale fitocenosi forma mosaici con le mughete su calcare dell'Erico-Pinion mugo e con la vegetazione delle rupi e dei ghiaioni calcarei.

Nei piani montano, subalpino ed alpino (> 1100 m) su substrati carbonatici (calcareo-dolomitici) piuttosto primitivi, i pascoli abbandonati vengono progressivamente invasi da specie arbustive, trasformandosi in brughiere che costituiscono, a seconda del piano altitudinale, i micromantelli di pinete, mughete e boschi primitivi a faggio e carpino nero e che precedono la formazione dei boschi montani calcifili primitivi di latifoglie, di pinete e di mughete. Le specie guida sono *Arctostaphylos uva-ursi, Erica carnea, Genista radiata, Rhododendron hirsutum*. Questa cenosi presenta tre sub-tipologie: *Festuco alpestris-Genistetum radiatae* , nel piano montano e dominato da *Genista radiata*; *Ericetum carneae* , nel piano montano e dominato da *Erica carnea*; *Rhododendretum hirsuti*, più mesofilo e raro.

Nel piano alpino (> 1800 m) su substrati carbonatici estremamente primitivi e poco consolidati è presente la vegetazione con spalliere a *Dryas octopetala* delle alte montagne (31.491 codice Biotopes), con specie guida *Anthyllis vulneraria* ssp. *alpestris*, *Carex firma, Dryas octopetala*. Questa cenosi si caratterizza per la sua capacità di stabilizzare le porzioni meno mobili di alcuni ghiaioni o di penetrare fessure delle rocce, e per la presenza di numerose specie dei ghiaioni e delle praterie alpine. Le spalliere a *Dryas* formano spesso mosaici con la vegetazione dei ghiaioni e delle rupi, nonché con le praterie a *Sesleria caerulea* e le praterie discontinue a *Carex firma*. Questa tipolgia di habitat è da tenere in considerazione, nell'ambito dei potenziali impatti del cambiamento climatico, in quanto è in grado potenzialmente di espandersi verso le quote superiori, invadendo la vegetazione di prateria.

6170 - Praterie calcaree alpine e subalpine. Presenta differenti tipologie in funzione della quota/piano altitudinale.

Nel piano altimontano e subalpino (1100-1800 m) su substrati carbonatici si presenta in forma di pascoli secondari altimontani e/o di praterie azonali su pendii assai ripidi che non tendono ad

incespugliarsi (Seslerieto altimontano secondario, 36.438B codice Biotopes). Laddove la topografia sia meno acclive, tali comunità vegetali presentano una forte tendenza al fenomeno di incespugliamento. Le specie guida sono *Festuca alpestris, Festuca calva, Ranunculus hybridus* e *Sesleria caerulea*. In funzione della localizzazione geografica, tale tipologia di habitat presenta tre differenti cenosi: a) delle Alpi e Prealpi Giulie dominate da Festuca calva (Avenastro parlatorei-Festucetum calvae), b) delle Prealpi Carniche con Festuca alpestris (Laserpitio sileri-Festucetum alpestris); c) diffuse in tutto il sistema montuoso friulano a Sesleria caerulea subsp. caerulea (Carici ornithopodae-Seslerietum albicantis). Tutte le tre tipologie formano mosaici con le rupi ed i ghiaioni calcarei, gli ostrieti rupestri e le mughete. Sono spesso ricolonizzate da brughiere e arbusteti o da vegetazione forestale (corileti, ostrieti primitivi e pinete).

Nel piano alpino (> 1800 m) vi sono praterie settentrionali a *Carex ferruginea* (36.412 codice Biotopes), su substrati carbonatici da mesofile a subigrofile diffuse sulle Alpi che si sviluppano e suoli profondi e con buon bilancio idrico, dominate da *Carex ferruginea*, con *Calamagrostis varia, Pulsatilla alpina/austro alpina* e *Saxifraga aizoides* come specie guida. Nel piano alpino questo habitat presenta due differenti comunità vegetali a vicarianza

Pascolo alpino (Firmeto)

fitogeografica: l'*Hormino pyrenaici-Caricetum ferrugineae* nelle Alpi e Prealpi Carniche, ed il *Saxifrago aizoidis-Caricetum ferrugineae* nelle Alpi e Prealpi Giulie. Questo habitat forma mosaici con le praterie subalpine ed alpine calcifile, le mughete e, a quote inferiori, con l' *Hemerocallido-Ostryetum*.

Inoltre, nel piano alpino inferiore (> 1800 m) su substrati calcareo dolomitici e su suoli mediamente evoluti sono presenti le praterie primarie alpine su suoli carbonatici a *Sesleria caerulea* e *Ranunculus hybridus* (36.438C - Praterie subalpine primarie a *Carex sempervirens*, codice Biotopes), con specie guida *Anthyllis vulneraria* subsp. *alpestris, Carex sempervirens, Helianthemum nummularium, Laserpitium peucedanoides, Ranunculus hybridus, Sesleria caerulea*. Tale cenosi forma mosaici con le altre praterie calcifile alpine, con i ghiaioni calcarei e le vallette nivali, le spalliere a *Dryas octopetala*, le mughete.

Anche nel piano alpino superiore (> 1800 m) vi sono le Praterie calcifile a Sesleria (36.433 - Praterie subalpine a zolle delle Alpi, codice Biotopes), che costituiscono praterie primarie edafoxerofile discontinue, con *Carex firma, Gentiana terglouensis, Phyteuma sieberi, Sesleria caerulea, Sesleria sphaerocephala* e *Silene acaulis* come specie guida. Tale cenosi forma mosaici con le altre praterie calcifile, i ghiaioni e le rupi calcaree, le vallette nivali, le spalliere a *Dryas octopetala* e le mughete. Tra le specie rilevanti nel territorio del Parco vi è *Gentiana froelichii* subsp. *zenariae.*

8160 - *Ghiaioni calcarei medio-europei dei piani montano e collinare. Sono presenti dal piano collinare a quello montano (200-1600 m) su rocce calcaree e dolomitiche. Il loro dinamismo è collegato a formazioni arbustive rupestri e ad ostrieti primitivi e presentano un elevato rischio di immissione di specie esotiche. Le specie guida di questi habitat sono *Galeopsis angustifolia* e *Stipa calamagrostis*.

8120 - Ghiaioni calcarei e a calcescisti dei piani montano e alpino (Thlaspietea rotundifolii). Questa tipologia di habitat è distribuita dal piano altimontano a quello alpino (> 1100 m) su rocce calcaree e dolomitiche, con differenti comunità vegetali lungo gradienti altitudinali: ghiaioni subalpini-alpini a pezzatura media delle Alpi Carniche (*Papaveretum rhaetici*), quelli alpini dei substrati marnosi a *Leontodon montanus (Leontodontetum montani*), quelli

altimontani mesici con *Dryopteris villarii (Dryopteridetum villarii*), quelli altimontani xerici con *Trisetum argenteum (Athamantho cretensis-Trisetetum argentei*), quelli submontani a pezzatura grossolana a *Gymnocarpium robertianum e Molopospermum peloponnesiacum/ bauhinii (Moehringio-Gymnocarpietum robertiani* var. geogr. a *Molopospermum peloponnesiacum/bauhinii*). Questi habitat alle quote superiori possono formare mosaici con le rupi calcaree, con le vallette nivali e con le spalliere a *Dryas octopetala*, mentre alle quote inferiori possono formare mosaici o essere invasi dalle mughete, dagli arbusteti a *Juniperus nana*. Le specie guida di questi habitat sono *Athamanta cretensis, Dryopteris villarii, Festuca laxa, Gymnocarpium robertianum, Molopospermum peloponnesiacum/bauhinii, Papaver alpinum/ rhaeticum, Thlaspi cepaeifolium/rotundifolium, Trisetum argenteum*. Tra le specie tipiche di questa tipologia di habitat presenti nel Parco si segnalano *Alyssum ovirense, Festuca spectabilis ssp. spectabilis, Galium margaritaceum, Thlaspi minimum*.

8210 - Rupi calcaree con vegetazione casmofitica. Comprende differenti tipologie di habitat. Per quanto riguarda la 62.151 - Vegetazione di rupi soleggiate alpine (CODICE Biotopes 62.151), sono formazioni rupestri esposte a sud, suddivise in due gruppi in funzione del piano altitudinale. Nel piano montano (fino a 1700 m) su substrati calcareo-dolomitici, con bassa copertura vegeta-

Papaveretum rhaetici

le, le specie guida sono *Physoplexis comosa, Potentilla caulescens, Rhamnus pumilus, Spiraea decumbens* s.l. Queste associazioni del piano montano formano mosaici con ghiaioni ed i pascoli calcarei, così come con le formazioni arbustive rupestri,gli ostrieti primitivi e le mughete. Nel piano subalpino ed alpino (> 1700 m) su substrati calcareo-dolomitici le specie guida sono *Festuca alpina, Paederota bonarota, Potentilla nitida, Saxifraga squarrosa, Sesleria sphaerocephala*. In questo caso la comunità vegetale è caratterizzata da un'alta percentuale di camefite a causa delle condizioni più estreme rispetto al piano montano. Questa comunità solitamente forma mosaici con i ghiaioni calcifili, i pascoli alpini e, ai suoi limiti inferiori, con le mughete. Tra le specie rilevanti presenti nel territorio del Parco vi è *Campanula morettiana*.

Nell'ambito del territorio del Parco delle Dolomiti Friulane molti siti potrebbero presentare caratteristiche vegetazionali ed ambientali idonee per le attività di analisi e monitoraggio, tuttavia vi è il grande problema della loro difficile accessibilità, che richiede tempi molto prolungati (in assenza di supporto di elicottero) lasciando pochissimo tempo per le attività di ricerca in campo. Per questo motivo sono necessarie ulteriori indagini prima di potersi pronunciare in modo esaustivo su uno o più siti idonei per le attività proposte.

Dovendo individuare delle aree idonee al protocollo di monitoraggio presentato, si suggeriscono, fra le possibili scelte, l'area del Monte Dosaip, la Val Montina e la Val Cimoliana.

Il Cadin di Dosaip con l'evidente conca di origine glaciale.

PARTE II
COMPONENTE FAUNISTICA

I monitoraggi faunistici a lungo termine

Il monitoraggio ambientale a lungo termine si rende necessario in quanto i fenomeni e i processi ecologici impiegano tempi lunghi per manifestarsi, spesso con scale temporali più estese di quelle utilizzate nella maggior parte dei protocolli di misura già adottati (Lindenmayer & Likens, 2010). Il controllo nel tempo degli effetti su popolazioni e cenosi dei cambiamenti globali (cambiamenti climatici, invasione di specie alloctone, assottigliamento della fascia di ozono nell'atmosfera), richiede la messa a punto di protocolli particolarmente efficaci, in grado di registrare le risposte dei parametri in tempi e con entità adeguati.

La necessità di avviare e mantenere progetti di monitoraggio a lungo termine è stata oggetto di numerose pubblicazioni scientifiche, sia nella letteratura periodica, sia in volumi monografici. Inoltre, esistono riviste scientifiche interamente o prevalentemente dedicate a questo argomento: *Environmental monitoring and assessment* e *Journal of environmental monitoring*. Dalla pluralità di fonti è possibile ricavare i motivi per i quali tale tipo di monitoraggio si rende necessario. I principali sono i seguenti:

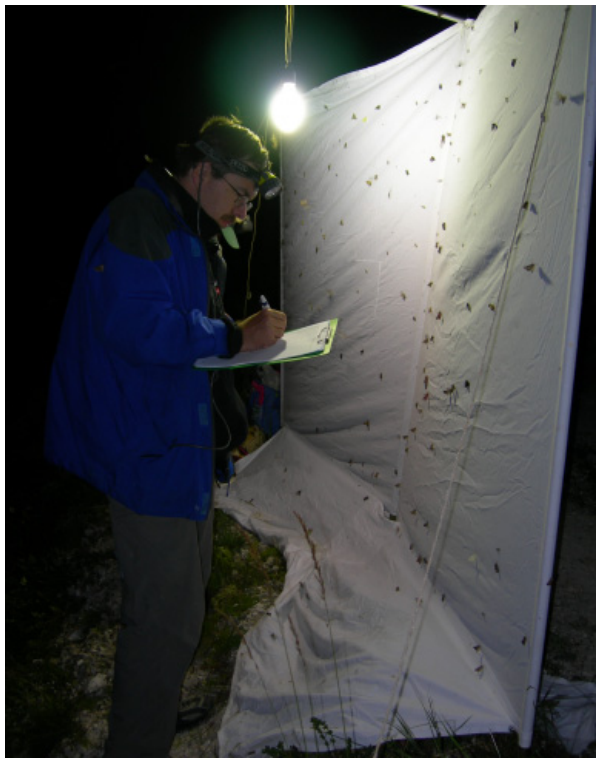
1. Documentare e fornire una base di dati sui quali valutare i cambiamenti che avvengono nel tempo (p.e. cambiamento climatico).
2. Valutare le risposte ecologiche al disturbo (anche sperimentale).
3. Individuare e valutare i cambiamenti nella struttura e nel funzionamento degli ecosistemi.
4. Generare nuove ipotesi sulla dinamica di popolazioni, comunità ed ecosistemi.
5. Fornire dati empirici per verificare teorie e modelli ecologici.
6. Disporre di set di dati da esplorare per nuove ricerche e ipotesi.

Il monitoraggio dovrebbe essere condotto come parte di un processo scientifico rigoroso, che consenta di rispondere a domande formulate con un approccio sperimentale o ipotetico-deduttivo e generare risposte scientificamente robuste. Talvolta, invece, i monitoraggio si trasformano in attività di routine, in cui si perde di vista il fatto che le variabili e i processi da seguire nel tempo devono essere messi in relazione con i fattori dei quali si vuole misurare l'effetto. L'esperienza ha mostrato che alcune pratiche devono essere evitate già nel momento in cui il piano di monitoraggio viene progettato e avviato. Fra queste, val la pena di citare i seguenti difetti che potrebbero presentarsi:

A. La lista della spesa (pretendere di controllare tutto). Quando si avvia un progetto, è talvolta poco conosciuta la risposta degli indicatori alle variazioni dei parametri da controllare. Inoltre, sia per le funzioni di risposta, sia per le covariate ambientali (variabili climatiche, microclimatiche, vegetazionali, antropiche), non si può conoscere in partenza quali avranno effetti significativi sui parametri misurati con gli indicatori scelti. In alcuni casi si opta per la raccolta di un numero elevato di parametri, con la speranza che qualcuno di questi sia in grado di spiegare, attraverso opportuni trattamenti statistici, le variazioni degli indicatori. Si rischia, in questi casi, di sottoporre a monitoraggio molti parametri ma di raccogliere dati di scarsa qualità. È invece importante preselezionare un numero non eccessivo di parametri dei quali effettuare misure ripetute secondo i migliori standard possibili, preselezionando quelli dei quali si ritiene preliminarmente interessante verificare la risposta alle variazioni ambientali.

B. Pretendere (pre-supporre) che gli indicatori noti funzionino meglio di altri taxa. In realtà, la letteratura è inflazionata di proposte di taxa (gruppi tassonomici a diversi livelli, dalla specie al phylum), dei quali si afferma, spesso con ragione, il valore indicatore rispetto ad alcuni gradienti da controllare. Ci sono almeno 55 taxa dei quali si è proposto l'uso quali indicatori. Al momento di scegliere gli indicatori, quindi, occorre verificare in modo approfondito la capacità di quelli presi in considerazione di registrare le variazioni dei gradienti che si vogliono studiare, su scala spaziale e temporale e in relazione agli obiettivi del progetto.

C. Lavorare senza un buon disegno sperimentale. I processi naturali si prestano a essere studiati seguendo un approccio probabilistico. Il fattore casuale è sempre presente e se ne deve tener conto. Inoltre, l'interazione fra variabili dev'essere evidenziabile con opportune tecniche di analisi. L'approccio deterministico ancora presente in alcune procedure di monitoraggio ambientale rischia di portare a semplificazioni inaccettabili. È assolutamente necessario tener conto della necessità di trattare statisticamente i dati



Monitoraggio della lepidotterofauna

raccolti e di replicare i campionamenti con sforzi comparabili anche da parte di operatori diversi. In un progetto di monitoraggio, nella fase progettuale è necessario coinvolgere statistici esperti in grado di fornire indicazioni preliminari relativamente ai seguenti aspetti:

a. Calcolare la capacità dei dati di intercettare/descrivere le tendenze delle variabili misurate (stimare lo statistical power).

b. Minimizzare l'errore della previsione.

c. Usare specie/indicatori con buona contattabilità. Questo comporta la necessità di evitare taxa che potrebbero essere assenti da gran parte delle stazioni di campionamento.

d. Ottimizzare i metodi di campo e di analisi dei dati.

D. Non avere ipotesi da verificare. Se non è chiara dall'inizio la direzione che prenderanno i processi sotto controllo, si rischia di essere disorientati da "rumore di fondo" intrinseco nelle matrici con molti dati. La soluzione estrema che si adotta in questi casi è quella di controllare le correlazioni significative fra le variabili, senza tener conto del rischio di commettere errori di interpretazione statistica (errori di I tipo: accettare l'ipotesi che esista una relazione fra variabili quando questa è dovuta solo al caso). La tecnica "fishing for correlations" può andar bene nella fase di esplorazione preliminare dei dati; non nella fase di interpretazione dei dati stessi. Di qui l'esigenza di procedere con un approccio scientifico più rigoroso, adottando il metodo ipotetico-deduttivo e formulando ipotesi che comportino previsioni verificabili. Nel caso del monitoraggio di parametri di biodiversità come risposta alle variazioni climatiche, l'operazione è realizzabile senza eccessivi problemi grazie all'abbondante letteratura sull'argomento.

E. Pretendere di mantenere fisso lo schema di monitoraggio. La tentazione di modificare lo schema di campionamento nel corso del monitoraggio può presentarsi man mano che l'esperienza mostra i limiti di alcuni dei protocolli adottati. Si può, però, essere portati a non apportare modifiche sia per pigrizia, sia per la preoccupazione di perdere la standardizzazione. In realtà, se si può adottare un protocollo più efficace, è opportuno valutare se sia possibile "correggere" i dati pregressi e utilizzarli nelle analisi periodiche o finali. Qualora, nel corso del monitoraggio, si decidesse di modificare le tecniche di misurazione di alcuni dei parametri (variabili di risposta e parametri ambientali), sarà opportuno procedere per un tempo adeguatamente esteso con misure in parallelo utilizzando i vecchi e i nuovi metodi. Questo consentirà di

rilevare eventuali errori sistematici nei vecchi strumenti/metodi di misurazione e di correggere le serie di dati antecedenti il cambiamento senza perdere le serie complete.

F. Non gestire bene i dati. La gestione dei dati è una parte cruciale di qualunque ricerca. Se si profonde un grande sforzo nell'attività di raccolta dei dati ma questi vengono poi abbandonati in un database o analizzati solo superficialmente, per non dire in modo improprio, si sono sprecati tempo e risorse. In progetti di monitoraggio a lungo termine condotti negli USA, il costo dell'analisi dei dati impegna mediamente il 15% del bilancio. Occorre, inoltre, prevedere la destinazione di risorse adeguate per la conservazione dei dati a lungo termine; questo deve prevedere anche la diversificazione dei supporti e delle collocazioni dei dati stessi.

Nel caso del Progetto Climaparks, la messa in pratica dei concetti sopra esposti può trovare soddisfacenti soluzioni. In particolare, il piano di monitoraggio deve partire da domande chiare sui fenomeni e sui processi che si vogliono descrivere, che in generale sono già intrinseci nel Progetto Climaparks stesso. Occorre, inoltre, darsi un obiettivo scientifico che vada oltre il

Monitoraggio della fauna del suolo mediante *pitfall traps*

periodo del progetto Interreg. Soprattutto, occorre adottare un disegno di campionamento che consenta di

- Creare il "punto zero" della situazione di popolazioni e comunità,
- Ottenere dati quasi immediati che consentano di adattare il processo di monitoraggio (relazioni fra variabili di popolazione e comunità con variabili ambientali).

Ai fini del presente progetto ci si propone quindi, analogamente a quanto già visto per la componente vegetale, di strutturare un piano di monitoraggio di almeno 1-2 anni che consenta di definire un "punto zero" quale punto di riferimento per un monitoraggio a medio-lungo termine, in grado di registrare eventuali variazioni nelle comunità faunistiche considerate, come già illustrato più sopra. Per ciò che riguarda i siti di monitoraggio si propone di mantenere le stesse aree già proposte nell'ambito del protocollo relativo alla componente vegetale, ovvero le aree del Monte Dosaip e/o la Val Cimoliana, a cui verranno affiancate ulteriori proposte di siti ritenuti idonei, in particolare relativamente ad alcuni specifici taxa.

In conclusione il piano di monitoraggio dovrà:

1. Individuare un disegno di campionamento idoneo;
2. Individuare i taxa indicatori (usare le risorse umane disponibili, evitare la ridondanza);
3. Individuare gli specialisti di riferimento;
4. Coinvolgere (ove possibile) nel monitoraggio gli operatori locali (come guardiaparco e forestali);
5. Raccogliere dati ambientali e vegetazionali sulle stazioni.

L'individuazione dei gruppi di bioindicatori dovrà seguire i seguenti criteri:

a) pattern di risposta ai cambiamenti climatici comune a quello di altri taxa non monitorati (si tratta quindi di "gruppi ombrello");

b) biologia ed autoecologia ben conosciute;

c) tassonomia ben conosciuta e sufficientemente stabile;

d) specializzazione delle specie a uno o pochi habitat;

e) presenza in aree geografiche ampie, quindi con pochi casi di endemismo (presenza almeno in tutti i Parchi coinvolti);

f) metodi di campionamento standardizzati e soprattutto facilmente ripetibili;

g) potenziale economico nell'ecosistema (gruppi "chiave").

Monitoraggio della biodiversità a invertebrati

Aspetti generali e obiettivi del protocollo

L'esiguità di studi inerenti la fauna ad invertebrati del bioma alpino è sicuramente ascrivibile alle conoscenze abbastanza disomogenee dal punto di vista sia geografico che tassonomico. La nazione che risulta essere maggiormente conosciuta è l'Austria in cui già agli inizi del 1900 iniziarono i primi studi inerenti la fauna invertebrata alticola; a tutt'oggi infatti alcuni gruppi come i Lepidotteri, gli Ortotteri, i Coleotteri e gli Aracnidi sono ben conosciuti (Nagy 2003). In Italia purtroppo sono ancora molto poche le aree per le quali si è in possesso di dati di campionamenti decennali e quasi sempre tali campionamenti sono riferiti ad un solo ordine o ad una sola famiglia di invertebrati.

Le conoscenze sulla fauna acquatica a macroinvertebrati alpina e prealpina italiana sono ancora scarse, ristrette come arco temporale agli ultimi 15 anni e riferite principalmente a sorgenti (ad esempio le monografie di Crema et al. 1996, Stoch 2003, Bertuzzi & Cantonati 2007, Cantonati et al. 2011), torrenti montani (Brittain et al. 2000, Castella et al. 2001, Lencioni & Maiolini 2002) e laghi d'alta quota (Lami & Boggero 2006). Recentemente sono stati pubblicati alcuni lavori in cui sono stati messi in risalto gli effetti sulla comunità dei macroinvertebrati acquatici dei cambiamenti climatici (aumento della temperatura dell'aria e dell'acqua, scioglimento dei ghiacciai, alterazione del regime pluviometrico e idrologico), ovvero la risalita verso monte di taxa tipici dei fondovalle e l'estinzione locale di specie d'alta quota. Numerosi sono gli studi condotti negli ultimi 20 anni sull'adattamento al freddo e le capacità di risposta al caldo di specie stenoterme fredde, comuni in ambiente montano, in invertebrati delle regioni polari e, recentemente, anche alpine (Bernabò et al. 2010). Tali studi mettono in evidenza l'elevata vulnerabilità di specie stenoterme fredde al riscaldamento globale (sopravvivenza a temperature superiori a quella naturale limitata a poche ore, incapacità di attivare meccanismi molecolari "di difesa" allo shock termico e altri).

Da tali revisioni emerge una uniformità di opinioni nel considerare la risposta degli invertebrati (nello specifico degli artropodi) ai cambiamenti climatici ed ambientali come strumento di interpretazione dei cambiamenti stessi che avvengono in senso latitudinale e altitudinale nel tempo.

Le nozioni di ecologia che emergono da questi studi, sono così riassumibili:

- gli artropodi sono in grado di reagire direttamente e indirettamente ai cambiamenti ambientali e ai parametri fisici ad essi associati (temperatura, radiazione ultravioletta, disponibilità di ossigeno, precipitazioni e intensità del vento) lungo un gradiente altitudinale;
- gli insetti presentano particolari adattamenti alla quota come per esempio il polimorfismo nella dimensione alare (aumento di ali atrofizzate "brachitterismo") per ovviare ai forti venti cha altrimenti renderebbero molto difficoltoso il volo e la colorazione del tegumento particolarmente scura per proteggersi dai forti raggi ultravioletti;
- le specie si distribuiscono altitudinalmente in relazione alla loro fenologia e al loro pattern riproduttivo: questo porta ad avere specie che, in alta quota, compiono cicli particolarmente lunghi o corti;
- l'eterogeneità locale di habitat, collegata alla topografia dell'area, determina l'insediamento di comunità con caratteristiche biologiche differenti;
- la composizione delle comunità cambia con l'altitudine; tuttavia la ricchezza di specie potrebbe avere un picco a qualsiasi quota o non mostrare alcun trend in quanto questo dipende dalla comunità studiata e dall'area di studio;

Molti taxa di insetti (nell'immagine un plecottero) vengono considerati eccellenti bioindicatori.

- la composizione delle comunità acquatiche cambia con la tipologia e l'origine di corso d'acqua;
- la composizione delle comunità acquatiche cambia in relazione alle caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua quindi in relazione alla geologia dei bacini imbriferi;
- la risposta degli artropodi ai cambiamenti climatici potrebbe cambiare da specie a specie, alcune specie estenderanno il loro areale di distribuzione mentre altre lo restringeranno.

Questi meccanismi sono comunque ancora molto poco studiati e in molti casi devono essere ancora dimostrati.

Gli invertebrati ed in particolare gli artropodi assommano circa il 95% della biodiversità e collettivamente formano l'infrastruttura "invisibile" che guida le dinamiche di un ecosistema. Non soltanto la ricchezza delle specie di artropodi eccede enormemente quella delle piante vascolari e dei vertebrati messi insieme, ma la biomassa degli artropodi da soli può superare quella dei vertebrati negli ecosistemi naturali. Ne segue che le informazioni biologiche derivate unicamente dai vertebrati presentano una visione ridotta delle dinamiche di un ecosistema che può portare ad una gestione incompleta delle risorse. Le informazioni derivate dalla composizione delle specie di artropodi possono essere utilizzate per caratterizzare accuratamente quasi ogni aspetto di un ecosistema. Tuttavia tali informazioni sono attualmente ancora poco utilizzate.

Quantificare la biodiversità risulta oltremodo difficile. Non è evidentemente possibile conoscere la biodiversità complessiva di un dato ecosistema; questo infatti richiederebbe un dispendio di energie in tempo e mezzi non ipotizzabile. Emerge quindi la necessità di poter disporre di indicatori che permettano di valutare, monitorare e comparare la biodiversità di ecosistemi diversi. Gli artropodi sono bioindicatori ambientali di disturbi dell'habitat, di inquinamento e di cambiamenti climatici e sono ormai routinariamente utilizzati. Il vantaggio nell'usare specie di artropodi come indicatori o candidati per un monitoraggio dell'ecosistema è che la loro enorme diversità biologica consente una vasta scelta e possibilità di disegnare appropriati programmi di valutazione che possono essere applicati per monitoraggi sia di breve che di lungo termine.

Visto che la biodiversità rappresenta un elemento importante nella gestione degli ecosistemi, è necessario che le misure siano relativamente semplici, facilmente leggibili anche da chi è

preposto alla gestione ambientale, pur non essendo specialista. Si ricorre per questo in genere alla scelta di solo alcuni comparti biocenotici e di pochi gruppi "prioritari", "indicatori" da studiare.

Lepidotteri Zigenidi

L'utilizzo di specifici gruppi tassonomici come misura della biodiversità è infatti una pratica ampiamente utilizzata e frequente. È chiaro che le scelte di taxa di prioritario interesse come bioindicatori o le assunzioni sulla marginalità di altri taxa, considerati minori e dunque trascurabili, vanno fatte di volta in volta in relazione all'obiettivo che si vuole raggiungere e alla durata dello studio, e devono essere basate su criteri affidabili sotto il profilo biologico ed ecologico, quindi su letteratura certificata (es. lavori pubblicati su riviste ISI). Tuttavia non vi è accordo tra gli studiosi su quali gruppi scegliere ed in genere si dispone di una vasta gamma di taxa. Ne consegue che le misure della biodiversità non sono standardizzate, per cui, in genere, i dati di studi diversi non possono essere comparati. Per quanto riguarda l'ambiente montano prealpino e alpino, grazie alle ricerche faunistiche ed ecologiche sulle zoocenosi condotte nell'arco alpino negli ultimi vent'anni si sono costituite banche dati e si sono individuati alcuni indicatori bioclimatici, ovvero ordini, famiglie, generi o specie di invertebrati che hanno assunto il ruolo di "sentinelle della qualità ambientale" e nello specifico, "sentinelle dei cambiamenti climatici".

Le comunità di artropodi sono distribuite lungo il gradiente altitudinale secondo la loro tolleranza ambientale e di conseguenza sono in grado di rispondere velocemente ai cambiamenti ambientali Gli artropodi alpini sono in grado di rispondere ai cambiamenti ambientali in maniera differente per esempio variando i valori di ricchezza di specie e di abbondanza delle popolazioni, colonizzando nuovi habitat o mostrando particolari adattamenti morfo-funzionali (Gobbi et al. 2010). Proprio a causa di questa specificità e varietà di risposte è necessario individuare i taxa che meglio rappresentano la biodiversità globale e che quindi svolgono un ruolo chiave nella catena trofica e nella struttura e funzione dell'ecosistema. Per esempio la recente revisione di Hodkinson (2005) riporta dettagliatamente quali taxa devono essere impiegati come bioindicatori in relazione all'obiettivo che si vuole raggiungere.

Tra gli artropodi terrestri i Coleotteri Carabidi ed i Lepidotteri (soprattutto Ropaloceri) risultano essere i gruppi meglio conosciuti e più indicati per la valutazione degli effetti dei cambiamenti climatici, della qualità degli ecosistemi, per la pianificazione paesaggistica e per il monitoraggio delle aree maggiormente soggette a cambiamenti ambientali di origine antropica e/o climatica. Per ciò che riguarda i Carabidi, è ampiamente documentata (Thiele, 1977) la correlazione tra i loro raggruppamenti di specie ed i principali fattori biotici ed abiotici che caratterizzano gli ambienti in cui vivono, tanto che negli ultimi anni sono andati sempre più sviluppandosi lavori in cui si fa uso di questi animali per la valutazione e pianificazione animale (si veda in proposito Brandmayr et al., 2005; Pizzolotto & Brandmayr, 2004; Stork, 1990; Desender, 1994). Va ricordato inoltre che i Carabidi sono uno dei pochi gruppi di artropodi per i quali esistono diverse ricerche di ecologia quantitativa condotte con simile metodologia in numerose località europee. Analoga importanza in questo senso hanno i Lepidotteri, grazie al grado di conoscenza raggiunto per questo gruppo di insetti, le particolari caratteristiche biologiche che li contraddistinguono e la notevole importanza sotto il profilo conservazionistico (Settele et al. 2008, Van Swaay et al. 2010). A questi possono essere in casi specifici affiancati un gruppo di predatori (Ragni) e uno prevalentemente fitofago (Ortotteri) per ottenere risposte più complete. Nello specifico, per questi gruppi vengono impiegate tecniche di campionamento e monitoraggio standardizzate, tali da rendere i dati comparabili nel tempo, anche se raccolti in aree geograficamente distanti.

Per quanto riguarda la fauna acquatica, gli insetti, e tra questi Ditteri Chironomidi, Efemerotteri, Plecotteri e Tricotteri, sono candidati ad essere considerati "sentinella di cambiamento climatico". Vi sono molte referenze a sostegno di queste candidature tra cui le monografie di Brittain e Milner (2001), Lami e Boggero (2006), Bertuzzi e Cantonati (2007), Cantonati et al. (2011).Nel sito internet: *http://www.climate-and-freshwater.info/rivers-cold-ecoregions/climate-change-species/* si trova una review (prodotta in ambito Euro-limpacs VI EU FP) sugli effetti dei cambiamenti climatici sulla biodiversità degli ecosistemi acquatici e un elenco di taxa indicatori per sorgenti, laghi, torrenti e fiumi Europei.

Le tipologie di habitat che si potranno analizzare al fine di individuare la sensibilità delle zoocenosi ai cambiamenti climatici si svilupperanno seguendo un transetto altitudinale che, per la fauna terrestre, prenderà in considerazione rispettivamente il piano alpino - linea degli

alberi (gradiente bosco subalpino e prateria alpina) e il piano subalpino e montano (prati naturali, prati da sfalcio, pascoli in uso e abbandonati). Per la fauna acquatica, verranno scelte stazioni di campionamenti al di sotto e al di sopra della linea degli alberi lungo torrenti (gradiente longitudinale) e sorgenti interessati da diversi livelli di impatto antropico al fine di individuare la sensibilità delle zoocenosi ai cambiamenti climatici distinguendole da quelle dei cambiamenti ambientali indotti dalle attività antropiche. A tale scopo è indispensabile eseguire campionamenti pluriennali da svolgere durante i mesi di attività dei taxa individuati quali bioindicatori.

I Coleotteri Carabidi, ed eventualmente i Ragni (componente epigea), dovranno essere campionati utilizzando trappole a caduta; la ricchezza di specie e la densità di attività (standardizzata) sono i parametri di maggior rilievo per il monitoraggio. Questi gruppi sono idonei per monitorare ogni tipologia di habitat, compreso quello perinivale. I censimenti di Lepidotteri ed eventualmente degli Ortotteri dovranno invece essere eseguiti secondo transetti con lunghezza e orari standardizzati. Per i Lepidotteri, il gruppo a maggior diversità specifica, la ricchezza di specie è la misura di biodiversità che assume un ruolo determinante nei programmi di monitoraggio; il gruppo è idoneo per ecotoni forestali e boschi ripari, prati e pascoli alpini e subalpini, formazioni rocciose con vegetazione a macchia di leopardo. I metodi idonei comprendono oltre ai rilevamenti diurni diretti lungo transetti anche rilevamenti notturni mediante trappole luminose che costituiscono l'unico metodo per ottenere una stima esaustiva della biodiversità. Infine gli Ortotteri, il cui uso potrebbe eventualmente affiancare quello dei Lepidotteri negli ambienti aperti ed ecotonali, è agevolmente realizzabile mediante tecniche di ascolto del canto, che risulta specie-specifico, oltre a raccolte dirette degli esemplari.

Per la fauna acquatica bentonica di acque correnti dei gruppi selezionati, le raccolte delle larve acquatiche con retino immanicato tipo Surber (maglie 250 µm) richiedono il campionamento di tutti i microhabitat e tipi di substrato presenti nelle tre tipologie ambientali (run, riffle, pool) e nelle diverse tipologie sorgentizie (reocrena e elocrena) presenti nelle aree alpine e subalpine. ll campionamento andrebbe integrato in ambiente subaereo mediante retini da sfalcio e trappole di emergenza per la cattura degli adulti. Ad ogni campionamento biologico deve corrispondere la raccolta di dati ambientali. I campioni raccolti vengono smistati per tutti i gruppi presenti a livello di famiglia e successivamente a livello di specie (Chironomidi, Efemerotteri, Plecotteri, Tricotteri).

Protocollo metodologico: invertebrati terrestri

Generalità e siti di monitoraggio

Le tipologie di habitat da analizzare per individuare la sensibilità delle zoocenosi ai cambiamenti climatici e ambientali indotti dalle attività antropiche si dovranno sviluppare, nelle aree di studio selezionate, seguendo un transetto altitudinale. Tale transetto dovrà prendere in considerazione rispettivamente il *piano montano e subalpino* (comprensivo dei relativi prati naturali, prati da sfalcio, prati pascolati e prati abbandonati), il *piano alpino* (gradiente *treeline* - prateria alpina) e quello *nivale* (zone a macereto e limitrofe a nevai).

Il censimento di Coleotteri Carabidi, Lepidotteri ed eventualmente di Ragni e Ortotteroidei dovrà essere effettuato in stazioni di riferimento che possano essere considerate unitarie dal punto di vista ecologico-funzionale. Per ciascuna stazione di campionamento si dovranno selezionare almeno due repliche, che presentino le medesime caratteristiche (fitosociologia, quota ed esposizione).

Nelle aree previste per il monitoraggio si dovrà individuare un transetto altitudinale di almeno 1000 metri di dislivello con stazioni di campionamento ogni 100 metri di dislivello. Tale transetto dovrà possibilmente essere scelto in accordo con gli ornitologi (si veda in proposito la parte successiva, relativa al protocollo per i vertebrati). Sarebbero comunque da preferire due transetti, uno posizionato lungo il versante esposto a Sud ed uno lungo quello esposto a Nord, al fine di valutare la differente composizione e risposta delle comunità alla temperatura e agli altri parametri ambientali correlati. Il protocollo di minima prevede una raccolta al mese nel periodo maggio-ottobre nel corso del primo anno di indagine.

Fauna del suolo: Coleotteri Carabidi e Aracnidi Araneidi (Ragni)

Per un approfondimento sull'uso dei Carabidi come bioindicatori si consiglia di seguire il volume di Brandmayr et al. (2005); per l'intera fauna del suolo viene inoltre consigliato l'uso del volume di Latella & Gobbi (2008), cui si rimanda per una più dettagliata spiegazione delle metodiche, che vengono riassunte nel presente protocollo metodologico.

Cychrus schmidti, un Coleottero Carabide

In ciascuna stazione di raccolta si dovranno eseguire campionamenti di tipo quantitativo utilizzando 6 trappole a caduta (*pitfall traps* degli autori anglosassoni). Le trappole debbono essere posizionate selezionando un'area il più possibile omogenea da un punto di vista ecologico. Ciascuna trappola consiste in un contenitore di plastica di circa 9 cm di diametro all'imboccatura e 7 cm alla base, alto circa 11 cm (es. barattoli yogurt da 500 g) contenenti, per 2/3 del loro volume, una soluzione satura di aceto commerciale di vino bianco e sale e qualche goccia di tensioattivo. La soluzione di aceto e sale possiede ottime proprietà conservanti, ha un discreto potere attrattivo, non è tossica se ingurgitata da micro- e macromammiferi ed è già stata impiegata in medesimi studi compiuti sulle Alpi, fornendo pertanto risultati comparabili con altre realtà ambientali. Ad ogni bicchiere deve essere praticato un piccolo foro (0,3 cm di diametro) a circa 4 cm dal bordo per evitare che l'eventuale intrusione di acqua piovana provochi la tracimazione del contenuto. Questi contenitori devono essere interrati fino all'orlo curando in modo particolare l'eliminazione di qualsiasi spazio vuoto tra il bordo e il terreno, assicurando la continuità della superficie con l'impiego di terriccio fine o muschio ed avendo cura di non calpestare eccessivamente l'ambiente limitrofo; i contenitori vanno distanziati di circa 10 m. Lo scavo per il posizionamento della trappola nel suolo può essere eseguito con una paletta da giardiniere (per suolo morbido) o un martelletto da carpentiere o geologo (suolo compatto). Si consiglia di coprire le trappole con sassi grossi al fine di evitarne il ribaltamento da parte della fauna selvatica (marmotte, ungulati) o domestica.

Le trappole devono essere mantenute in funzione per l'intera stagione di attività della carabidofauna che negli ambienti alpini è compresa tra la fine di maggio e gli inizi di ottobre, ma ovviamente dipendente dalla quota delle stazioni di campionamento e dalla copertura nevosa che dovrà essere assente.

Il materiale campionato deve essere raccolto indicativamente ogni 30 giorni, provvedendo anche al rinnovo dell'esca. Il campione raccolto in ciascuna trappola deve essere filtrato sul campo con un colino a maglia sottile (0,75 mm circa) ed introdotto in appositi contenitori di plasti-

ca a chiusura ermetica (provette da 50 ml) tramite un imbuto con imboccatura larga (2 cm di diametro). All'interno di tale contenitore deve essere subito versato alcol etilico al 70% (in alternativa si può provvedere al congelamento del contenuto, purché non trascorrano troppe ore dalla raccolta). Ad ogni trappola deve quindi corrispondere una provetta contraddistinta da un'etichetta identificativa (codice trappola, codice sito, numero trappole attive, data di posizionamento e ritiro).

L'attività di laboratorio consiste nello smistamento degli invertebrati catturati svuotando ogni contenitore dentro ad un setaccio da farina con maglia fine (0,75 mm circa) e lavato accuratamente con acqua corrente per asportare la terra ed il limo. Il contenuto del setaccio deve essere successivamente versato a piccole dosi in una piastra petri per l'identificazione allo stereomicroscopio.

Tutti i Carabidi e i Ragni (componente epigea) rinvenuti in ciascuna trappola dovranno essere contati e determinati, ove possibile, sino a livello di specie. La determinazione di questi gruppi va affidata a entomologi specialisti , che dispongono di tutti gli aggiornamenti della letteratura integrativa relativamente ai taxa in oggetto; si riportano comunque in bibliografia alcune guide di determinazione di riferimento essenziali. Una verifica delle determinazioni dovrà inoltre prevedere l'impiego di collezioni di confronto conservate presso i Musei. Per un approfondimento della classificazione dei carabidi, comunque, si consiglia in particolare di seguire il volume di Brandmayr *et al.* (2005) e per l'intera fauna del suolo viene consiglato l'uso del volume di Latella & Gobbi (2008).

La nomenclatura da adottare nella compilazione delle liste faunistiche dovrà essere quella della Checklist della Fauna Italiana (website: *http://checklist.faunaitalia.it*), a sua volta *focal-point* di Fauna Europaea (website: *http://www.faunaeur.org*). Informazioni sulla distribuzione in Italia ed ecologia di molte specie si possono trovare nel database *CKmap* (Ruffo & Stoch, 1995).

Aculepeira ceropegia

Durante la fase di determinazione si suggerisce di rilevare, per i coleotteri carabidi, le caratteristiche morfo-funzionali di ciascuna specie (chiamati anche parametri adattativi o *functional traits*). I *traits* di ogni singola specie riflettono il loro maggiore o minore adattamento a fattori che inducono instabilità negli ecosistemi, oppure la maggiore o minore peculiarità faunistica dell'area indagata. Le caratteristiche morfo-funzionali da considerare sono la morfologia alare (specie macrottera o brachittera) e le dimensioni corporee (misurando la lunghezza dal margine superiore del clipeo fino all'apice elitrale). Nel momento in cui si andrà a realizzare una tabella specie-sito si consiglia di inserire anche una colonna riportante la tipologia di dieta e il periodo riproduttivo.

La determinazione delle specie e il conteggio degli individui permettono quindi di ottenere dati quali-quantitativi che possono essere impiegati per la compilazione di una tabella nelle cui righe verranno disposte le specie e lungo le colonne i siti (trappole) di campionamento e i parametri adattativi delle singole specie. Nelle celle andranno inseriti il numero di individui per specie-sito. La tabella così realizzata (o la trasposta) potrà essere importata in qualsiasi programma di statistica per la realizzazione di analisi multivariate.

Lepidotteri

Per ciò che concerne i Lepidotteri, la ricchezza in specie rappresenta il più importante livello di biodiversità di cui si dovrebbe tener conto nel programma di monitoraggio. Questo parametro è strettamente legato alla qualità dell'habitat. La diversità specifica dovrà essere stimata mediante metodi standardizzati in ambienti tipici e ampiamente distribuiti nelle aree suggerite più sopra per il protocollo di monitoraggio; in particolare dovranno essere previsti habitat ecotonali di faggete, prati e pascoli di origine antropica, praterie subalpine, praterie alpine e formazioni rocciose a vegetazione discontinua.

A tal fine dovranno essere definiti dei transetti linerari per il campionamento dei Lepidotteri ropaloceri e degli eteroceri ad attività diurna di maggiori dimensioni (specie comprese nel gruppo dei cosiddetti "Macrolepidotteri"). I transetti individuati dovranno avere una lunghezza standard di 1 km e dovranno essere raccolti o conteggiati tutti gli esemplari di lepidotteri rinvenuti nel raggio di 5 m, mediante raccolta diretta utilizzando un retino entomologico. I

campionamenti all'interno del transetto dovranno essere effettuati, in funzione delle condizioni meteo, con almeno 4 repliche stagionali (dall'inizio di giugno alla fine di agosto) in siti che coprano complessivamente le sopra menzionate tipologie ambientali.

In aggiunta dovrà essere previsto il campionamento delle specie di macrolepidotteri ad attività notturna mediante l'utilizzo di apposite trappole attrattive munite di sorgenti luminose artificiali con emissione di diversificati spettri di lunghezza d'onda (principalmente lampada a UV a 15 Watt, lampada di Wood e a luce superattinica), che sfruttano il potere di attrazione esercitato dalle fonti luminose nei confronti di questo gruppo di insetti. Si suggerisce a tal fine il posizionamento di 2-3 trappole luminose rispettivamente in un habitat di macereto ai limiti inferiori della zona alpina (delle aree individuate per il monitoraggio), in un prato subalpino esposto a Sud ed eventualmente in faggete montane. Il campionamento dovrà prevedere almeno 4 repliche stagionali nelle stazioni a bassa quota e 2 repliche stagionali nelle stazioni di alta quota.

Gli esemplari catturati in ciascuna stazione dovranno essere preparati a secco, opportunamente cartellinati con tutti i dati di raccolta e quindi conservati in apposite scatole entomologiche.

IL Lepidottero Papilionide *Parnassius mnemosyne*

La determinazione a livello di specie dei Lepidotteri va affidata a specialisti lepidotterologi, che dispongono di tutti gli aggiornamenti della letteratura integrativa relativamente alle diverse famiglie di Lepidotteri; si riportano comunque in bibliografia alcune guide di determinazione di riferimento essenziali. Una verifica delle determinazioni dovrà inoltre prevedere l'impiego di collezioni di confronto conservate presso i Musei. La nomenclatura da adottare nella compilazione delle liste faunistiche dovrà essere quella della Checklist della Fauna Italiana (website: *http://checklist.faunaitalia.it*), a sua volta *focal-point* di Fauna Europaea (website: *http://www.faunaeur.org*). Informazioni sulla distribuzione in Italia ed ecologia di molte specie si possono trovare nel database *CKmap* (Ruffo & Stoch, 1995).

Ortotteroidei

Gli Ortotteroidei (Ortotteri e Mantodei nel caso del Parco) debbono essere campionati durante la loro stagione di attività (che varierà dalla quota delle stazioni di campionamento) e preferibilmente durante la fascia oraria dalle 10:00 alle 17:00 selezionando i giorni più caldi e non successivi a giornate intensamente piovose. All'interno di ciascuna stazione di campionamento è necessario individuare un plot di 20mx20m nel quale avverrà il campionamento (durata 20' per ciascun plot) utilizzando il retino da sfalcio (e l'ombrello entomologico per la vegetazione arbustiva e arborea) e l'identificazione al canto. Tale metodo è di tipo qualitativo. Per valutare l'abbondanza delle singole specie si può utilizzare un cilindro bianco in PVC, aperto da entrambi i lati, con un raggio di 32,5 cm e un'altezza di 80 cm. All'interno del plot identificato in ciascuna stazione occorre eseguire 12 raccolte random posizionando velocemente il cilindro verticalmente sul suolo e successivamente catturando e contando tutti gli individui presenti.

Gli esemplari catturati in ciascun plot dovranno essere inseriti in flaconi (uno per plot) contenenti trucioli di segatura e qualche goccia di acetato di etile. La conservazione degli esemplari dovrà essere fatta a secco in scatole entomologiche.

Tutti gli ortotteroidei raccolti con entrambe le tecniche dovranno essere contati e determinati fino a livello di specie. La determinazione a livello di specie dei Lepidotteri va affidata a specialisti ortotterologi; si consiglia comunque l'utilizzo della chiave dicotomica di Fontana et al. (2002).

Protocollo metodologico: invertebrati acquatici

Generalità

Nel territorio del Parco debbono venir studiati i macroinvertebrati e la meiofauna di sorgenti (*crenal*) e torrenti (*rhithral*). Dovrà venir prestata maggior attenzione agli insetti, e tra questi a Ditteri Chironomidi, Efemerotteri, Plecotteri e Tricotteri, gruppi già noti in letteratura come "sentinelle di cambiamento climatico" nonché ai Crostacei, tra cui il gambero d'acqua dolce (*Austropotamobius pallipes*) e le numerose specie presenti nella meiofauna.

Siti selezionati

I siti di campionamento sono stati selezionati nelle aree di riferimento individuate per la componente vegetazionale, in particolare il Monte Dosaip per ciò che riguarda il Parco delle Dolomiti Friulane, e in aree limitrofe, data la scarsità nelle due aree di riferimento di acque superficiali nel piano alpino, utili a verificare le variazioni nel tempo della struttura delle comunità e della distribuzione delle specie in relazione ai cambiamenti climatici. In particolare, sono stati selezionati tre bacini idrografici nel Parco delle Dolomiti Friulane: Torrente Cellina, Torrente Settimana e Torrente Cimoliana. È previsto il campionamento del tratto sorgentizio (*crenal*) ed epirhithrale in una delle testate di ciascun rio o torrente, per un totale di 12 siti di campionamento.

Di ogni stazione dovrà essere registrata la quota (m s.l.m.), le coordinate geografiche mediante GPS e la tipologia (per es. per le sorgenti se reocrena, elocrena, limnocrena) e il regime (temporaneo o permanente).

Le sorgenti (*crenal*) devono essere campionate nei primi 5 m a valle della polla sorgiva (*eucrenal*). Nel tratto epirhithrale deve essere individuata una stazione lunga 15 m e rappresentativa di un tratto omogeneo di torrente per caratteristiche abiotiche (es. pendenza, granulometria principale del substrato, stabilità delle sponde, vegetazione riparia, portata, ecc.).

In ciascuna stazione lungo l'asta torrentizia e in ciascuna sorgente si trovano diversi microhabitat (rapide = *runs*, cascatelle = *riffles*, pozze = *pools*) che ospitano specie caratteristiche (reofile o lentiche, detritivore o predatrici). Tali microhabitat sono caratterizzati infatti da profondità,

velocità di corrente, composizione granulometrica del substrato, copertura vegetale, quantità di materiale organico depositato diversi. È fondamentale quindi che vengano investigati tutte le tipologie di microhabitat presenti in una stazione.

Campionamento

Si deve prevedere la raccolta di campioni quantitativi, ovvero di 5 replicati ciascuno corrispondente ad un'area di circa 30x30 cm per 30 secondi, scelti in modo da rispecchiare la numerosità dei diversi microhabitat (per es., in una stazione dominata da *riffle* e ciottoli verranno scelti in proporzione più replicati nelle zone a *riffle* con ciottoli). L'area di 30x30 cm può essere isolata mediante un telaio di legno o metallo di 30 cm di lato all'interno del quale viene raccolto il

Larve di Ditteri Chironomidi.

replicato. I replicati vengono raccolti utilizzando un retino immanicato tipo Surber, con bocca di 30 cm di lato, cono di rete filtrante in nylon con maglie di 100 micron e manico telescopico. Un vuoto di maglia così fine consente di raccogliere anche organismi meiobentonici. Il retino viene posizionato controcorrente a valle del telaio (se campioni quantitativi) o comunque circa 50 cm a valle del sito da campionare. Il substrato viene smosso con piedi (*kick sampling*) e mani e gli organismi vengono raccolti nel barattolo posizionato sul fondo del cono di rete a cui è attaccato un barattolo di *plexiglas* da 250 ml svitabile. Le briofite devono essere lavate e spremute all'interno del retino e il sedimento fine viene prelevato mediante l'impiego di una siringa. Nel caso di sorgenti igropetriche, le pareti rocciose su cui scorre un sottile film d'acqua devono essere raschiate con le mani o con delle pinzette. In sorgenti che sgorgano da tubi, è possibile introdurre nella bocca sorgentizia una sonda da idraulico lunga alcuni metri per rimuovere la fauna (es. Molluschi o Crostacei) attaccata alle pareti del condotto. Il campionamento con retino immanicato va implementato con la raccolta a mano con pinzette, andando ad esplorare i siti meno accessibili al retino stesso e/o alla ricerca di taxa che vivono ancorati saldamente la substrato e quindi sono difficile da staccare. Da uno a tre campioni aggiuntivi di drift devono essere raccolti in ciascuna stazione, per un tempo minimo di 15 minuti. A tale scopo è necessario impiegare retini da drift con diametro di apertura di 10-20 cm e cono di rete di 50-100 cm, con maglie da 100 micron.

I replicati raccolti in una stessa stazione vanno tenuti separati e per ciascuno di essi vanno registrati una serie di parametri quali la profondità dell'acqua, la velocità di corrente, il tipo e livello di copertura vegetale, la granulometria (% di sassi, ciottoli, ghiaia, sabbia e limo). Profondità e velocità di corrente vengono misurate con un correntometro, la granulometria viene determinata a vista o mediante setacci (>20 cm= sassi, 5-20 cm= ciottoli, 0,2-5 cm= ghiaia, 0,01-0,2 cm= sabbia e <0,01 cm = limo), e sempre a vista va stimata la copertura a briofite (in percentuale o classi di abbondanza). La portata della stazione può essere misurata con il correntometro (attraverso misure di profondità e velocità di corrente) lungo un transetto o con un secchio graduato, in relazione alla quantità d'acqua presente.

All'inizio di ogni campionamento biologico devono essere registrati, mediante sonda multiparametrica, alcuni parametri chimico-fisici dell'acqua quali: temperatura, conducibilità, pH, ossigeno disciolto e percentuale di saturazione di ossigeno. Il protocollo di massima pre-

vede anche la raccolta di un litro d'acqua per stazione e l'analisi in laboratorio di calcio e magnesio e di nutrienti (azoto e fosforo nelle loro varie forme); in particolare le misure di temperatura e nutrienti sono di grande rilievo nel valutare gli effetti dei cambiamenti climatici. Per il monitoraggio nel tempo della temperatura dell'acqua e dell'aria, utile ai fini del progetto, è necessario il posizionamento di due data loggers, uno in acqua e uno in aria, programmati per registrare in continuo (per es. ogni ora o ogni 4 ore) la temperatura nel corso dell'intero anno.

Dopo aver rimosso a mano ramoscelli ed eventuali ciottoli, il materiale raccolto con retino immanicato viene filtrato sul campo con un setaccio (maglie da 100 micron), così da eliminare la maggior quantità d'acqua possibile. Il filtrato viene poi trasferito in provette o barattoli di plastica a cui viene aggiunto il conservante (alcool etilico) per una concentrazione finale del 70-75%. Prima della chiusura, nel contenitore viene inserita un'etichetta riportante il nome della stazione, la data, il numero del replicato. Le stesse informazioni devono essere riportate anche sul contenitore.

Ninfa di efemerottero del genere *Baetis*

ll campionamento delle larve e pupe di insetti va integrato in ambiente subaereo mediante retino entomologico e ove possibile con trappole ad emergenza per la cattura degli adulti. Gli adulti degli insetti acquatici sono molto utili, e talora indispensabili, per la determinazione a livello di specie di molti gruppi, tra cui Plecotteri Leuctridi, numerosi Tricotteri e Ditteri Chironomidi.

Stagionalità

Al fine di individuare la sensibilità delle zoocenosi ai cambiamenti climatici distinguendole da quelle dei cambiamenti ambientali indotti dalle attività antropiche, sarà indispensabile eseguire campionamenti pluriennali da svolgere durante i mesi di attività dei taxa individuati quali bioindicatori (Ditteri Chironomidi, Efemerotteri, Plecotteri e Tricotteri). In ciascun anno, sono previsti 4 campionamenti: primavera, estate, autunno e, se possibile, inverno.

Analisi di laboratorio

I campioni raccolti devono essere smistati per tutti i gruppi presenti a livello di ordine o superiore, solo per Ditteri Chironomidi, Efemerotteri, Plecotteri, Tricotteri, Molluschi e Crostacei è richiesta la determinazione a livello di specie. Per ogni taxon devono essere registrati il numero di individui e lo stadio di sviluppo. Le abbondanze per replicato e stazione vanno espresse come individui/m^2 o presenza relativa (frequenza %).

Per metodi specifici di raccolta, studio e identificazione delle specie è molto utile ricorrere al recente volume di Cantonati *et al*. (2007) che tratta la totalità dei gruppi di cui si raccomanda lo studio.

Per identificare Chironomidi e Crostacei a livello di specie è necessario allestire preparati microscopici su vetrino che vengono osservati al microscopio ottico il quale consente ingrandimenti fino a 1000 volte. Per i dettagli si veda il volume di Lencioni et al. (2007) per i chironomidi ed il contributo di Stoch (2007) per i copepodi.

Per lo smistamento ad un alto livello tassonomico possono essere utilizzati i volumi di Sansoni (1982), Campaioli et al. (1994), Tachet et al. (1984).

La determinazione a livello di specie di insetti e crostacei va affidata agli specialisti dei vari ordini o famiglie, che dispongono di tutti gli aggiornamenti della letteratura integrativa; le guide di determinazione sono riportate in bibliografia.

Monitoraggio della biodiversità a vertebrati

Aspetti generali

Tra i vertebrati le scelte di monitoraggio ricadono, in funzione degli habitat e della morfologia del territorio dei Parchi coinvolti nel progetto, principalmete sugli uccelli e eventualmente su alcuni taxa di mammiferi.

Gli uccelli nidificanti sono utilizzati frequentemente quali indicatori ambientali e per il monitoraggio di processi ecologici. Essendo animali prevalentemente diurni, visibili e, spesso, caratterizzati da emissioni sonore peculiari, si prestano a una caratterizzazione quantitativa e semi-quantitativa delle popolazioni e delle comunità. Inoltre, per questo taxon sono stati da tempo messi a punto protocolli di rilevamento standardizzato, ripetibili anche da operatori diversi e analizzabili con tecniche parametriche e non-parametriche. Inoltre, diverse specie sono caratteristiche o esclusive di fasce ambientali che, sulle Alpi, sono disposte in fasce altitudinali. Questo costituisce un fondamentale presupposto per verificare gli effetti del cambiamento climatico, e del prevedibile slittamento verso Nord/verso le alte quote, dei gradienti ambientali che influenzano la distribuzione e le abbondanze. ll metodo di censimento standardizzato che si propone di adottare nel protocollo di monitoraggio del progetto Climaparks consiste nell'esecuzione di punti di ascolto (point counts) della durata di 20 minuti primi, che contemplino due diverse modalità di raccolta dell'informazione: 1) determinazione del numero di esemplari contattato in canto o visivamente entro un raggio predeterminato; 2) determinazione del numero di esemplari contattati senza limiti di distanza (Bibby et al. 2000). La prima modalità consente di riferire il numero di animali osservati a una superficie nota; assumendo che la funzione di contattabilità non si modifichi passando dal punto centrale della stazione d'ascolto al limite esterno di 100 metri; si ottiene, quindi, una stima della densità. Il secondo metodo corrisponde all'IPA - Indice Ponctuelle d'Aboundance degli autori francesi e, pur non fornendo dati di densità, ma solo di abbondanza relativa, consente di raccogliere informazioni semi-quantitative sulle specie presenti a bassa densità, la cui presenza possa essere verificata anche a distanze superiori a quelle medie della maggior parte dei Passerifomi canori. Si ritiene, inoltre, utile l'utilizzo della stimolazione acustica (play back) per le specie che mostrano un'attività canora

poco intensa o che hanno manifestazioni territoriali ristrette al periodi non compresi nell'intervallo temporale ottimale per la maggior parte della altre specie (picchi, tatraonidi, rapaci notturni, rapaci diurni). Le sessioni d'ascolto andrebbero effettuate due volte per ogni stazione per ogni stagione di campo. In questo modo si potrebbero intercettare specie con periodi di manifestazioni territoriali diversificate; comprendendo anche le specie di migratori trans-sahariani, che raggiungono solitamente le aree riproduttive in stagione più avanzata.

Gipeto (*Gypaetus barbatus*)

La classe dei Mammiferi è stata proposta in diversi casi come un taxon idoneo per il monitoraggio di processi ecologici. Il gruppo morfologico più utilizzato è quello dei cosiddetti micromammiferi, formato soprattutto da specie degli ordini dei Roditori e degli Insettivori (Pearce & Venier, 2005). I micromammiferi richiedono l'attivazione di procedure complesse e laboriose di trappolaggio. Sia che si usino trappe mortali o trappole che catturano vivi gli animali, i controlli devono essere effettuati due volte al giorno. Inoltre, le popolazioni di queste specie sono soggette a marcate fluttuazione stagionali, che richiedono quindi una reiterazione dei campionamenti.

Tenendo conto degli scopi che il progetto Climaparks si pone, sarebbe più utile controllare le eventuali variazioni macroscopiche delle comunità di mammiferi per quanto riguarda la comparsa o la scomparsa di specie legate a condizioni che possono modificarsi in seguito a fenomeni attribuibili al cosiddetto global change. È noto che, nell'ampia area geografica interessata dal progetto, sono in atto significative espansioni di areale di specie autoctone. Questo può essere dovuto a maggior protezione e minor persecuzione (orso, lupo, lince), a espansioni spontanee dell'areale di specie a prevalente distribuzione meridionale (sciacallo, istrice), a espansione di specie esotiche introdotte in aree limitrofe (quali cane procione, visone, nutria). La capacità di verificare in tempi brevi e con modalità certe (raccolta di immagini e filmati), può costituire un aspetto della ricerca di un certo interesse sia di base, sia applicativo, per le evidenti implicazioni gestionali e conservazionistiche che la presenza di nuove specie compor-

ta. In questo senso si ritiene di proporre l'eventuale monitoraggio delle specie di mammiferi di dimensioni medie e grandi facendo ricorso alla tecnica del fototrappolaggio, allo scopo di ottenere dati semi-quantitativi sulla composizione della comunità che utilizzano le aree interne alle stazioni di campionamento, valutare la fenologia dei fenomeni di passaggio e raccogliere informazioni utilizzabili allo scopo di determinare le relazioni esistenti tra la frequenza di utilizzo delle aree e loro caratteristiche strutturali e del contesto ambientale (Clevenger & Waltho 2005). Il passaggio di mammiferi di mole media e grande nei siti prescelti per il monitoraggio sarà verificato mediante un metodo d'indagine, reso possibile dal perfezionamento di tecniche di videosorveglianza, che prevede l'utilizzo di "trappole fotografiche", tecnica già sperimentata nel corso di un buon numero di ricerche in campo faunistico e per la quale sono disponibili convincenti validazioni sperimentali. La caratteristica generale di tali dispositivi di ripresa è l'associazione di una fotocamera digitale ad un sistema dotato di sensore in grado di garantire lo scatto del dispositivo automatico di ripresa al passaggio di un corpo. Le caratteristiche tecniche di tali strumenti li rendono particolarmente indicati per ricerche faunistiche, in particolare il sistema in grado di rilevare il movimento costituito da un sensore termico passivo PIR (Passive Infra-Red). Questo dispositivo sensibile ai raggi infrarossi, è in grado di rilevare una differenza di temperatura nello spazio monitorato che può essere rappresentata dalla temperatura corporea di un animale a "sangue caldo" che attraversa l'inquadratura. La sensibilità dello strumento dipende, oltre che dalle caratteristiche costruttive, anche dalle condizioni ambientali, prima fra tutte la differenza di temperatura esistente tra l'ambiente e il corpo che attraversa il campo dello dispositivo. Un vantaggio indiscutibile del metodo deriva dalla possibilità di lasciare installate diverse fototrappole per periodi molto lunghi, anche di diversi mesi, purché si provveda periodicamente alla sostituzione delle batterie che alimentano l'apparecchiatura. Inoltre, la possibilità di imprimere data e orario su ogni immagine scattata consente di effettuare analisi di dettaglio su diversi aspetti della biologia delle specie interessate.

Per ciò che riguarda gli scopi a breve termine del Progetto Climaparks e le relative disponibilità economiche, si ritiene tuttavia di proporre unicamente un protocollo relativo al monitoraggio dell'avifauna per una definizione del "punto zero" di cui si è discusso. Il monitoraggio dei mammiferi, qui proposto solo a titolo indicativo, dovrà essere quindi considerato solo come proposta aggiuntiva per un eventuale protocollo a lungo termine nel caso di ulteriori finanziamenti.

Protocollo metodologico: Uccelli

Generalità

La realizzazione di un piano di monitoraggio degli uccelli richiede l'adozione di metodi che consentano di raccogliere dati attendibili e confrontabili nel tempo, anche se le operazioni vengono svolte da operatori differenti fra le diverse aree o che si susseguono nel corso delle diverse stagioni. Inoltre, per ridurre l'effetto della grande mobilità caratteristico di questo *taxon*, occorre prevedere di restringere i campionamenti a periodi durante i quali le popolazioni e le comunità non variano eccessivamente nell'intervallo di tempo nel quale ogni singolo censimento viene effettuato. Tipicamente gli uccelli si prestano a censimenti quantitativi e semiquantitativi durante il periodo della nidificazione. Questo non significa che sia impossibile operare anche in periodi di svernamento o durante la migrazione. Tuttavia, in questi casi, l'entità della variazione delle numerosità è tale da introdurre un "rumore di fondo" dei dati che costringe a effettuare un numero molto elevato di rilevamenti; operazione, questa, che può risultare impossibile per motivi pratici, quali la disponibilità di tempo/operatore e l'impraticabilità del terreno, soprattutto nella stagione invernale in ambiente alpino.

In considerazione degli scopi del programma Climaparks, che si propone soprattutto di verificare le variazioni nel tempo della struttura delle comunità e delle popolazioni in relazione a variazioni a medio e lungo termine connesse con i cambiamenti climatici, si ritiene di adottare protocolli standardizzati, adottando metodi già dimostratisi efficaci anche in altre situazioni analoghe, introducendo, tuttavia, opportuni adattamenti alle peculiari condizioni locali. Inoltre, il metodo di censimento da punti di ascolto qui proposto, viene già utilizzato, con versioni simili, in altri programmi attivi a scala nazionale e locale, quali il progetto MITO-Monitoraggio Italiano Ornitologico. Si ritiene verosimile che esistano, nell'area interessata o nelle province vicine, operatori già addestrati, in grado di procedere ai rilevamenti sul campo con una fase limitata di

Sordone (*Prunella collaris*)

preparazione e di adattamento agli scopi e alle condizioni del terreno dei due parchi interessati. Il metodo proposto dev'essere integrato con procedure che si rendono necessarie per alcune particolari caratteristiche di alcune delle specie di uccelli nidificanti presenti nelle due aree. Ci si riferisce, in questi casi, all'adozione della tecnica del richiamo acustico, o *play-back*, per le specie che hanno una scarsa attività vocale spontanea nei periodi ottimali per l'esecuzione dei campionamenti acustici per la maggior parte delle altre specie.

Il campionamento degli uccelli nidificanti

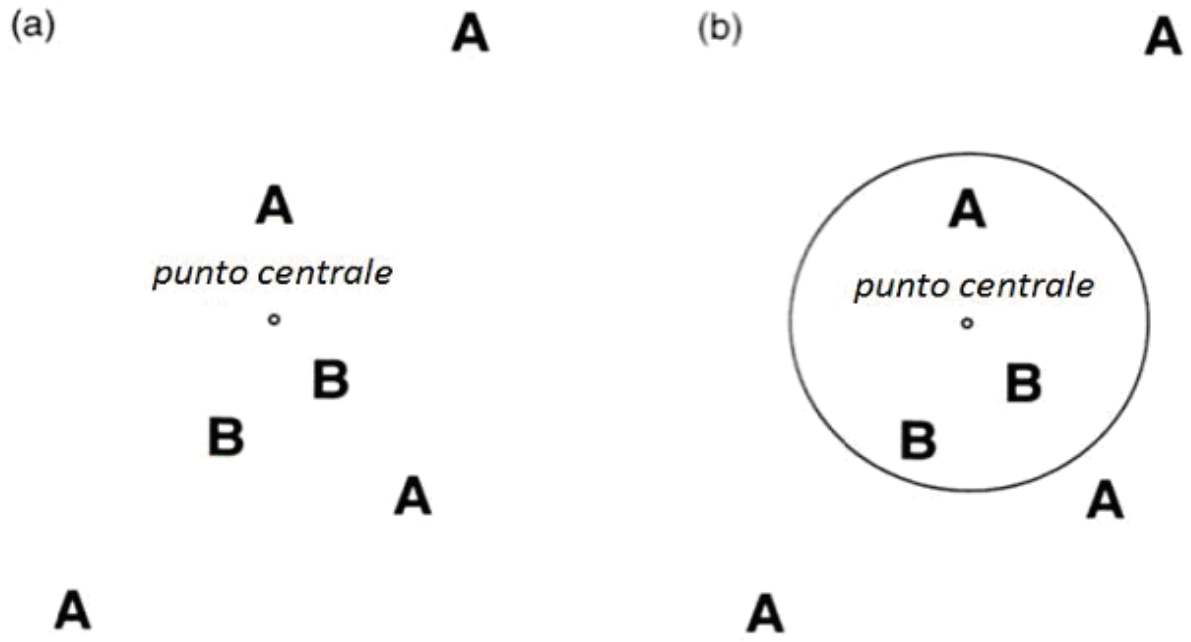
Il canto degli uccelli come manifestazione di presenza

Gli uccelli nidificanti sono quasi sempre caratterizzati da un'attività vocale intensa e caratteristica. Le vocalizzazioni hanno soprattutto un significato di comunicazione intraspecifica e sono determinate da esigenze di delimitazione del territorio o di attrazione sessuale dei partner. Operatori addestrati sono in grado di distinguere le vocalizzazioni di individui diversi e di attribuirli alla specie che le ha emesse. Poiché la comunità nidificante è relativamente stabile nel corso della stagione riproduttiva, eventuali lacune dei rilevatori, dovute a esperienza solo parziale per le comunità di uccelli del luogo, possono essere colmate con opportuni accorgimenti, ben noti ai rilevatori abituali. Si tratta di utilizzare registrazioni in formato elettronico delle vocalizzazioni degli uccelli dell'area, da ascoltare o da utilizzare, con cautela, per prove estemporanee di *play-back*. Quest'ultima operazione dev'essere attuata solo in casi di reale necessità e non è praticabile né ammissibile che venga adottata come tecnica generalizzata per il riconoscimento di specie che normalmente possono essere riconosciute da un ornitologo di media esperienza.

I punti di ascolto

Lo studio delle comunità di uccelli nidificanti sarà effettuato attraverso la tecnica del conteggio in punti di ascolto. Si tratta di conteggi effettuati da una postazione fissa per un periodo prefissato di tempo. I dati ottenuti sono delle stime di abbondanza relativa; è tuttavia possibile giungere a stime di densità assoluta se i singoli rilevamenti dell'attività canora si associano a stime della distanza dal punto centrale, nel quale si trova l'osservatore. Oppure determinando

un raggio ottimale entro il quale si è ragionevolmente certi di ascoltare tutte le emissioni vocali nel periodo prefissato e di assegnarli a un'area inclusa entro un raggio predeterminato (vedi figura). Nelle condizioni nelle quali si opererà nei due parchi del progetto CLIMAPARKS, si ritiene non attuabile la tecnica del *distance sampling*, che richiede la stima precisa della distanza (Buckland et al., 2001). Sarà invece possibile stimare se la vocalizzazione si è manifestata entro un raggio predeterminato.



Informazione raccolta attraverso il metodo dei punti di ascolto. Sono illustrate a titolo di esempio due specie, A e B. La specie A è più facilmente rilevabile di B e con il metodo dei punti d'ascolto con distanza illimitata, nel caso (a), sembrerebbe più abbondante, in quanto le sue vocalizzazioni sono udibili a distanza maggiore. Con il rilevamento entro un raggio fisso, come nel caso (b), questo inconveniente viene rimosso.

Il disegno di campionamento

In un disegno di campionamento ottimale, i punti di ascolto devono essere distanziati di almeno 200 m in ambienti boschivi e 600 m in ambienti aperti, onde evitare che le vocalizzazioni di

individui appartenenti a specie caratterizzate da emissioni di ampia portata (rapaci diurni, picchio verde, picchio nero) possano essere rilevate da punti contigui e attribuite a soggetti diversi. La distribuzione dei punti sul territorio potrebbe essere stabilita utilizzando un criterio casuale, allo scopo di avvicinare quanto più possibile il disegno del campionamento a un modello campionario ideale. Nel caso del progetto Climaparks, tuttavia, uno degli obiettivi principali del campionamento è la descrizione del quadro (*pattern*) della distribuzione delle comunità e delle popolazioni in relazione a gradienti quali l'altitudine e le condizioni microclimatiche della stazione. I punti di ascolto saranno pertanto collocati lungo un gradiente altitudinale che proceda dal limite superiore della vegetazione arborea verso le alte quote, con stazioni di ascolto situate a intervalli altitudinali di 100 m. Nelle stesse stazioni saranno possibilmente localizzate le aree di campionamento degli invertebrati terrestri. L'ornitologo rilevatore utilizzerà come punto d'ascolto il punto centrale della stazione di campionamento. Questo renderà possibile la correlazione fra i dati rilevati nelle medesime stazioni. I punti d'ascolto saranno visitati più volte nel corso della stagione adatta, tenendo conto della necessità di contattare sia specie con emissioni vocali concentrate nella fase iniziale della primavera (picchi), sia specie di migratori transahariani, che raggiungeranno le aree di studio più tardi nella stagione. Occorrerà prevedere, altresì, un calendario flessibile, che contempli la possibilità di nevicate tardive o, viceversa, di ondate di caldo precoce, alle quali alcune specie di uccelli rispondono modificando la fenologia riproduttiva e, quindi, anche l'attività vocale.

Pernice bianca (*Lagopus mutus*)

Requisiti

L'applicabilità della tecnica dei punti d'ascolto si basa su alcuni assunti che devono essere verificati, o almeno occorre mettersi nelle migliori condizioni perché si verifichino. I requisiti sono i seguenti:

- Gli animali non devono essere attratti dall'osservatore o fuggire prima di essere contattati. Questa condizione è molto difficile da soddisfare in zone aperte, dove gli uccelli si accorgono più facilmente dell'arrivo dell'osservatore, o se sono coinvolte specie di grandi dimensioni. Occorre quindi adottare molte cautele e spostarsi senza produrre rumori e limitando al massimo i movimenti.
- Gli animali vicini all'osservatore devono essere tutti osservabili.
- La posizione degli animali non deve cambiare dal momento in cui l'osservatore inizia il conteggio al momento in cui i singoli individui vengono contattati. È questo uno dei motivi per i quali non è opportuno far durare troppo a lungo il periodo di osservazione da un punto; più si sta in un punto e più animali in movimento si osservano.
- Gli animali si comportano indipendentemente l'uno dall'altro. Fanno ovvia eccezione i gruppi famigliari.

Protocollo di lavoro

I rilevamenti degli uccelli nidificanti dovranno venir effettuati seguendo il protocollo sotto descritto.

Chi effettuarà i rilevamenti

- I rilevatori dovranno essere esperti ornitologi con adeguata conoscenza delle vocalizzazioni degli uccelli dell'area alpina e prealpina, in grado di raggiungere autonomamente le stazioni di rilevamento predisposte lungo transetti altitudinali.

Attrezzature

- I dati saranno raccolti in formato cartaceo, utilizzando matite non deteriorabili nel caso in cui il supporto cartaceo dovesse bagnarsi. A questo scopo, i dati di campo potrebbero essere utilmente raccolti in schede predisposte dal rilevatore.
- Gli stessi rilevatori dovranno disporre di attrezzature adatte all'esecuzione del *play-back* per le specie che lo richiedono. Saranno da preferire apparecchiature elettroniche portatili e leggere (del tipo dei lettori di file audio in grado di aprire file MP3, AAC, M4A, WAV e altri). Ai lettori di file audio dovranno essere collegate casse portatili, amplifica-

te e alimentate autonomamente con batterie, in grado di diffondere le riproduzioni delle vocalizzazioni con una potenza equivalente a quella delle emissioni spontanee delle specie che di vogliono stimolare.

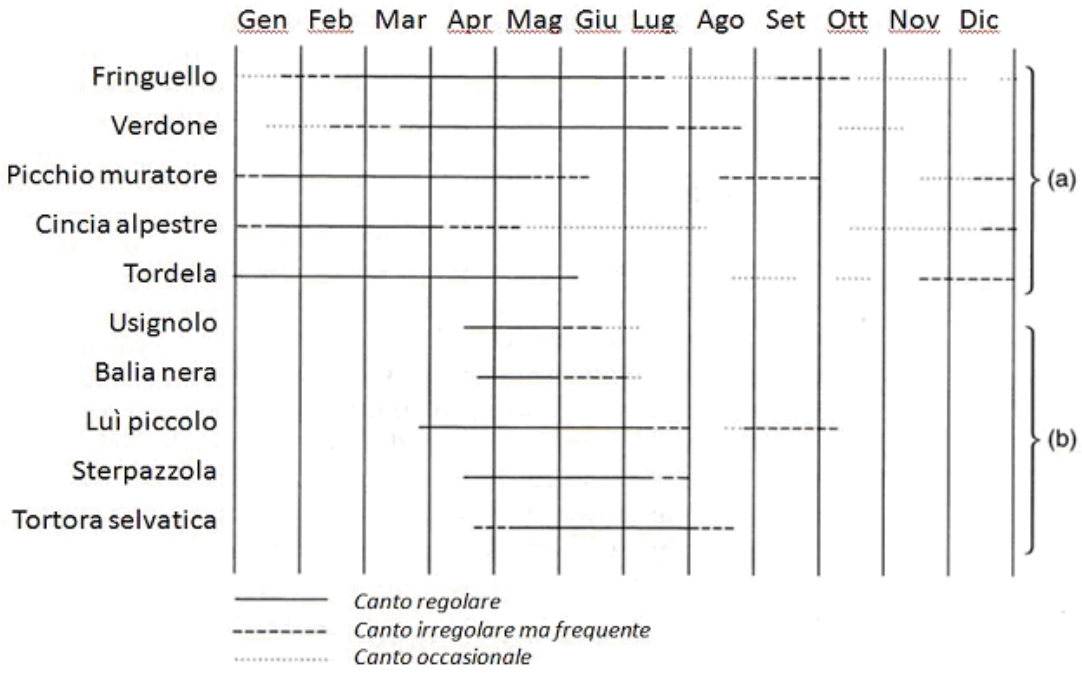
- I rilevatori dovranno disporre di binocoli con adeguata capacità di amplificazione (a partire da 7 X), che consentano l'osservazione a vista degli individui posati o in volo.
- Qualora i punti centrali delle stazioni di rilevamento non siano chiaramente identificabili attraverso segnali naturali o opportune marcature, i rilevatori dovranno dotarsi di rilevatori GPS, grazie ai quali sia possibile raggiungere i punti predefiniti le cui coordinate saranno note.
- Infine, i rilevatori dovranno dotarsi di tutte le attrezzature di sicurezza necessarie nelle peculiari condizioni di lavoro e in relazione allo stato della copertura nevosa.

Calendario dei rilevamenti

- La contattabilità degli uccelli impegnati in attività canore può variare in periodi molto brevi. Alcune specie cantano per poche settimane; altre mantengono un'attività canora sostenuta molto a lungo nel corso della primavera e dell'estate. Inoltre, la contattabilità viene influenzata dalla crescita delle foglie, che ostacolano in parte la dispersione dei suoni. Affinchè i dati ricavati dall'ascolto siano comparabili fra stagioni diverse, è necessario adottare accorgimenti che consentano di limitare al massimo gli effetti dello fonti di variabilità sopra elencate. Una soluzione pratica consiste nella reiterazione dei rilevamenti nel corso della stagione. Questo consente di contattare sia le specie precoci, si quelle tardive. Inoltre, la ripetizione dei punti di ascolto più volte nel corso della stagione consente di attenuare la variabilità fra anni diversi imputabile alla variabilità delle condizioni atmosferiche.

Fringuello alpino (*Montifringilla nivalis*)

· La ripetizione dei rilevamenti per almeno tre volte nel corso di ciascuna stagione per ciascun punto di ascolto dovrebbe garantire la riduzione della variabilità dei dati dovuta a fattori non correlati alla effettiva differenza delle abbondanze delle singole specie. In linea di massima si suggerisce di effettuare i rilevamenti nei periodi: 1) primi di aprile - fine di aprile, 2) primi di maggio – fine di maggio, 3) primi di giugno – metà luglio. Tale calendario, tuttavia, dovrà essere adattato alle condizioni meteorologiche della stagione. Il verificarsi di nevicate tardive, che rendono impossibili i rilevamenti alle alte quote, renderà necessario il posticipo del primo turno di rilevamento.



Esempi di periodi di canto di un set di specie (a) residenti nell'area del censimento che iniziano presto nella stagione le manifestazioni canore; (b) migratrici che svernano altrove a giungono nell'area di studio in primavera; da Bibby et al. *(2000), modificato.*

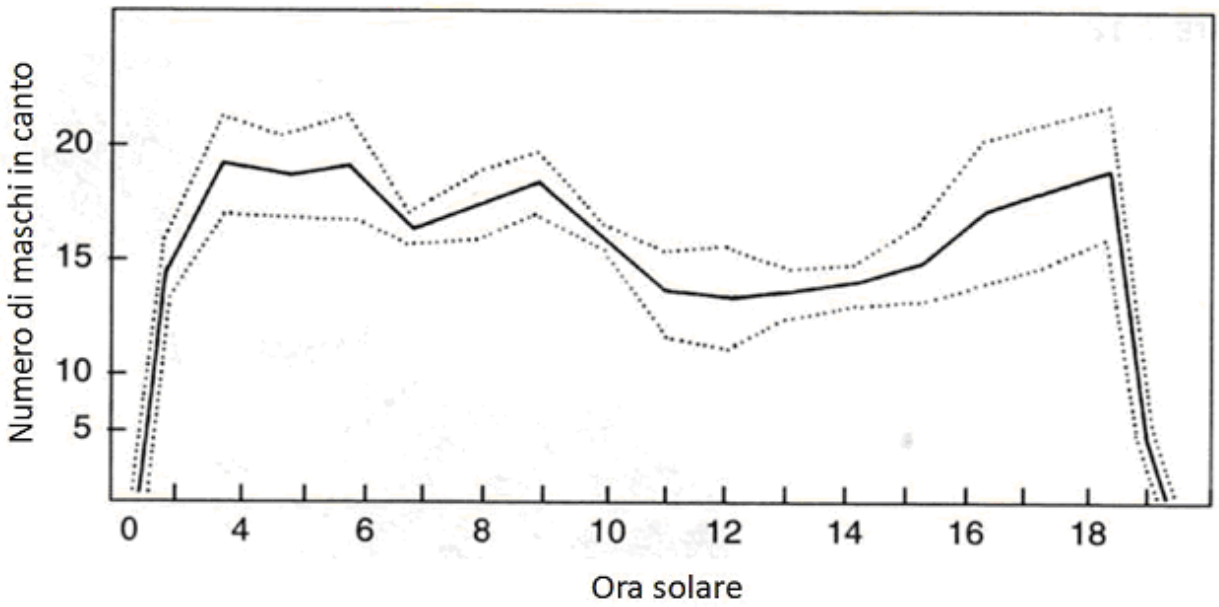
Orario dei rilevamenti

L'intensità del canto, nella maggior parte delle specie, tende a non essere uniforme nel corso del giorno. Generalmente, l'attività vocale è più intensa nelle ore vicine al sorgere del sole. Tuttavia, e per fortuna, l'intensità tende a mantenersi elevata, e comunque sufficiente a consentire il rilevamento della presenza dei diversi individui, sino a buona parte della mattina. Ciò

permette di prolungare l'attività di rilevamento, con ragionevole certezza di non sottostimare le abbondanze, sino a circa le 10 solari (le 11 legali).

Condizioni meteorologiche

- L'attività canora può essere influenzata negativamente da condizioni meteorologiche avverse. Con vento forte e pioggia intensa, gli uccelli tendono a rimanere più silenziosi. Inoltre, il rumore di fondo rende problematico l'ascolto. Il grado di copertura del cielo non influenza l'efficienza dei rilevamenti, anche se coperture nuvolose intense e protratte possono prolungare l'attività canora utile di mattina.



Variazioni giornaliere dell'attività vocale di un set di specie boreali da punti di ascolto effettuati nel mese di luglio. La linea continua indica il numero di maschi in canto per periodi di 20 minuti; le linee tratteggiate indicano i limiti fiduciali al 95%.; da Robbins (1981), modificato.

Modalità di raccolta delle informazioni

- Esistono diversi protocolli di lavoro già adottati da schemi di monitoraggio degli uccelli in Europa e in Italia. Si ritiene di consigliare di adottare gli stessi codici utilizzati nell'ambito del progetto MITO, sotto richiamati (da Fornasari et al. 2001).

- Allo scopo di trasformare i dati delle osservazioni in numero di coppie nidificanti si associano al numero di uccelli osservati i seguenti codici:
    - **C** - maschio in canto o mostrante qualche altra manifestazione territoriale (ad esempio Columbiformi, Piciformi e Galliformi)
    - **M** - maschio non in canto
    - **F** - femmina
    - **j** - giovani non atti al volo o appena involati (indicare quanti)
    - **r** - attività riproduttiva (trasporto imbeccata, asportazione di sacche fecali, trasporto di materiale per il nido, ecc.)
    - **V -** soggetti in volo di trasferimento, la cui presenza non è strettamente connessa alla stazione di rilevamento
    - **1…n** - numero dei soggetti osservati non in attività, isolati (1) o in gruppo (>1)
- Per una corretta valutazione dell'avifauna presente , ai rilevatori del Progetto MITO viene espressamente chiesto di indicare anche gli individui che si allontanano dal cerchio di 100 m di raggio perché disturbati dall'arrivo dei rilevatori stessi. Si insiste sul fondamentale concetto di "singolarità" delle osservazioni, cioè sul fatto che le osservazioni devono essere registrate singolarmente e non "facendone una somma", in quanto il significato in termini di stima del numero di coppie potrebbe, nei due casi, essere diverso. Ad esempio, se il rilevatore vede 4 passeri in volo e successivamente altri 16 sempre in volo, deve indicare "4V, 16V" e non "20V".
- Nel caso di individui in volo e contemporaneamente in canto (come capita ad es. con l'allodola) il rilevatore deve indicare l'individuo con "C" e non con "V" o "CV".
- L'abbinamento dei codici è permesso nei seguenti casi:
    - **Mr** - maschio impegnato in qualche attività riproduttiva
    - **Fr -** femmina impegnata in qualche attività riproduttiva
    - **MV** - maschio in volo di trasferimento
    - **FV** - femmina in volo di trasferimento
- Ai codici devono essere abbinati i numeri relativi agli individui osservati.
- I dati devono essere distinti come segue: (a) osservazioni entro i 100 m dal punto nel quale si trova il rilevatore; (b) osservazioni oltre i 100 m dal rilevatore.

Play back

- La procedura consigliata è descritta in questo paragrafo; tuttavia, occorre segnalare che adattamenti a peculiari condizioni locali o a specie con comportamenti particolari potrebbero richiedere un adattamento da predisporre a cura del rilevatore. In questo caso sarà opportuno adottare il nuovo protocollo in tutti i rilevamenti relativi a quella specie, segnalando agli organizzatori e agli eventuali altri rilevatori le modalità del censimento. Trascorsi i primi 10 minuti dall'inizio del periodo di ascolto, si proceda come segue:
  1. Amplificare il canto territoriale o il richiamo della prima specie da stimolare per una durata di 30''
  2. Restare in ascolto per un minuto
  3. Amplificare il canto della seconda specie per 30''
  4. Restare in ascolto per un minuto
  5. Amplificare il canto della terza specie per 30''
  6. Restare in ascolto per un minuto
  7. Continuare sino al minuto 15.00
  8. Qualora le specie da sottoporre a *play back* sia maggiore di 3, si aggiungano sessioni di stimolazione e ascolto (ciascuna di 1 min 30'') fino a completare la sessione. Tuttavia, in questo caso, le specie in canto spontaneo dovranno essere registrate solo sino ai 15 00 min. Le specie sottoposte a *play back* saranno registrate sino alla fine della sessione di play back, annotando l'ora della risposta.

Scheda di campo

- Può essere utile raccogliere i dati in schede da utilizzare sul campo, che facilitino l'osservatore indicandogli le informazioni richieste, da rilevare nella giusta sequenza. Tali schede dovranno necessariamente essere riversate quanto prima su di un supporto elettronico. È assolutamente da evitare il trasporto sul campo delle schede compilate nelle sessioni di rilevamento precedenti, a meno che i dati non siano già stati trasferiti in un database contenente tutte le informazioni presenti nella versione cartacea.

Riepilogo delle procedure da seguire:

1. Orari di esecuzione dei punti di ascolto: dall'alba alle 10 (ora solare)
2. Arrivare sul punto cercando di fare meno rumore possibile.
3. Compilare le parti generali della scheda di campo.
4. Attendere 5 minuti prima di cominciare a segnare le osservazioni.
5. Restare in ascolto e segnare i canti spontanei per 10 minuti.
6. Amplificare le specie da sottoporre a play back per 30'' ciascuna e restare in ascolto per 1 min.
7. Interrompere le osservazioni allo scadere dei 15 min.
8. Nel caso in cui le specie da sottoporre a *play back* fossero più di 3, continuare con le stimolazioni anche oltre, ma interrompere la registrazione dei canti spontanei comunque dopo 15 min.

Segnare le osservazioni particolari sul retro del foglio.

Allegati 1 e 2: Previsione spese

Su esplicita richiesta del Parco Naturale delle Dolomiti Friulane, si fornisce in allegato al protocollo di monitoraggio definito per il Progetto Climaparks una previsione di spesa relativa ai monitoraggi previsti, suddivisa per campi di interesse trattati nel protocollo: componente vegetale (Allegato 1) e componente faunistica (Allegato 2).

Si fa presente l'oggettiva difficoltà di definire con precisione i costi previsti, pertanto tale piano spese va considerato come puramente indicativo.

Il piano spese previsto può risultare utile nel processo di valutazione delle attività di monitoraggio da mettere in atto tra quelle proposte, in funzione del budget finanziario disponibile. In ogni caso, viste le considerazioni già espresse nel protocollo, in presenza di un budget finanziario limitato si suggerisce che le attività di monitoraggio da mettere in atto prevedano almeno la componente vegetale e, eventualmente, l'avifauna per ciò che riguarda la componente faunistica.

BIBLIOGRAFIA

Generalità su cambiamenti climatici e biodiversità

Birks H.H., 1991 - Holocene vegetational history and climatic change in west Spitsbergen – plant macrofossils from Skardtjørna, an Arctic lake. Holocene, 1: 209–218.

Cannone N., Sgorbati S., Guglielmin M., 2007 - Unexpected impacts of climatic change on alpine vegetation. Frontiers in Ecology and the Environment 7: 360–364.

Cannone N., Diolaiuti G., Guglielmin M., Smiraglia C., 2008 - Accelerating climate change impacts on alpine glacier ecosystems in the Europea Alps. Ecological Applications, 18(3): 637-648.

Chapin F.S., Sturm M., Serreze M.C. et al., 2005 - Role of land-surface changes in Arctic summer warming. *Science* 310: 657- 660.

Díaz S., Symstad A.J., Chapin F.S. et al., 2003 - Functional diversity revealed by removal experiments. *Trends in Ecology and Evolution*, 18: 140–146.

Grabherr G., Gottfried M., Pauli H., 1994 - Climate effects on mountain plants. *Nature* 369: 448.

Hughes L., 2000 - Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends Ecol. Evol.*, 15: 56-61.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2001 - Third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

IPCC 2007 - Climate Change 2007: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Summary for policy makers. WMO, UNEP, Geneva, Switzerland.

Körner C., 2003 - Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems, 2nd edn. Springer, Berlin.

Lenoir J., Gégout J.C., Marquet P.A. et al., 2008 - A Significant Upward Shift in Plant Species Optimum Elevation During the 20th Century. *Science*, 320: 1768-1771.

Pauli H., Gottfried M., Reiter K. et al., 2007 - Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994–2004) at the GLORIA* master site Schrankogel, Tyrol, Austria. Global Change Biology, 13: 147–156.

Parmesan C, Yohe G., 2003 - A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature, 421: 37–42.

Rebetez M., Reinhard M., 2008 - Monthly air temperature trends in Switzerland 1901–2000 and 1975–2004. Theoretical and Applied Climatology, 91: 27–34.

Root T.L., Price J.T., Hall K.R., et al. 2003 - Fingerprints of global warming on wild animals and plants. Nature 421: 57–60.

Theurillat J.P. , Guisan A., 2001 - Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: a review. Clim. Change 50: 77–109.

Walther G., Post E., Convey P., et al., 2002 - Ecological responses to recent climate change. Nature 416: 389–95.

Wick L., Tinner W., 1997 - Vegetation changes and timberline fluctuations in the Central Alps as indicators of Holocene climatic oscillations. Arctic and Alpine Research, 29: 445–458.

Wookey P.A., Aerts R., Bardgett R.D., et al., 2009 - Ecosystem feedbacks and cascade processes: understanding their role in the responses of Arctic and alpine ecosystems to environmental change. Global Change Biology, 15: 1153–1172.

Componente vegetale

Bahn M., Körner C., 2003 - Recent increases in summit flora caused by warming in the Alps. Ecol. Stud. 167: 437–41.

Beniston M. , 2003 - Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts. Climatic Change 59:5–31.

Birks H.H., 1991 - Holocene vegetational history and climatic change in west Spitsbergen – plant macrofossils from Skardtjørna, an Arctic lake. Holocene, 1: 209–218.

Böhm R., Auer I., Brunetti M., et al. 2001 - Regional temperature variability in the European Alps: 1760–1998, from homogenized instrumental time series. Int. J. Climatol. 21: 1779–1801.

Braun Blanquet, 1964 - Pflanzensoziologie. Wien: Springer.

Bret-Harte M.S., Mack M.C., Goldsmith G.R., et al., 2008 - Plant functional types do not predict biomass responses to removal and fertilization in Alaskan tussock tundra. Journal of Ecology, 96: 713–726.

Cannone N., 2004 - Minimum area assessment and different sampling approaches for the study of vegetation communities in Antarctica. Antarctic Science, 16(2): 157 – 164.

Cannone N., Sgorbati S., Guglielmin M., 2007 - Unexpected impacts of climatic change on alpine vegetation. Frontiers in Ecology and the Environment 7: 360–364.

Cannone N., Diolaiuti G., Guglielmin M., Smiraglia C., 2008 - Accelerating climate change impacts on alpine glacier ecosystems in the Europea Alps. Ecological Applications, 18(3): 637-648.

Casty C., Wanner H., Luterbacher J. L., Esper J., R. Bohm, 2005. -Temperature and precipitation variability in the European Alps since 1500. International Journal of Climatolology 25:1855–1880.

Chapin F.S., Sturm M., Serreze M.C., et al. 2005 - Role of land-surface changes in Arctic summer warming. Science 310: 657–660.

Corradi C., Kolle W.O., Walterz K., et al. 2005 - Carbon dioxide and methane exchange of a north-east Siberian tussock tundra. Global Change Biology, 11: 1910–1925.

Davidson E.A., Janssens I.A., 2006 - Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. Nature, 440: 165 – 173.

Díaz S., Symstad A.J., Chapin F.S., et al., 2003 - Functional diversity revealed by removal experiments. Trends in Ecology and Evolution, 18: 140–146.

Dorrepal E., 2007 - Are plant growth-form-based classifications useful in predicting northern ecosystem carbon cycling feedbacks to climate change? Journal of Ecology, 95: 1167–1180.

Gottfried M., Pauli H., Grabherr G., 1998 - Prediction of vegetation patterns at the limits of plant life: a new view of the alpine–nival ecotone. Arctic Alpine Res., 30: 207–221.

Grabherr G., Gottfried M., and Pauli H., 1994 - Climate effects on mountain plants. *Nature* 369: 448.

Guglielmin M., 2004. Observations on permafrost ground thermal regimes from Antarctica and the Italian Alps, and their relevance to global climate change. Global Planet Change, 40: 159–167.

Haeberli W., Beniston M.. 1998 - Climate change and its impacts on glaciers and permafrost in the Alps. Ambio 27: 258–265.

Holzinger B., Hulber K., Camenisch M., Grabherr G., 2008 - Changes in plant species richness over the last century in the eastern Swiss Alps: elevational gradient, bedrock effects and migration rates. Plant Ecol, 195: 179–196.

Hughes L., 2000 - Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? Trends Ecol. Evol., 15: 56-6.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2001 - Third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

IPCC 2007 - Climate Change 2007: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Summary for policy makers. WMO, UNEP, Geneva, Switzerland.

Jones P.D., Moberg A., 2003 - Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: an extensive revision and an update to 2001. Journal of Climate, 16: 206–223.

Keller F., Goyette S., and Beniston M., 2005 - Sensitivity analysis of snow cover to climate change scenarios and their impact on plant habitats in alpine terrain. Clim Change, 72: 299–319.

Körner C., 2003 - Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems, 2nd edn. Springer, Berlin.

Kullman L. , 2002 - Rapid recent range-margin rise of tree and shrub species in the Swedish Scandes. J. Ecol. 90: 68–77.

Lenoir J., Gégout J.C., Marquet P.A. et al., 2008 - A Significant Upward Shift in Plant Species Optimum Elevation During the 20th Century. Science, 320, 1768-1771.

Lévesque E., 1996 - Minimum area and cover-abundance scales as applied to polar desert. Arctic and Alpine Research, 28: 156–162.

Linderholm H.W., 2006: Growing season changes in the last century. Agr. Forest Meteorol., 137: 1-14.

Molau U.,1993 - Relationships between flowering phenology and life history strategies in tundra plants. Arctic Antarctic and Alpine Research, 25: 391–402.

Mueller-Dombois D., Ellenberg H. , 1974 - Aims and methods of vegetation ecology. New York: John Wiley & Sons.

Neilson R.P., 1993 - Transient ecotone response to climatic change: some conceptual and modelling approaches. Ecol Appl, 3: 385–395.

Oechel W.C.,Vourlitis G.L.,Hastings S.J., et al., 2000 - Acclimation of ecosystem CO_2 exchange in the Alaskan Arctic in response to decadal climate warming. Nature, 406: 978–981.

Oerlemans J., 2005 - Extracting a climate signal from 169 glacier records. Science 308: 675–677.

Pauli H., Gottfried M., and Grabherr G., 1999 - Vascular plant distribution patterns at the low temperature limits of plant life – the alpine–nival ecotone of Mount Schrankogel (Tyrol, Austria). Phytocoenologia 29: 297–325.

Pauli H., Gottfried M., Reiter K. et al., 2007 - Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994–2004) at the GLORIA* master site Schrankogel, Tyrol, Austria. Global Change Biology, 13: 147–156.

Parmesan C., Yohe G., 2003 - A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature, 421: 37–42.

Rebetez M., Reinhard M., 2008 - Monthly air temperature trends in Switzerland 1901–2000 and 1975–2004. Theoretical and Applied Climatology, 91: 27–34.

Root T.L., Price J.T., Hall K.R., et al., 2003 - Fingerprints of global warming on wild animals and plants. Nature 421: 57–60.

Sturm M., Racine C., Tape K., 2001 - Increasing shrub abundance in the Arctic. Nature, 411: 546-547.

Tappeiner U., Tasser E., Leitinger G., et al., 2008 - Effects of Historical and Likely Future Scenarios of Land Use on Above- and Belowground Vegetation Carbon Stocks of an Alpine Valley. Ecosystems, 11: 1383–1400.

Theurillat J.P. and Guisan A., 2001 - Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: a review. Clim Change 50: 77–109.

Thompson L.G., E. Mosley-Thompson, M.E. Davis, P.N. Lin, K. Henderson and T.A. Mashiotta, 2003 - Tropical glacier and ice core evidence of climate change on annual to millennial time scales. Climatic Change, 59: 137-155.

Turner J., Colwell S.R., Marshall G.J. et al., 2005 - Antarctic climate change during the last 50 years. International Journal Climatology, 25: 279–294.

Walther G., Post E., Convey P., et al., 2002 - Ecological responses to recent climate change. Nature 416: 389–395.

Walther G-R., Beißner S., Burga C.A., 2005 - Trends in the upward shift of alpine plants. *J* .of Veg. Sci., 16: 541–548.

Walther G.R., 2003 - Plants in a warmer world. Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics, 6, 169–185.

Wick L., Tinner W., 1997 - Vegetation changes and timberline fluctuations in the Central Alps as indicators of Holocene climatic oscillations. Arctic and Alpine Research, 29: 445–458.

Wookey P.A., Aerts R., Bardgett R.D., et al., 2009 - Ecosystem feedbacks and cascade processes: understanding their role in the responses of Arctic and alpine ecosystems to environmental change. Global Change Biology, 15: 1153–1172.

Zimov S.A., Schuur E.A.G., Chapin F.S., 2006 - Permafrost and the Global Carbon Budget. Science, 312: 1612–1613.

Componente vegetale: Bibliografia integrativa relativa al Parco Naturale delle Dolomiti Friulane

Buccheri (a cura di), 2010 - La flora del Parco. invito alla scoperta del paesaggio vegetale nel Parco Naturale Dolomiti Friulane. Museo Friulano di Storia Naturale; ed. Parco Naturale Dolomiti Friulane, Cimolais .

Componente faunistica: generalità sui bioindicatori di *Global Change*

Beniston M., Jungo P., 2002 – Shift in the distribution of pressure, temperature and moisture in the alpine region in response to the behaviour of the north atlantic oscillation. Theoretical and Applied Climatology, 71: 29-42.

Bernabò P., Martinez Guitarte J.L., Rebecchi L., Jousson O. & Lencioni V., 2010 - Effects of temperature on the survival and on the expression of HSP70 family in an alpine cold-stenothermal Chironomid. Cell Stress and Chaperones DOI: 10.1007/s12192-010-0251-5.

Bertuzzi E., Cantonati M. (eds.), 2007 - The spring habitat: biota and sampling methods. Monografie del Museo Tridentino Scienze Naturali, 4.

Bibby C.J., Burgess N.D., Hill D.A. 2000 - Bird Census Techniques, 2nd edition. Academic Press, Londra, UK.

Brandmayr P., 2002 - Ambienti e fauna nel paesaggio italiano. In: Minelli A., Chemini C., Argano R. & Ruffo S. (a cura di), La fauna in Italia, Touring Editore, Milano e Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio, Roma: 30-43.

Brittain J.E., Milner A.M., 2001 - Ecology of glacier-fed rivers: current status and concepts. Freshwater Biology, 46 (12), 276 pp.

Brittain J.E., Adalsteinsson H., Castella E., Gislason G.M., Lencioni V., Lods-Crozet B., Maiolini B., Milner A.M. & Saltveit S.J., 2000 - Towards a conceptual understanding of arctic and alpine streams. Verhandlugen der Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie, 27 (2): 740-743.

Cantonati M., Gerecke R., Jüttner I., Cox E.J. (eds.), 2011 - Springs: neglected key habitats for biodiversity conservation, Journal of Limnology 70 (Suppl. 1).

Castella E., Adalsteinsson H., Brittain J.E., Gislason G.M., Lehmann A., Lencioni V., Lods-Crozet B., Maiolini B., Milner A.M., Olafsson J.S., Saltveit S.J. & Snook D.L., 2001 - Macrobenthic invertebrate richness and composition along a latitudinal gradient of European glacier-fed streams. Freshwater Biology, 46: 1811-1831.

Clevenger A.P., Waltho N., 2005 - Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals. Biological Conservation, 121: 453-464.

Crema S., Ferrarese U., Golo D., Modena P., Sambugar B. & Gerecke R., 1996 - Ricerche sulla fauna bentonica ed interstiziale di ambienti sorgentizi in area alpina e prealpina. Centro di Ecologia Alpina, Report N. 8: 1-104.

IPCC, 2007 - Climate Change 2007: The Physical Science Basis. IPCC Fourth Assessment Report (AR4).

Krebs C.J., 2006 - Mammals. pp. 351-369, in Sutherland W. J. (ed): Ecological Census Techiques. A Handbook, 2nd edition. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Lami A., Boggero A. (eds.), 2006 - Ecology of high altitude aquatic systems in the Alps. Hydrobiologia, 562 (1), 246 pp.

Lencioni V., Maiolini B. (eds.), 2002 - L'ecologia di un ecosistema acquatico alpino (Val de la Mare, Parco Nazionale dello Stelvio). Natura alpina, 54 (4).

Lindenmayer D. B., Likens G. E., 2010 - Effective ecological monitoring. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia.

Nagy L., Grabherr G., Korner C., Thompson D.B.A. (eds.), 2003 - Alpine biodiversity in Europe. Springer, Ecological Studies 167.

Pearce J., Venier L., 2005 - Small mammals as bioindicators of sustainable forest management. Forest Ecology and Management, 208: 153-175.

Settele, J., Kudrna, O., Harpke, A., Kuehn, I., van Swaay, C., Verovnik, R., Warren, M., Wiemers, M., Hanspach, J., Hickler, T., Kuehn, E., van Halder, I., Veling, K., Vliegenthart, A., Wynhoff, I. & Schweiger, O., 2008 - Climatic Risk Atlas of European Butterflies. Biorisk 1, 1-710.

Stoch F., 2003 – I bioindicatori delle acque del Parco delle Prealpi Giulie. Parco Naturale delle Prealpi Giulie Ed., Resia (Udine).

Van Swaay C., Cuttelod A., Collins S., Maes D., López Munguira M., Šašiæ M., Settele J., Verovnik R., Verstrael T., Warren M., Wiemers M. & Wynhoff I., 2010 - European Red List of Butterflies. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg, xii + 44 pp + 4 pp.

Componente faunistica: invertebrati terrestri

Brandmayr P., Zetto T. & Pizzolotto R., 2005 - I Coleotteri Carabidi per la valutazione ambientale e la conservazione della biodiversità. Manuale operativo. A.P.A.T., Manuali e Linee Guida, 34: 240 pp.

Casale A., Sturani M. & Vigna Taglianti A., 1982 - Coleoptera. Carabidae. I. Introduzione, Paussinae, Carabinae. Fauna d'Italia, Calderini, Bologna: 18.

Desender K., 1994 - Carabid Beetles: Ecology and Evolution. Kluver Academic Publishers.

Fajcik J., 1998 - Die Schmetterlinge Mitteleuropas. II Band. Bestimmung, Verbreitung, Flugstandort, Bionomie. Noctuidae. Polygrafia SAV, Bratislava.

Fajcik J., 2003 - Die Schmetterlinge Mittel- und Nordeuropas. Bestimmung, Verbreitung, Flugstandort, Bionomie. Drepanidae, Geometridae, Lasiocampidae, Endromidae, Lemoniidae, Saturnidae, Sphingidae, Notodontidae, Lymantridae, Arctiidae. ER-PRINT, a.s., prevadzka Senica.

Fontana P., Buzzetti F., Cogo A. & Odè B., 2002 - Cavallette, Grilli, Mantidi e insetti affini del Veneto. Museo Naturalistico Archeologico di Vicenza, Vicenza, Guide Natura, 1: 1-541.

Hürka, K. 1996 - Carabidae of the Czech and Slovak Republics, Ceskè a Slovenskè republiky. Kabourek, Zlìn.

Jeannel R., 1941-42 - Coléoptères Carabiques I -II. Faune de France, 39, 40. Lechevalier, Paris.

Lanfranchis T., 2004 - Butterflies of Europe. New field guide and key. Diatheo, Paris.

Latella L. & Gobbi M., 2008 - La Fauna del Suolo: tassonomia, ecologia e metodi di studio dei principali gruppi di invertebrati terrestri italiani. Quaderni del Museo Tridentino di Scienze Naturali, Trento.

Leraut P. J. A., 1997 - Liste systematique et synonymique des lepidopteres de France, Belgique et Corse (Deuxieme edition). Universa, Wetteren.

Leraut P. J. A., 2009 - Papillons de nuit d'Europe. Voll. 1-2. N.A.P. ed., Verrieres le Buisson.

Nentwig W., Blick T., Gloor D., Hänggi A. & Kropf C., 2010 - Araneae. Spiders of Europe. Version 10.2010. Website at: *www.araneae.unibe.ch.*

Pizzolotto R. & Brandmayr P., 2004 - Coleotteri Carabidi e comunità animali: due direzioni per la gestione delle risorse naturali. In: Filogenesi e sistematica dei Carabidi. Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Firenze.

Platnick N.I., 2011 - The World Spider Catalog, Version 11.5. Internet website at: *http://research.amnh.org/iz/spiders/catalog/INTRO1.html*

Roberts M.J., 1995 - Collins Field Guide: Spiders of Britain & Northern Europe. Harper Collins, London.

Roberts M.J., 1987 - The spiders of Great Britain and Ireland, Volume 2: Linyphiidae and check list. Harley Books, Colchester, England.

Robineau R., 2007 - Guide des papillons nocturnes de France. Delachaux et Niestlé, Paris.

Stork, 1990 - The role of Ground Beetles in ecological and enviromental studies. Intercept, Andover-Hampshire.

Thiele H.U., 1977 - Carabid Beetles in their enviroments. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. New York.

Trotta A., 2005 - Introduzione ai Ragni italiani (Arachnida, Araneae). Memorie della Società Entomologica Italiana, 83: 3-178.

Tolman T. & Levington R., 2009 - Collins Butterfly Guide. The most complete guide to the butterflies of Britain and Europe. Harper Collins, London.

Componente faunistica: invertebrati acquatici

Belfiore C., 1983 - Efemerotteri. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, C.N.R. AQ/1/201, 24: 113 pp.

Campaioli S., Ghetti P.F., Minelli A. & Ruffo S., 1994 - Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane. Provincia Autonoma di Trento, Trento, 2 voll.

Cantonati M., Bertuzzi E., Spitale D., 2007 - The spring habitat: biota and sampling methods. Monografie del Museo Tridentino di Scienze Naturali, 4.

Dussart B. 1969 - Les Copépodes des eaux continentales d'europe occidentale. Tome I et II. Editions Boubée & Cie, Paris.

Einsle U., 1993 - Crustacea Copepoda Calanoida und Cyclopoida. Süsswasserfauna Mitteleuropa, 8/4-1: 1-209.

Ferrarese U., Rossaro B., 1981 - Chironomidi, 1. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, C.N.R. AQ/1/129, 12: 97 pp.

Ferrarese U., 1983 - Chironomidi, 3. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, C.N.R. AQ/1/204, 26: 67 pp.

Fochetti R., Manuel Tierno de Figueroa J., 2008 – Plecoptera. Fauna d'Italia, Calderini, 43: 339 pp.

Janetzky W., Enderle R. & Noodt W., 1996 - Crustacea Copepoda Gelyelloida und Harpacticoida. Süsswasserfauna Mitteleuropa, 8/4-2: 1-227.

Lencioni V., Marziali L. & Rossaro B., 2007 – I ditteri Chironomidi: morfologia, tassonomia, ecologia, fisiologia e zoogeografia. Quaderni del Museo Tridentino di Scienze Naturali, 1.

Margaritora F., 1983 - Cladoceri (Crustacea: Cladocera). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, C.N.R. AQ/1/197, 22: 169 pp.

Moretti G., 1983 - Tricotteri. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, C.N.R. AQ/1/196, 19: 155 pp.

Nocentini A., 1985 - Chironomidi 4. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, C.N.R. AQ/1/233, 29: 186 pp.

Rossaro B., 1982 - Chironomidi, 2. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane, C.N.R. AQ/1/171, 16: 80 pp.

Sansoni G., 1992 - Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani. Provincia Autonoma di Trento.

Stoch F., 2007 - Copepods colonising Italian springs. In: Cantonati M., Bertuzzi E., Spitale D., The spring habitat: Biota and sampling methods. Monografie del Museo Tridentino di Scienze Naturali, 4: 217-235.

Tachet, H., Bournaud, M. & Pichoux, P. 1984 - Introduction a l'etude des macroivertebres des eaux douces (Systematique elementaire et aperçu ecologique). Ass. Franc. Limnologie, 2nd ed.

Wiederholm T. (ed). 1983 - Chironomidae of the Holartic region. Keys and diagnoses. Part I: Larvae. Entomologica scandinavica, Supplement, 19: 1-457.

Wiederholm T. (ed). 1986 - Chironomidae of the Holartic region. Keys and diagnoses. Part II: Pupae. Entomologica scandinavica, Supplement, 28: 1-482.

Wiederholm T. (ed). 1989 - Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnoses. Part III: Adult males. Entomologica scandinavica, Supplement, 34: 1-532.

Componente faunistica: avifauna

Bibby C.J., Burgess N.D., Hill D.A. & Mustoe S.H. 2000 - Bird census techniques – Second edition. Academic Press, Londra, UK.

Blondel J., Ferry C. & Frochot B. 1970 - La méthode des Indices Ponctuels d'Abondance (I.P.A.) ou des releves d'avifaune par "station d'écoute". Alauda, 38: 55-71.

Fornasari L., Bani L., De Carli E. & Massa R. 1999 - Optimum design in monitoring common birds and their habitat. in: Havet P., Taran E. & Berthos J.C. (ed.), Proceedings of the IUGB XXIIIRD Congress, Lyons, France, 1-6 september 1997. Gibier Faune Sauvage Game Wildl., Special number, part 2, 15: 309-322.

Fornasari L., de Carli E., Buvoli L., Mingozzi T., Pedrini P., La Gioia G., Ceccarelli P., Tellini Florenzano G., Velatta F., Caliendo M.F., Santolini R. & Brichetti P. 2004. Secondo bollettino del progetto MITO2000: valutazioni metodologiche per il calcolo delle variazioni interannuali. Avocetta, 28: 59-76.

Fornasari L., De Carli E., Buvoli L., La Gioia G., Tellini Florenzano G. 2005. Variazioni di areale a media scala: è cambiata la distribuzione degli uccelli nidificanti in Italia dall'Atlante ad oggi? Avocetta, 29 (n.s.): 76.

Componente faunistica: Bibliografia integrativa relativa al Parco Naturale delle Dolomiti Friulane

Borgo A., 1997 – Aspetti eco-etologici della comunità di rapaci di un settore delle Prealpi veneto-carniche. Tesi di laurea inedita. Università di Padova.

Borgo A., 1998 – Censimento della comunità di Accipitriformi, Falconiformi e Strigiformi di un settore delle Prealpi veneto-carniche e dati preliminari sulle preferenze ambientali. Boll. Mus. Civ. St. Nat. Venezia Suppl. 48:74-77.

Borgo A., 1999 – Influenza della vicinanza di Allocco *Strix aluco* sull'attività di canto territoriale di Civetta capogrosso *Aegolius funereus*. Avocetta, 23:95.

Borgo A., 1999 – Modelli di idoneità ambientale per Accipitriformi, Falconiformi e Strigiformi nel Parco Naturale Dolomiti Friulane. Avocetta, 23:97.

Borgo A., 2001 – Ecologia ed evoluzione della popolazione di Aquila reale *Aquila chrysaetos* nel Parco Naturale Dolomiti Friulane. Avocetta, 25:176.

Borgo A., 2003 – Ecology of the Golden Eagle *Aquila chrysaetos* in the Eastern Italian Alps. Avocetta, 27:81-82.

Borgo A. & Mattedi S., 2003 – Effetti della disponibilità di Camosci e Marmotte sulla produttività dell'Aquila reale *Aquila chrysaetos* nel Parco Naturale Dolomiti Friulane. Avocetta, 27: 149.

Bussani M., 1967 – Alcune cavità minori delle Prealpi orientali. Alpi Giulie, Trieste, 62: 85-89.

Chiappa B., 1984 – Aggiornamento sulla diffusione del genere *Anophthalmus* (Coleopt. Carabidae) nel Friuli centro orientale. Atti VI Conv. Reg. Spel., Mondo Sotterraneo, Udine, 7 (2) (n.s.): 89-96.

Daffner H., 1988 – *Orotrechus holdhausi donazzoloi* n.ssp., *Oryotus sebenelloi* n.sp., *Spelaebreus tormenei* n.sp. (Coleoptera) von den Prealpi Bellunesi – Norditalien. Acta Coleopterologica, München, 4(1): 5-18.

Danelin G., 1988 – Studio relativo agli aspetti floristici, faunistici, vegetazionali, carsistici e forestali dell'Ambito di Tutela "B5". Comunità Montana Meduna-Cellina, Barcis: 16 pp. (Relazione tecnica).

De Franceschi P.F., 1994 – Galliformi alpini. In: La fauna del Friuli occidentale (a cura di Franco Perco). Amministrazione provinciale di Pordenone, Grafiche GEAP, Pordenone: 39-62.

Ferro G., 2000 – I macroinvertebrati delle acque interne del Friuli-Venezia Giulia (Italia nord-orientale): Hydraenidae delle acque correnti (Coleoptera, Polyphaga). Gortania – Atti del Museo Friulano di Storia Naturale, Udine, 21 (1999): 223-239.

Flamigni C., Bastia G., 1999 – Nuovi dati sulla distribuzione in Italia di alcune specie della famiglia Zygaenidae (Lepidoptera). Giornale italiano di Entomologia, 8: 291-300.

Gasparo F., 1997 – Miscellanea biospeologica. Parte I: Friuli. Atti e Memorie della Commissione Grotte "E. Boegan", Trieste, 34 (1996): 17-48.

Genero F., 1994 – Rapaci diurni e notturni. In: La fauna del Friuli occidentale (a cura di Franco Perco). Amministrazione provinciale di Pordenone, Grafiche GEAP, Pordenone: 23-38.

Ghirardelli E., 1981 – La Fauna. In: Le Riserve naturali del Consiglio orientale. Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Udine: 97-111.

Governatori G., 2000 – Entomofauna del bacino montano del torrente Cellina (Coleoptera, Lepidoptera). In: Contributi alla conoscenza dell'entomofauna della Val Cellina (Prealpi Carniche occidentali) (a cura di Lino Quaia). Bollettino della Società naturalisti "Silvia Zenari", Pordenone, 24: 7-43.

Governatori G., 2004 – Considerazioni faunistiche e biogeografiche su artropodi ipogei delle Alpi Carniche. In: il fenomeno carsico delle Alpi Carniche. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, 15 (s. II): 75-85.

Grottolo M., Martinelli A., 1994 – Note complementari su *Orotrechus schwienbacheri* Grottolo e Martinelli, 1991 (Coleoptera Carabidae Trechinae) del massiccio del Monte Cavallo (Prealpi Venete). Natura Bresciana – Annali del Museo civico di Scienze naturali, Brescia, 29 (1993): 185-192.

Mascagni A., Stoch F., 2000 – I macroinvertebrati delle acque interne del Friuli-Venezia Giulia (Italia nord-orientale). Coleoptera Dryopoidea: Dryopidae, Elmidae. Gortania – Atti del Museo friulano di Storia naturale, Udine, 22: 223-250.

Masutti L., 1968 – Insetti e nevi stagionali. Riflessioni su reperti relativi alle Alpi Carniche e Giulie. Bollettino dell'Istituto di Entomologia dell'Università degli Studi di Bologna, XXXIV: 75-94.

Morandini C., 1979 - L'abbassamento dei limiti altimetrici dei fenomeni fisici e biologici in Friuli, con particolare riguardo alle Prealpi Carniche e Giulie, visto nelle sue cause. Comune di Udine. Museo Friulano di Storia Naturale, Udine.

Müller G., 1963 – Due nuovi *Orotrechus* delle Prealpi Venete. Atti del Museo civico di Storia naturale di Trieste, 23(2): 79-80.

Paoletti M.G., 1978b – Cenni sulla fauna ipogea delle Prealpi Bellunesi e Colli subalpini. Le Grotte d'Italia, Bologna, 7 (s. IV) (1977): 45-198.

Paoletti M.G., 1979 – Microartropodi ipogei delle Alpi orientali. Mondo sotterraneo, Udine, 3 (n.s.): 23-32.

Paoletti M.G., 1982 – L'artropodofauna ipogea delle Alpi Orientali, dal confine orientale al Garda. Con particolare riguardo a Bathysciinae ed Isopodi terrestri. Lavori della Società italiana di Biogeografia, Forlì, 7 (n.s.)(1978): 545-578.

Parodi R., 1987 – Atlante degli uccelli nidificanti in provincia di Pordenone (Friuli-Venezia Giulia). 1981-1986. Quaderni del Museo civico di Storia naturale di Pordenone, 1: 120 pp.

Parodi R., 2004 – Avifauna in provincia di Pordenone. *Provincia di Pordenone.* Pordenone.

Rassati G., 2003 – Check-list delle specie di uccelli del Parco Naturale Regionale delle Dolomiti Friulane (Friuli-Venezia Giulia). *Picus*, 29:109-117.

Piva E., 2000 – Contributo alla conoscenza del genere *Cansiliella*, con descrizione di una nuova specie (Coleoptera Cholevidae). Bollettino della Società entomologica italiana, Genova, 132(2): 123-134.

Piva E., 2005 – Nuove specie di *Orostygia* e *Oryotus*, con note sinonimiche (Coleoptera Cholevidae). Memorie della Società entomologica italiana, Genova, 84: 3-44.

Quaia L., 1971 – Piccoli abitatori delle caverne. Enciclopedia monografica del Friuli-Venezia Giulia, Udine, 1(2): 729-738.

Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, 1991 – Inventario faunistico regionale permanente. Primi risultati relativi al periodo riproduttivo 1986-1990. Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia – Direzione regionale delle Foreste e dei Parchi. Grafiche Fulvio Ed., Udine: 232 pp.

Reichl E.R., 1975 – Die Rassenbildung von *Melanargia galathea* L. im westlichen Friaul (Lep., Satyridae). Zeitschrift der Arbeitsgemeinschaft Österr. Entomologen, 26(2-4) (1974): 33-40.

Rossi R., 1971 – Una nuova specie di Spelaeabraeus delle Prealpi Carniche (Coleoptera, Histeridae). Bollettino della Società Entomologica Italiana, Genova, 97(5-6): 89-93.

Sala G., 2002 – Le farfalle della Valcellina. SEM Multimedia, CD-ROM.

Stoch F., 1999 – I macroinvertebrati delle acque interne del Friuli-Venezia Giulia (Italia nord-orientale): Anfipodi (Crustacea, Amphipoda). Gortania – Atti del Museo friulano di Storia naturale, Udine, 21: 133-160.

Vailati D., 1998 – Ridescrizione di *Orostygia tibialis* Paoletti, 1979 (Coleoptera Cholevidae Leptodirinae) buona specie del massiccio Cansiglio-Monte Cavallo (Prealpi Venete). Natura Bresciana – Annali del Museo civico di Scienze naturali, Brescia, 31(1995): 121-128.

Van Swaay C. & Warren M. S. (ed), 2003 - Prime Butterfly Areas in Europe: Priority sites for conservation. National Reference Centre for Agriculture, Nature and Fisheries, Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries, The Netherlands.

Vigna Taglianti A., 1981 – Un nuovo *Orotrechus* delle Prealpi Venete (Coleoptera, Carabidae). Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Verona, 7: 69-84.