

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MILANO**

**FACOLTA' DI SCIENZE AGRARIE E ALIMENTARI**

**CORSO DI LAUREA IN**

**VALORIZZAZIONE E TUTELA DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO  
MONTANO**



La fauna a chironomidi (Diptera: Chironomidae) dei torrenti Presena e Vermigliana (TN); analisi dei fattori ambientali che ne influenzano le comunità nell'arco alpino.

**RELATORE: DR. MATTEO MONTAGNA**

**CORRELATORE: *Prof. Bruno Rossaro e Dott.ssa Valeria Mereghetti***

**CANDIDATO:  
Bona Tobia  
Matr.: 802695**

**A.A. 2015/2016**



## Sommario

RIASSUNTO .....	4
1 OBIETTIVI del TIROCINIO .....	6
2 INTRODUZIONE .....	7
2.1 Cambiamento climatico e biodiversità.....	7
2.2 Area di studio e impatto del cambiamento climatico sui ghiacciai.....	8
2.3 Diptera Chironomidae .....	11
2.3.1 Fenologia e morfologia dei Chironomidi.....	11
2.3.2 Ecologia e zoogeografia.....	16
2.3.3 I Chironomidi come bioindicatori.....	18
3 MATERIALI E METODI .....	20
3.1 Scelta dei siti di campionamento e inquadramento geografico.....	20
3.2 Campionamento degli esemplari.....	21
3.3 Preparazione dei campioni e loro identificazione morfologica.....	24
3.4 Confronto dei dati raccolti con il record storico .....	25
3.5 Analisi multivariata e fattori ambientali considerati.....	26
4 RISULTATI E DISCUSSIONE .....	27
4.1 Le comunità a chironomidi dei torrenti Presena e Vermigliana.....	27
4.2 Confronto delle comunità censite nel 2014-2015 con il record storico .....	32
4.3 Analisi multivariata dei dati .....	36
5 CONCLUSIONI.....	39
6 ALLEGATO 1 - DATABASE STORICO DAL 1978 AL 2015.....	40
7 BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	44
8 RINGRAZIAMENTI.....	47

## RIASSUNTO

Questo studio è finalizzato a caratterizzare le comunità a ditteri chironomidi (Diptera; Chironomidae), indicatori dello status ecologico dei corsi d'acqua, presenti in due siti di campionamento sui torrenti Presena e Vermigliana, località Baita Velon e Volpaia, (Vermiglio - TN) e a confrontare la sua composizione specifica con quella riportata in precedenti studi risalenti al 1978. Saranno inoltre valutati i fattori ambientali che influenzano le comunità a chironomidi dell'intero arco alpino.

Le campagne di raccolta sono state svolte settimanalmente nei mesi di marzo, aprile, maggio, agosto 2014 e gennaio, febbraio 2015. Il campionamento consisteva nel catturare gli individui dai torrenti Vermigliana e Presena mediante l'uso di retino da drift e retino Surber. I campioni raccolti, in parte sono stati preservati in soluzione acquosa di formaldeide al 4%, in parte conservati in provette contenenti etanolo assoluto. Gli esemplari raccolti, a seguito di una prima osservazione e selezione allo stereomicroscopio, sono stati montati su vetrino e osservati al microscopio ottico per l'identificazione morfologica a livello specifico. I dati sulle specie censite sono stati utilizzati per un confronto con i dati storici provenienti da campionamenti svolti nelle stesse località in tre periodi, dal 1978 ad oggi. Inoltre, tali dati faunistici, assieme ai metadati delle località di raccolta sono stati utilizzati per un'analisi multivariata finalizzata ad individuare i fattori ambientali che influenzano la struttura e la composizione delle comunità a chironomidi sull'arco alpino.

Durante le 13 uscite di campionamento sono stati censiti 423 esemplari, 208 nel sito di Volpaia e 215 nel sito di Baita Velon. Questi esemplari sono stati identificati a livello specifico e attribuiti a 28 specie, di cui 10 presenti in entrambi i siti di campionamento mentre 13 e 5 specie sono risultate uniche dei siti di Volpaia e Baita Velon, rispettivamente. Le specie individuate appartenevano a 16 generi diversi. La sottofamiglia più numerosa raccolta è quella degli Orthoclaadiinae con 255 campioni, seguita dalla sottofamiglia Diamesinae con 129 campioni. I quattro generi più abbondanti raccolti sono stati, *Orthocladus* (135 exx), *Diamesa* (115 exx), *Paratrichocladus* (51 exx) e *Eukiefferiella* (40 exx). *D. zernyi*, *E. minor* e *O. frigidus* sono risultate le specie maggiormente presenti nel torrente Vermigliana mentre *D. tonsa*, *D. zernyi*, *O. frigidus* e *P. skirwithensis* sono le specie risultate maggiormente presenti nel torrente Presena.

Attraverso il confronto tra le comunità censite nei due siti nel biennio 2014-2015 con i dati storici, campionati in tre periodi precedenti, è risultato che, delle 57 specie presenti in passato in località Volpaia, il 58% è scomparso (pari a 33 specie); attualmente sono presenti 9 specie non censite in passato. In località Baita Velon le specie scomparse rispetto al record storico ammontano a 12 (pari al 43% della comunità) mentre quelle rilevate solo nel recente periodo sono 10.

L'analisi canonica delle corrispondenze, svolta sull'intero set di dati faunistici e sui fattori ambientali presi in considerazione, identifica l'altitudine, la distanza del sito di campionamento dal ghiacciaio e l'area dello stesso come i fattori ambientali che contribuiscono maggiormente alla struttura delle comunità a chironomidi nell'arco alpino.

In conclusione, sulla base dei dati faunistici raccolti si può affermare che negli ultimi 40 anni sia avvenuta un'importante variazione nella composizione della comunità a chironomidi dei siti indagati. Una possibile spiegazione del pattern osservato può essere attribuita ai cambiamenti climatici in corso e al conseguente ritiro dei ghiacciai. È tuttavia necessario considerare che il precedente risultato può essere frutto del basso numero di campionamenti svolti nel 2014/2015 rispetto a quello delle epoche precedenti. I risultati ottenuti dall'analisi canonica delle corrispondenze sono in accordo con l'ipotesi che i cambiamenti climatici stiano modificando consistentemente le cenosi a chironomidi dei torrenti periglaciali dell'arco alpino, portando, nei prossimi decenni, ad una perdita di biodiversità con possibili fenomeni di estinzione.

# 1 OBIETTIVI del TIROCINIO

Gli obiettivi del tirocinio consistono nello studio delle specie di ditteri chironomidi (Diptera; Chironomidae) presenti nei torrenti Vermigliana e Presena.

Nel dettaglio, gli obiettivi specifici del tirocinio sono:

- caratterizzazione della comunità a ditteri chironomidi (Diptera; Chironomidae) presenti nei torrenti Vermigliana e Presena;
- confronto delle comunità a ditteri chironomidi presenti nei due siti campionati in tre diversi periodi, dagli anni 1978 ad oggi;
- individuare, attraverso un'analisi multivariata, i fattori ambientali quali altitudine, latitudine, longitudine, superficie del ghiacciaio e distanza dalla bocca del ghiacciaio che contribuiscono a strutturare le comunità dei chironomidi dei torrenti montani ed altimontani nell'arco alpino.

## 2 INTRODUZIONE

### 2.1 Cambiamento climatico e biodiversità

Ad oggi, la comunità scientifica, è unanime nell'affermare che importanti mutazioni climatiche stanno avvenendo a livello mondiale (Allen et al., 2014). Dalla metà del XX secolo si è registrata un'accelerazione dei cambiamenti climatici su scala globale. L'intergovernmental Panel on climate change (IPCC) è l'organo scientifico formatosi nel 1988 da due organismi delle nazioni unite (Organizzazione meteorologica mondiale e Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente) che studia i cambiamenti climatici e fornisce previsioni riguardanti la situazione dell'ecosistema terrestre. Secondo l'IPCC, la temperatura dell'aria sulla superficie globale è prevista aumentare da 1,4 °C a 5,8 °C in un tempo considerato che va dal 1990 al 2100, con intensità di incremento variabili nello spazio e nel tempo. Si prevede che le temperature subiranno il maggior aumento nelle regioni continentali e alle alte latitudini; le temperature minime notturne aumenteranno di più rispetto alle temperature massime del giorno e le temperature invernali aumenteranno di più rispetto a quelle estive. Tale riscaldamento globale andrà ad alterare altri aspetti climatici rilevanti quali l'umidità e le precipitazioni, con aree soggette ad intense precipitazioni e altre che andranno incontro a siccità. In generale, si prevede un aumento dell'evaporazione e delle precipitazioni (Harvell et al., 2002).

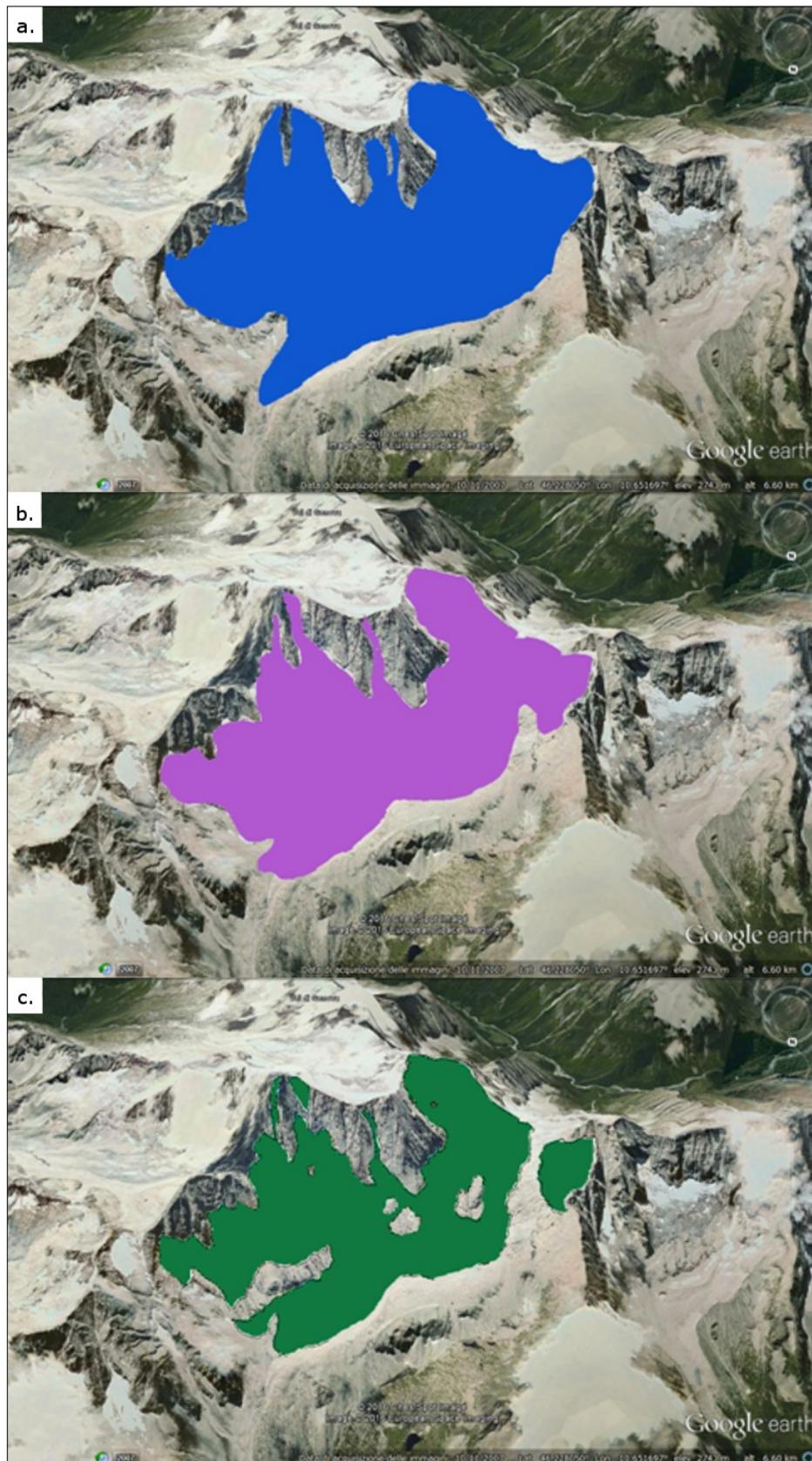
La valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi è attualmente oggetto di ricerca. Uno studio pubblicato nel 2004, svolge una proiezione sulla distribuzione delle specie assumendo diversi scenari di cambiamento climatico, valutando il rischio di estinzione per regioni campione della superficie terrestre. Esso evidenzia come le specie maggiormente colpite dal cambiamento climatico risultino essere le più esigenti, nei confronti di uno o più fattori ambientali e poco adattabili alle modificazioni ambientali repentine. Ipotizzando uno scenario che preveda l'innalzamento delle temperature, le specie destinate all'estinzione saranno pari al 18%, con valori medi del 24% e massimi del 35% (Thomas et al., 2004).

In ambiente alpino i cambiamenti climatici a scala globale e in particolar modo l'innalzarsi delle temperature incidono fortemente sullo scioglimento dei ghiacciai

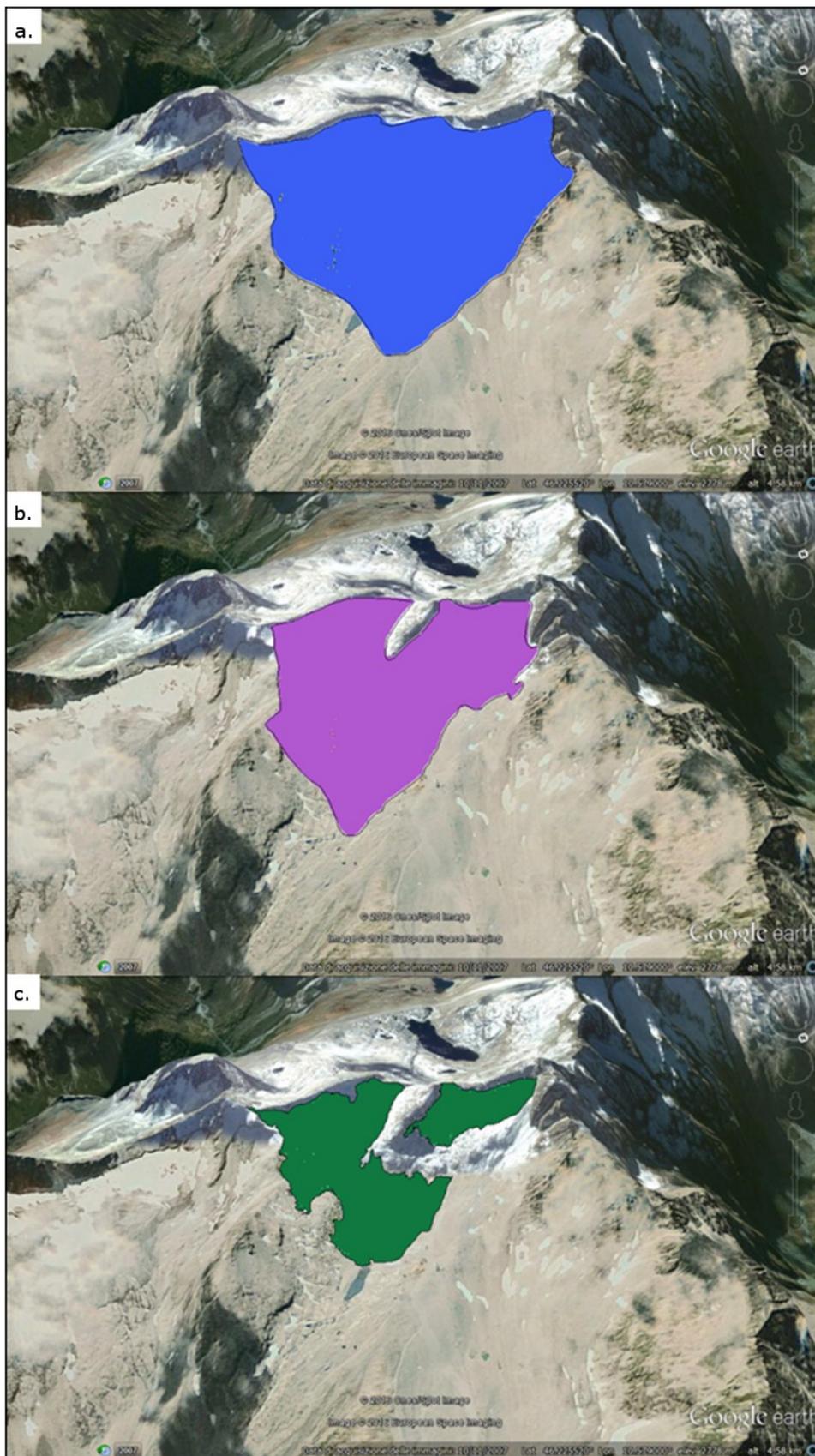
portando al fenomeno ormai reale e verificabile del loro ritiro. Uno studio che comprende siti fluviali presenti in tre diversi continenti (49 siti sulle Ande Ecuadoriane, 34 nelle Alpi svizzere e italiane e 20 in un corso d'acqua in Alaska) ha evidenziato come il riscaldamento globale e il conseguente scioglimento dei ghiacciai, porteranno all'inevitabile scomparsa delle specie di macroinvertebrati presenti nei bacini glaciali (Jacobsen et al., 2012). Lo studio infatti mostra che, il pool di specie che andranno a scomparire, comprendente le specie endemiche, varierà dall'11 al 38%, a seconda della velocità di scioglimento e ritiro dei ghiacciai, andando a ridurre la ricchezza ecologica locale a valle (Jacobsen et al., 2012).

## 2.2 Area di studio e impatto del cambiamento climatico sui ghiacciai

Nell'area in cui sono state svolte le indagini, i torrenti di riferimento sono stati, il torrente Vermigliana e il torrente Presena. Questi due corsi d'acqua sono entrambi di origine glaciale, precisamente il torrente Vermigliana si origina dal bacino glaciale della parete Nord della Presanella (3557 m.s.l.m) e il torrente Presena si origina dal bacino glaciale del ghiacciaio della parete Nord del Presena. Entrambi i ghiacciai hanno esposizione a Nord, ma differiscono per superficie e tipologia. Il Ghiacciaio della Presanella è il più esteso del gruppo e uno dei più vasti del Trentino. Il ghiacciaio è di tipo vallivo a bacino composto ([http://www.sat.tn.it/sns/17/678\\_0.htm](http://www.sat.tn.it/sns/17/678_0.htm)), infatti è costituito da due bacini di alimentazione principale che si uniscono fra 2700 e 2800 m.s.l.m, formando poi una colata unica che scende a valle. Secondo misurazioni storiche della superficie, il ghiacciaio ha subito una riduzione della superficie del 10,26% in questi ultimi 60 anni. Andando ad osservare l'estensione del ghiacciaio in tre periodi differenti, si può notare infatti come nel 1958 (Figura 1. a) la superficie fosse di 390 ettari, nel 1987 (Figura 1. b) fosse di 380 ettari e nel 2003 (Figura 1. c) fosse di 350 ettari. Il Ghiacciaio del Presena si trova invece in un ampio circo glaciale ed è di tipo montano. Attraverso l'osservazione di misurazioni svolte negli stessi anni precedentemente citati, si può notare come l'area del ghiacciaio sia passata rispettivamente ad avere una superficie di 82 ettari nell'anno 1958 (Figura 2.a), una superficie di 68 ettari nell'1986 (Figura 2.b) ed infine una superficie di 33 ettari nel 2003 (Figura 2.c). La riduzione dell'area glaciale per il Presena è stata addirittura del 60,76%.



**Figura 1.** Superficie del ghiacciaio della Presanella nel 1958(a) (Comitato Glaciologico Italiano), nel 1987(b) (Società degli Alpinisti Tridentini) e nel 2003 (c) (Provincia Autonoma di Trento).

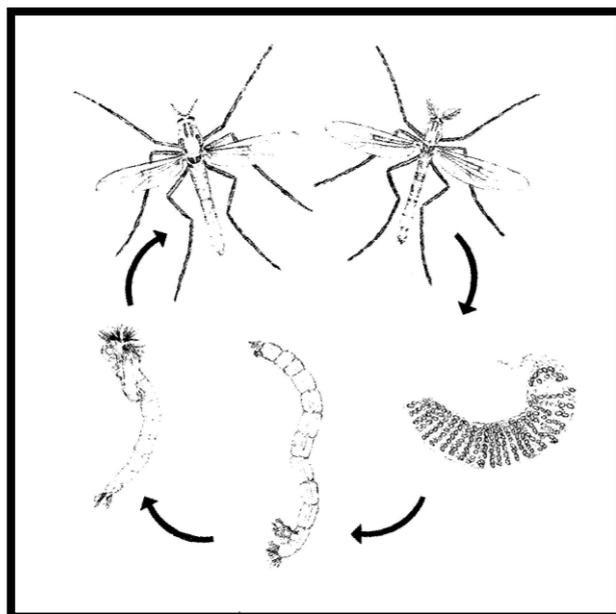


**Figura 2.** Superficie del ghiacciaio del Presena nel 1958(a) (Comitato Glaciologico Italiano), nel 1987(b) (Società degli Alpinisti Tridentini) e nel 2003 (c) (Provincia Autonoma di Trento).

## 2.3 Diptera Chironomidae

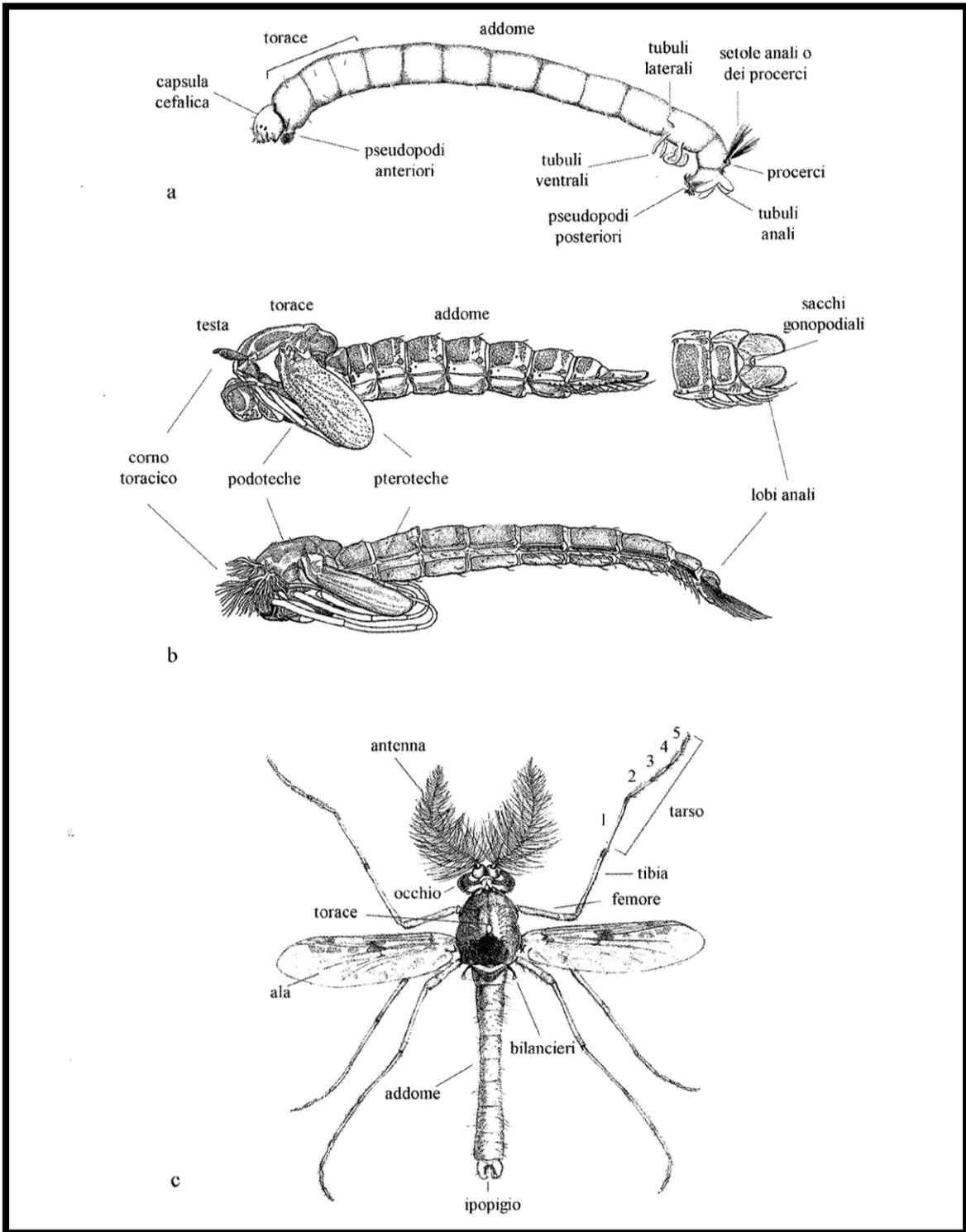
### 2.3.1 Fenologia e morfologia dei Chironomidi

I ditteri chironomidi sono insetti acquatici di piccole-medie dimensioni, che trascorrono almeno una parte del loro ciclo vitale a contatto con il substrato (organismi bentonici allo stadio larvale). Essi appartengono all'ordine dei Ditteri e al sottordine dei Nematoceri, sono caratterizzati da antenne lunghe e filiformi, corpo esile ed allungato, zampe lunghe ed ali strette e allungate. Sono insetti olometaboli, ovvero compiono metamorfosi completa, passando da uno stadio larvale a uno stadio adulto strutturalmente e visivamente differente ed occupano nicchie ecologiche diverse. Le fasi di sviluppo postembrionale di questi insetti, come in tutti gli olometaboli sono: uovo, larva, pupa ed infine insetto adulto o imago. Il ciclo biologico (Figura 3) è solitamente suddiviso in due periodi. Nel primo periodo, ovvero negli stadi giovanili di uovo, larva e pupa, l'insetto vive in ambiente acquatico. Nel secondo periodo invece, quando l'insetto raggiunge la maturità e quindi lo stadio adulto, esso si trasferisce in ambiente aereo. In particolare l'uovo viene deposto o sulla superficie dell'acqua, o su di un substrato gelatinoso secreto dalle femmine lungo gli argini del corso d'acqua. Successivamente alla schiusa, le giovani larve, vengono trasportate passivamente dalla corrente. Queste si dirigono poi verso il fondale, dove in ricoveri naturali completano lo sviluppo. La fase di crescita larvale, avviene passando per quattro stadi; dopodiché la larva impupa. In questo stadio l'insetto non si nutre e svolge i principali processi di trasformazione di organi e strutture che caratterizzano il passaggio da stadio larvale a stadio adulto. Nella fase di sfarfallamento, l'insetto adulto esce dal bozzolo abbandonandolo nel corso d'acqua. Il bozzolo vuoto prende il nome di esuvia, utile anch'essa per l'identificazione morfologica e la classificazione.



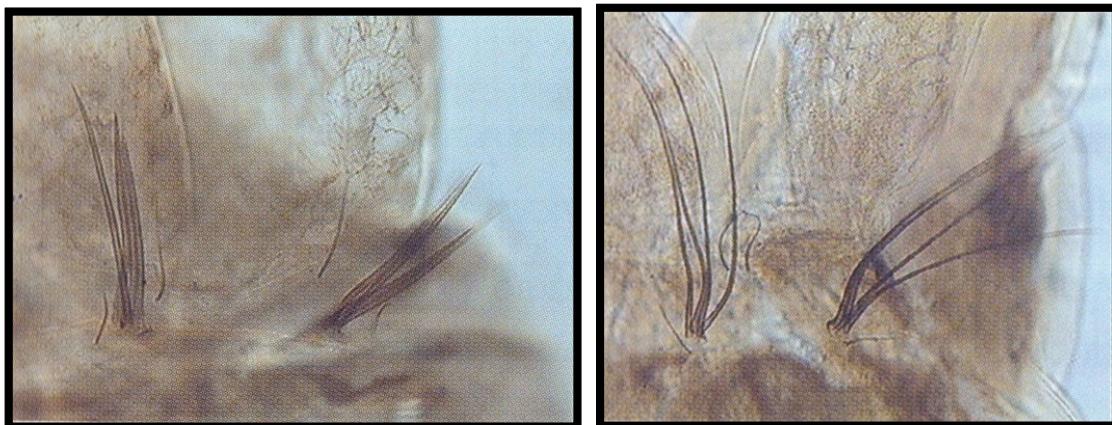
**Figura 3.** *Ciclo vitale dei Chironomidi (Ferrarese & Rossaro 1981)*

I chironomidi, morfologicamente assomigliano alle zanzare (famiglia culicidi) con le quali vengono spesso confusi. Tuttavia, i chironomidi presentano tratti propri ed inconfondibili, come un addome sottile, torace gibboso e assenza evidente di stiletti boccali caratteristici invece delle zanzare. Nei chironomidi, è possibile osservare un evidente dimorfismo sessuale, i maschi hanno infatti corporatura più esile e antenne piumate, mentre nelle femmine il corpo è più robusto e le antenne moniliformi sono piccole e lisce. I caratteri morfologici di questi insetti sono utilizzati per il riconoscimento e l'individuazione delle specie. Per arrivare all'identificazione vengono utilizzate delle chiavi dicotomiche, strumenti che permettono di identificare la specie di appartenenza di un organismo seguendo un percorso ad esclusione sulla base della presenza-assenza di caratteri morfologici diagnostici. Le chiavi dicotomiche sono differenti in base allo stadio di sviluppo dell'organismo. Nelle larve, le caratteristiche distintive che portano all'identificazione della specie, sono in particolare: il mentum, le mandibole, le setole, le antenne e gli pseudopodi; in particolare esse si differenziano da quelle di altri Ditteri in quanto presentano capo ortognato e una coppia di pseudopodi sul primo segmento toracico e sull'ultimo addominale (Lencioni, Marziali & Rossaro 2007). Delle pupe invece vengono osservati: corno toracico, sete laterali dell'addome e lobi anali. Infine, per quello che riguarda gli adulti, si analizzano: ali, occhi, antenne, sete toraciche, speroni delle zampe, punta anale e cresta dorsale e volsella (Figura 4).

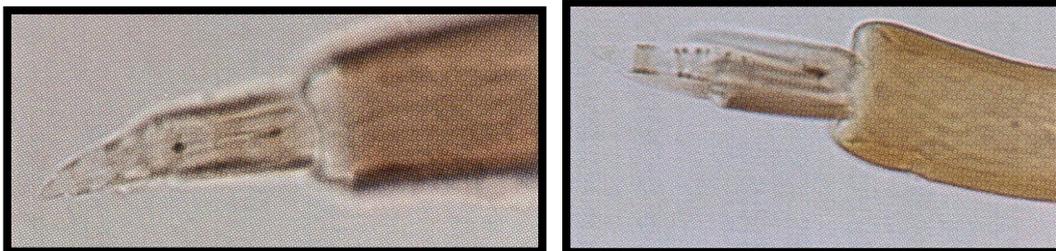


**Figura 4.** Larva (a), pupa (b), maschio adulto (c) di Chironomidi (mod. da Roback 1971; Epler 2001; Langton & Visser 2003).

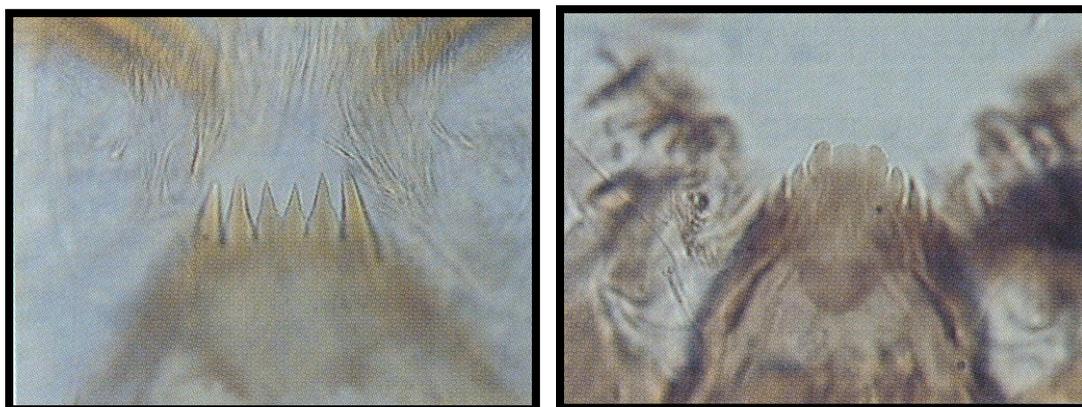
Gli individui sono facilmente identificabili a livello di specie sia allo stadio adulto che, spesso, allo stadio pupale in quanto possiedono caratteri diagnostici ben riconoscibili codificati in chiavi dicotomiche recentemente pubblicate (Rossaro & Lencioni, 2015). Allo stadio larvale, le descrizioni presenti oggi giorno sono poche e per questo la classificazione tassonomica delle larve è più difficoltosa. Uno studio effettuato nel 2007 mette a confronto alcuni caratteri diagnostici di larve di differenti specie del genere *Diamesa* (Lencioni, Marziali & Rossaro, 2007). In particolare caratteri diagnostici successivamente trattati appartengono a larve al terzo o al quarto stadio di sviluppo, la prima immagine mostra una larva di *D. aberrata* (Figura 5) con sete anali con lunghezza tra 90 e 120  $\mu\text{m}$  a differenza della larva di *D. zernyi* (Figura 6) che ha sete anali di lunghezza superiore ( $>150 \mu\text{m}$ ). Nella seconda coppia di immagini si possono notare sete anali con un maggior ingrandimento tra una larva di *D. gr. dampfi* e *D. incallida* (Figura 7 e 8). Nella terza coppia di immagini (Figura 9 e 10) si nota invece la differenza di due mentum, il primo appartenente a *D. bertrami*, diverso dal secondo di *D. gr. latitarsis* per possedere sei denti mediani aguzzi. Le ultime due immagini invece (Figura 11 e 12), mostrano la capsula cefalica di *D. cinerella* che può essere o di colore giallo o con estese aree marroni e la capsula cefalica di *D. zernyi* che invece ha il capo interamente nero, con aree più chiare solo intorno agli occhi (Rossaro & Lencioni, 2015). L'identificazione a questi livelli avviene attraverso una misurazione delle parti del corpo dell'insetto ed un'attenta osservazione delle forme e dei colori (Rossaro & Lencioni, 2015).



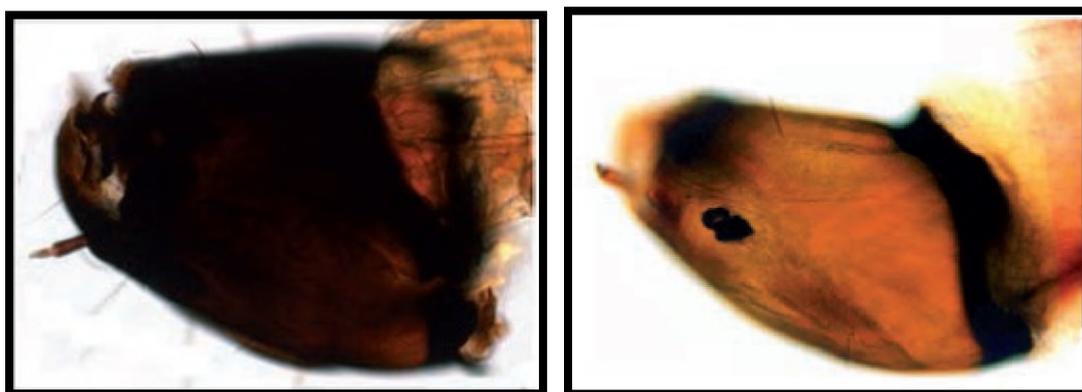
**Figura 5.** Sete anali *D. aberrata* (Lencioni, Marziali & Rossaro, 2007) – **Figura 6.** Sete anali *D. gr. zernyi* (Lencioni, Marziali, & Rossaro, 2007)



**Figura 7.** Sete anali *D. incallida* (Lencioni, Marziali & Rossaro, 2007) – **Figura 8.** Sete anali *D. gr. Dampfi* (Lencioni, Marziali & Rossaro, 2007)



**Figura 9.** Mentum di *D. bertrami* (Lencioni, Marziali & Rossaro, 2007) – **Figura 10.** Mentum di *D. latitarsis* (Lencioni, Marziali & Rossaro, 2007)



**Figura 11.** Capsula cefalica di *D. cinerella* (Rossaro & Lencioni, 2015) – **Figura 12.** Capo di *D. zernyi* (Rossaro & Lencioni, 2015)

### 2.3.2 Ecologia e zoogeografia

I chironomidi, presentano una distribuzione cosmopolita, essendo presenti in entrambi gli emisferi, boreale e tropicale (Foote, 1987), e in tutte le tipologie di habitat, dagli ambienti più freddi (e.g. il genere *Diamesa*) agli ambienti caldi ed umidi (e.g. *Riethia manauara*). Essi sono presenti, allo stadio di larva, in tutti gli ambienti di acqua dolce, compresi quelli molto inquinati. Molte specie possiedono una buona capacità di dispersione e una vasta nicchia ecologica e per questo non sono buoni indicatori di condizioni ambientali (Ferrarese & Rossaro, 1981; Rossaro et al., 1982; Rossaro & Lencioni, 2015). Il fatto che una specie sia presente in un determinato habitat indica che le condizioni ambientali dell'habitat rientrano nei propri limiti di tolleranza, condizioni di cui quella specie diventa a sua volta indicatrice (Johnson et al. 1993).

A livello alpino studi inerenti l'ecologia e la sistematica dei chironomidi sono iniziati negli anni 70 e intensificati negli anni 90 in quanto buoni indicatori della qualità dell'ambiente fluviale e lacustre (Lencioni, Marziali & Rossaro, 2007). La presenza di questi insetti nell'ambiente alpino è legata a diversi fattori quali caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua, altitudine, area del ghiacciaio da cui si origina il corso d'acqua, distanza dalla bocca del ghiacciaio e intensità di corrente del corso d'acqua, comunque influenzata dalla distanza del ghiacciaio e da caratteristiche geomorfologiche locali (Ferrarese & Rossaro, 1981; Rossaro et al., 1982; Rossaro & Lencioni, 2015). L'ecologia della specie viene quindi influenzata da diversi fattori ambientali e le variazioni di questi nel tempo, comportano una modifica delle popolazioni e delle cenosi nei corpi d'acqua. I chironomidi presentano una grande ricchezza di specie stenoece e stenotope (Wiederholm, 1980; Lindegaard, 1995), mostrano cioè una particolare esigenza in uno più fattori ambientali, con basso margine di tolleranza e possono trovarsi talvolta ad avere una ripartizione geografica limitata. Piccole variazioni ambientali possono infatti portare ad una riduzione considerevole della popolazione. In risposta a queste variazioni, le popolazioni tendono a spostarsi verso altri habitat, se questo non si rivela possibile e le variazioni ambientali persistono nel tempo la specie è destinata all'estinzione.

Il ciclo di sviluppo è influenzato in particolar modo dalle temperature stagionali dell'habitat di vita. Con temperature basse e inverni freddi le larve si sviluppano più lentamente rispetto a quelle che vivono in habitat con temperature dell'acqua più miti. In

aree dell'arco alpino caratterizzate da condizioni climatiche rigide (basse temperature), lo sviluppo è molto lungo e può durare anche uno o due anni. I chironomidi, si sviluppano in particolar modo nei periodi primaverili e autunnali, quando le correnti dei corsi d'acqua alpini hanno minor portata. Ciò permette agli individui di crescere, poiché uno dei fattori che ne ostacola lo sviluppo, è proprio l'intensità e la forza della corrente. Nei periodi estivi, la maggior portata, causata dal forte scioglimento delle nevi, impedisce alle larve di raggiungere il fondo e quindi completare lo sviluppo. Per chiarire e inquadrare meglio l'habitat dei corsi d'acqua alpini è necessario fare una precisazione. Al di sopra della linea degli alberi, vengono tipicamente distinte tre tipologie fluviali in base all'origine (Ward, 1994):

1. corsi d'acqua criali (kryal), formati da acque di origine glaciale, con un ciclo prevedibile;
2. corsi d'acqua ritrali (rhithral), alimentati principalmente da pioggia e scioglimento di neve con un ciclo quindi difficile da prevedere a causa della variabilità delle precipitazioni locali (Boscaini, 2004);
3. corsi d'acqua crenali (krenal), alimentati da acque di falda, presentano un ciclo stabile.

I torrenti glaciali (kryal), nel periodo estivo, sono caratterizzati da temperature estremamente basse, considerevoli variazioni giornaliere di portata, elevata instabilità dell'alveo ed elevato trasporto solido inorganico. Quest'ultimo comporta una forte torbidità e fenomeni di abrasione (Milner & Petts 1994). Il fenomeno di instabilità è strettamente correlato alla maggior difficoltà di sviluppo da parte degli individui nel periodo estivo. In altri periodi dell'anno, quando lo scioglimento del ghiaccio è ridotto o assente, tali parametri si assestano su valori meno "estremi" e confrontabili con quelli che normalmente si registrano nei tratti ritrali e crenali anche nel periodo estivo (Tockner et al., 1997; Milner et al., 2001). Questa descrizione dei corsi d'acqua kryal, fa comprendere ancor meglio il perché della scelta dei periodi di campionamento autunnali e primaverili, dove le condizioni di sviluppo date da una maggior stabilità dell'alveo permettono al singolo individuo di proliferare.

Queste tre tipologie di ambiente vanno a caratterizzare la presenza a Chironomidi, a livello di genere e di specie. Infatti la cenosi a chironomidi di acque lotiche, varia notevolmente partendo dalla sorgente alla foce, questo a causa di risposte biologiche delle

specie ai fattori ambientali. La variazione della cenosi a Chironomidi lungo il corso d'acqua porta alla formazione di zone caratteristiche di alcuni taxa rispetto ad altri. Per esempio sottofamiglie caratteristiche degli ambienti kryal o glaciali, sono rappresentate dalle Diamesinae e alcune Orthoclaadiinae. Le specie più caratteristiche di ambienti torrentizi glaciali sono *D. latitarsis* e *D. zernyi*. Le sottofamiglie invece solitamente più presenti in ambienti di tipo krenal sono Diamesinae, Orthoclaadiinae e Podonominae (Lencioni, Marziali, & Rossaro, 2007).

### 2.3.3 I Chironomidi come bioindicatori

Le comunità dei chironomidi, come già citato in precedenza, essendo ricche di specie stenotecie e stenotopie (Wiederholm, 1980; Lindegaard, 1995) sono caratterizzate da avere ampi livelli di sensibilità alle condizioni ambientali più variegata, alle modifiche di queste e possono quindi essere buoni indicatori per quel che riguarda i livelli di inquinamento, sia antropici che naturali, dei corsi d'acqua.

Attraverso lo studio dell'ecologia di questi animali, si sono sviluppati vari indici di qualità ambientale che, associati ad analisi chimico-fisiche delle acque, forniscono informazioni sullo stato di salute dei corsi d'acqua. Grazie a questo controllo incrociato, tra presenza di determinati taxa e caratteristiche ambientali, si sono costruite delle tabelle che indicano le caratteristiche dell'ambiente in cui ci troviamo in base alla presenza o meno di differenti macroinvertebrati. Questo permette, andando a osservare la cenosi presente in un determinato ambiente, di capire le caratteristiche qualitative generali di questo, ancor prima di aver effettuato analisi chimico-fisiche dell'acqua. Tra i vari indici sviluppati, quello che riguarda i corsi d'acqua è l'Indice Biotico Esteso (IBE) (APAT & IRSA-CNR, 2003).

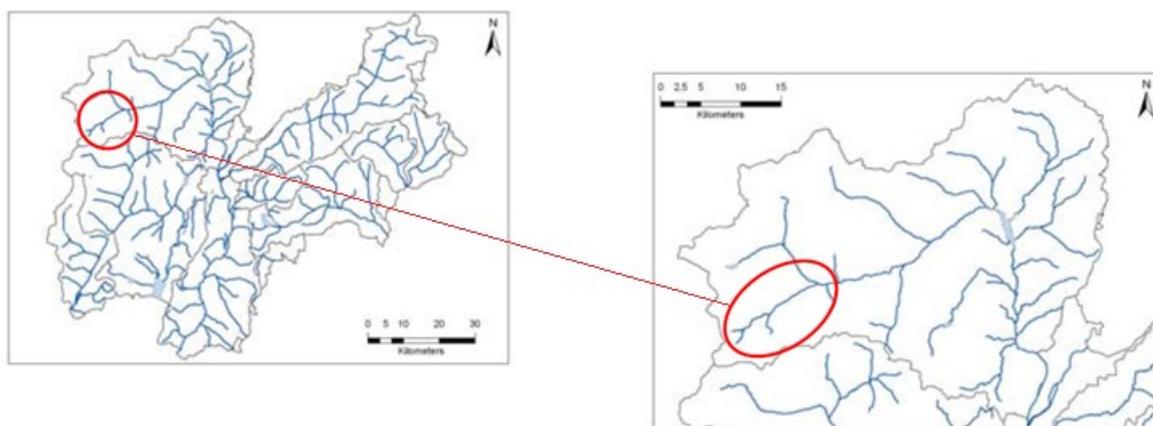
L'indice IBE è utilizzato per valutare le condizioni generali dell'ambiente osservato, in base alla presenza di determinati gruppi tassonomici di macroinvertebrati bentonici. Essendo i macroinvertebrati bentonici molto sensibili alle mutazioni, la loro comparsa o scomparsa da un sito può determinare infatti una variazione delle condizioni, che può essere causata da vari fattori, di inquinamento ambientale o antropico; i chironomidi vengono citati nell' IBE solo a livello di famiglia (Ditteri), nella classe di ambiente molto

alterato o fortemente degradato, questo per motivi di facilità di applicazione, poiché l'identificazione a livello specifico richiederebbe molto più impegno. In realtà questo sistema è superficiale rispetto alle reali informazioni ecologiche ed ambientali che si potrebbero ottenere, andando a analizzare la tassonomia più in profondità, ovvero a livello di genere e specie. Altri indici biotici più accurati sono oggi utilizzati per la classificazione a livello specifico come il Benthic Quality Index (IBQ) (Wiederholm 1980). I Chironomidi, infatti sono degli ottimi bioindicatori in quanto presentano una distribuzione cosmopolita e sono presenti, allo stadio di larva in tutti gli ambienti di acqua dolce, sia in aree glaciali con alta qualità ambientale, che in aree molto inquinate. La valenza ecologica varia da ampia a ristretta in base alla specie osservata. I chironomidi svolgono cicli vitali relativamente lunghi e per questo riescono a ben rappresentare eventi di disturbo che possono aver influenzato il corso d'acqua nel lasso di tempo dello sviluppo degli organismi. Essi sono in grado inoltre, grazie alle loro peculiarità, di segnalare anche le più piccole variazioni ambientali. Il problema che si riscontra nel loro utilizzo, per quel che riguarda il biomonitoraggio, è la classificazione morfologica difficoltosa e la carenza di informazioni sull'ecologia di tutte le specie appartenenti a questo gruppo. Nel metodo IBE essendo caratterizzati a livello macro di famiglia, vanno ad indicare un ambiente inquinato. Questo risulta essere limitativo in quanto presenti specie indicatrici di alta qualità ambientale (Lencioni, Marziali, & Rossaro, 2007). infatti, a livello di specie, troviamo una variabilità di adattamento ambientale molto ampia.

### 3 MATERIALI E METODI

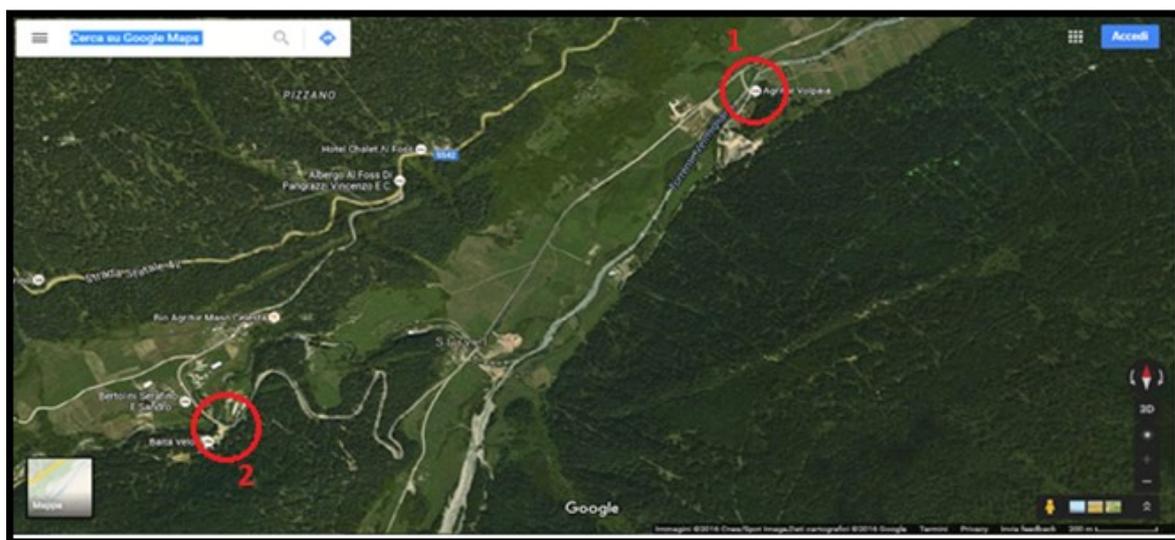
#### 3.1 Scelta dei siti di campionamento e inquadramento geografico

Le campagne di raccolta sono state svolte nel periodo primaverile-estivo del 2014 e nei mesi di gennaio e febbraio del 2015 in due siti di campionamento differenti in alta Val di Sole (TN), nel comune di Vermiglio. L'area osservata si trova alla fine della Val di Sole, una delle valli più a ovest del trentino (Figura 13). Più precisamente il campionamento è avvenuto nei torrenti Presena e Vermigliana, rispettivamente presso le località Volpaia e Baita Velon (Figura 14). Il torrente Presena si origina dal ghiacciaio Presena, in località Stavel affluisce nel torrente Vermigliana che continua il suo percorso fino al paese di Ossana (TN), dove si unisce al fiume Noce. Il torrente Vermigliana invece si origina dal ghiacciaio della Presanella. I siti osservati si trovano rispettivamente ad una quota di 1377 m.s.l.m (Baita Velon) e 1250 m.s.l.m (Volpaia).



**Figura 13.** Inquadramento geografico regionale con un ingrandimento sui bacini idrografici considerati ([http://www.appa.provincia.tn.it/binary/pat\\_appa/pubblicazioni/Vermigliana\\_relazione\\_mappe.1360669216.pdf](http://www.appa.provincia.tn.it/binary/pat_appa/pubblicazioni/Vermigliana_relazione_mappe.1360669216.pdf))

Lo stato del territorio circostante ai torrenti fino alle località di campionamento è privo di presenza antropica, l'ambiente circostante è prevalentemente costituito da bosco di conifere che si estende fino alla linea degli alberi, circa intorno ai 2000 m.s.l.m. Il torrente Vermigliana a differenza del torrente Presena è fortemente antropizzato con tratti di fondale naturale e altri con evidente presenza di cementificazione. Presenta inoltre sia prima che dopo l'abitato di Vermiglio, briglie selettive e di ritenzione.



**Figura 14.** Vista dall'alto dei due siti di campionamento, segnati in rosso (google maps): sito 1= località Volpaia; sito 2= località Baita Velon

### 3.2 Campionamento degli esemplari

Il campionamento degli esemplari è stato condotto adottando diverse tecniche di raccolta: mediante l'uso di retini da drift e della rete di Surber, quest'ultimo denominato anche retino immanicato. Il diametro dell'apertura del retino da drift era di 30 cm, e la grandezza delle maglie di 250  $\mu\text{m}$  (Maiolini & Lencioni, 2001), mentre la bocca quadrata del retino di Surber era di 0,25 m<sup>2</sup>. I retini immanicati, che permettono la raccolta di un elevato numero di campioni, sono stati trascinati sul fondale (Figura 16). Questa scelta è dettata dal fatto che i macroinvertebrati bentonici svolgono la prima parte del loro ciclo vitale ancorati sul fondo dei torrenti. I retini da drift invece, sono stati posizionati parzialmente in acqua in punti del torrente con buona corrente e trasversalmente al corso

d'acqua; in questo modo si sfrutta la naturale capacità di trasporto dell'acqua per raccogliere un numero utile di campioni. I retini da drift sono stati lasciati all'interno del corso d'acqua per un tempo prestabilito di circa due ore. Una volta estratto il retino da drift, il suo contenuto è stato rovesciato all'interno di un recipiente e ripulito dai detriti più grossolani (Figura 15). Successivamente è stata effettuata una prima ricerca di larve, pupe ed esuvie, le quali sono state poste in provette in etanolo assoluto e conservate ad una temperatura di -20°C, in modo da preservarne il DNA per le successive analisi molecolari. Il contenuto del retino, rimanente dalla prima cernita dei campioni, è stato svuotato all'interno di barattoli con capienza di 500 ml, nel quale sono stati aggiunti 200 ml di formaldeide al 4 % (Figura 17). Questa operazione, permette di conservare la struttura degli insetti in vista di una successiva identificazione tassonomica. Ogni campione viene corredato da un'etichetta contenente i metadati delle località di raccolta (toponimo, latitudine, longitudine, altitudine, data e temperatura dell'acqua). Durante la finestra temporale in cui il retino da drift è immerso in acqua, si eseguono altre operazioni di cattura attraverso l'uso di retino Surber e si procede allo stoccaggio dei campioni come descritto in precedenza. La raccolta inoltre, comprende anche il recupero di insetti adulti presenti sul pelo d'acqua. Durante il campionamento, è stata effettuata la misurazione e la registrazione della temperatura dell'acqua, l'ora di campionamento e le condizioni meteo della giornata.



*Figura 15. Fase di svuotamento e pulizia del retino dal materiale raccolto in vaschetta poco profonda.*



*Figura 16. Fase di setacciamento del corso d'acqua con retino immanicato.*



*Figura 17. Fase di smistamento e conservazione in barattoli con formaldeide al 4%*

### 3.3 Preparazione dei campioni e loro identificazione morfologica

I campioni conservati in formaldeide al 4% vengono posti in una vaschetta di plastica poco profonda. In questa fase, mediante l'utilizzo di pinzette apposite, avviene un ulteriore smistamento e pulizia dei campioni ed una selezione più approfondita dei taxa ricercati. Dopodiché, questi vengono osservati mediante lente di ingrandimento e di stereomicroscopio Leica MS5, con ingrandimenti da 4x a 40x. Questa prima identificazione è solitamente utilizzata per la comprensione del genere di appartenenza e talvolta anche delle specie e si è svolta mediante l'osservazione di caratteri morfologici quali, forma e colore del capo, setole anali e pseudopodi. Le specie di più complessa classificazione, vengono analizzate successivamente mediante preparazione su vetrini. I preparati microscopici presentano differenti fasi di preparazione in base allo stadio di

sviluppo del campione osservato. Le larve mature, anche se hanno spessori di pochi micron, non consentono alla luce del microscopio di attraversarle, rendendo difficile l'osservazione da parte dell'operatore; per questo subiscono un processo di diafanizzazione, ovvero vengono rese trasparenti in modo da essere più morbide e osservabili. Il processo di diafanizzazione consiste nel mettere le larve in soda caustica (KOH) al 10%; questo può essere fatto a freddo, per alcune ore, oppure a caldo in stufa a 50-60 °C. La fase successiva comporta il fissaggio del campione su vetrino mediante balsamo, che viene osservato mediante microscopio ottico con un ingrandimento fino a 1000 x. L'identificazione a livello di specie, effettuata mediante l'allestimento di preparati microscopici, viene svolta seguendo un sistema di osservazione di caratteri diagnostici. Le chiavi dicotomiche (Ferrarese & Rossaro, 1981; Rossaro, 1982; Andersen et al., 2013; Rossaro & Lencioni, 2015) utilizzate, sono diverse in base allo stadio post-embriale dell'insetto osservato. La classificazione morfologica è stata eseguita su larve, pupe e adulti. Le chiavi dicotomiche sono caratteristiche prestabilite che portano ad effettuare una scelta per esclusione in maniera da inserire il campione osservato all'interno di diversi livelli tassonomici, con l'obiettivo di arrivare alla determinazione della specie. I caratteri diagnostici osservati a livello larvale sono la forma il colore e le misure in micron di mentum, mandibole, setole, antenne e pseudopodi. Per la tassonomia è stato consultato il sito della fauna europea (<http://www.faunaeur.org/index.php>).

### 3.4 Confronto dei dati raccolti con il record storico

I dati faunistici raccolti nel 2014/2015 sono stati confrontati con quelli in precedenza raccolti dal professor Rossaro, nelle stesse località di campionamento, in un periodo di circa 30 anni dal 1978 al 2007. In questi anni le indagini faunistiche si sono svolte durante tre campagne di raccolta rispettivamente nel 1978-1981, 1990-1995 e nel 2007. In questo set di dati, oltre alle specie censite sono contenuti metadati utili per le successive analisi di tipo multivariato, quali la data di campionamento, le coordinate geografiche del sito di campionamento e il ghiacciaio presente a monte, alcuni parametri chimico-fisici dell'acqua come la conducibilità, l'ossigeno disciolto, il pH e la temperatura.

### 3.5 Analisi multivariata e fattori ambientali considerati

Al fine di valutare i fattori ambientali che influiscono sulla composizione delle cenosi a ditteri chironomidi dell'arco alpino, è stata condotta un'analisi multivariata dei dati faunistici a disposizione mediante Analisi Canonica delle Corrispondenze (CCA). Quest'analisi di tipo multivariato permette di valutare l'impatto di una serie di variabili ambientali sui dati faunistici di comunità (i.e., presenza-assenza di specie in diverse località di raccolta). Il metodo permette quindi di estrarre gradienti ambientali di sintesi da set di dati faunistici. L'analisi è stata condotta mediante il pacchetto *vegan* del software R. Il set di dati faunistici su cui è stata condotta l'analisi CCA è costituito dalle raccolte svolte dal 1977 fino al 2015 in diverse località delle Alpi meridionali, dal ghiacciaio Estelette e Lex Blanche a Ovest fino al Careser e Martell a Est, con l'aggiunta del ghiacciaio del Calderone sul Gran Sasso. I fattori ambientali considerati nell'analisi CCA sono: latitudine, longitudine, altitudine, distanza dalla bocca del ghiacciaio, area del ghiacciaio e Glacial Index (GI). Il GI è stato espresso dalla seguente formula (Jacobsen & Dangles, 2012):

$$GI = \frac{\sqrt{Area}}{dist + \sqrt{Area}}$$

Il fattore GI è stato incluso nell'analisi per enfatizzare l'interazione tra l'area del ghiacciaio, la quale influisce sul contributo di acque da scioglimento e la distanza dalla bocca del ghiacciaio, la quale influenza la temperatura dell'acqua, la sua chimica e la stabilità del letto del fiume (Jacobsen & Dangles, 2012).

## 4 RISULTATI E DISCUSSIONE

### 4.1 Le comunità a chironomidi dei torrenti Presena e Vermigliana

Durante le 13 uscite di campionamento (tabella 2) sono stati censiti 423 esemplari, 208 nel sito di Volpaia e 215 nel sito di Baita Velon (tabella 3). Questi esemplari sono stati identificati a livello specifico e attribuiti a 29 specie, di cui 11 presenti in entrambi i siti di campionamento mentre 13 e 5 sono risultate uniche dei siti di Volpaia e Baita Velon, rispettivamente. Le specie individuate appartenevano a 16 generi diversi. La sottofamiglia più numerosa è risultata quella delle Orthoclaadiinae con 255 campioni, seguita dalla sottofamiglia delle Diamesinae con 129 campioni. I quattro generi più abbondanti raccolti sono stati, *Orthocladus* (135 exx), *Diamesa* (115 exx), *Paratrichocladus* (51 exx) e *Eukiefferiella* (40 exx) (Tabella 3). *D. zernyi*, *E. minor*, *O. frigidus* sono risultate le specie maggiormente presenti nel torrente Vermigliana in località Volpaia; *D. tonsa*, *D. zernyi*, *O. frigidus*, *P. skirwithensis* invece, sono le specie maggiormente presenti nel torrente Presena in località Baita Velon (Tabella 3).

**Tabella 1.** caratteristiche chimico fisiche dell'acqua e condizioni metereologiche dei campionamenti: NA= non disponibile.

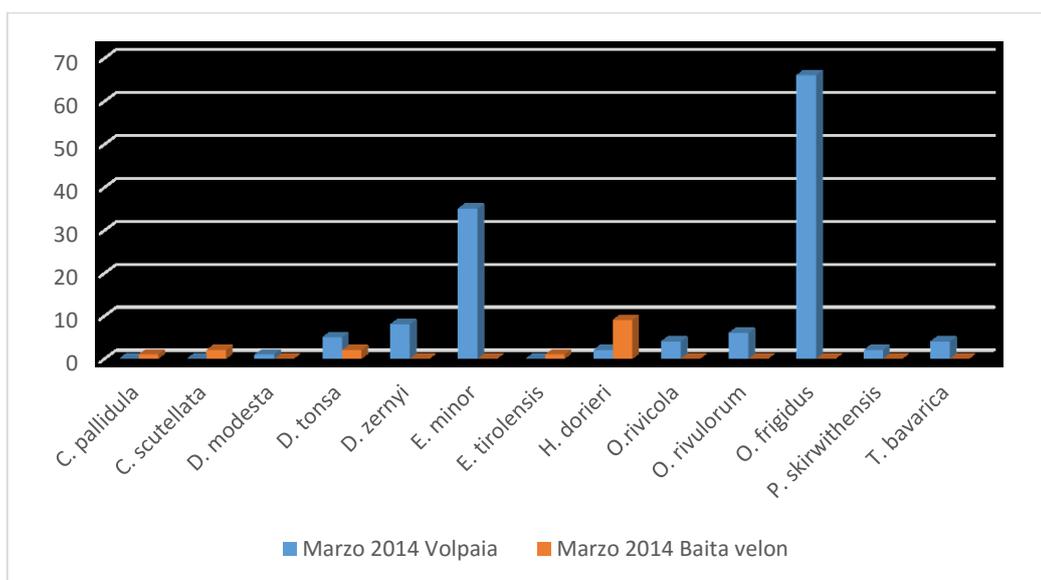
data	collecting site	water temperature (°C)	pH	conducibilità (µS/cm)	time	weather
21/03/2014	Baita_Velon	8,67	NA	NA	12:00	soleggiato
	<b>Volpaia</b>	<b>9,28</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>12:15</b>	<b>soleggiato</b>
28/03/2014	Baita_Velon	10,44	7,5	138	13:00	soleggiato
	<b>Volpaia</b>	<b>10,78</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>13:20</b>	<b>soleggiato</b>
04/04/2014	Baita_Velon	10,61	7,2	127	11:00	nuvoloso
	<b>Volpaia</b>	<b>11,55</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>11:30</b>	<b>nuvoloso</b>
12/04/2014	Baita_Velon	6,8	7,73	107	10:00	nuvoloso a tratti soleggiato
	<b>Volpaia</b>	<b>7,9</b>	<b>7,77</b>	<b>110</b>	<b>09:45</b>	<b>nuvoloso a tratti soleggiato</b>
03/05/2014	Baita_Velon	7,1	7,75	103	09:00	nuvoloso
	<b>Volpaia</b>	<b>8,5</b>	<b>7,75</b>	<b>96</b>	<b>09:30</b>	<b>nuvoloso</b>
09/05/2014	Baita_Velon	6	NA	NA	12:00	soleggiato
	<b>Volpaia</b>	<b>8,3</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>11:40</b>	<b>soleggiato</b>
18/08/2014	Baita_Velon	9,4	NA	NA	10:35	nuvoloso
	<b>Volpaia</b>	<b>10,5</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>10:10</b>	<b>nuvoloso</b>
22/08/2014	Baita_Velon	NA	7	NA	14:00	nubi sparse
	<b>Volpaia</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>14:20</b>	<b>nubi sparse</b>
26/08/2014	Baita_Velon	9,3	NA	NA	11:15	nuvoloso con deboli precipitazioni
	<b>Volpaia</b>	<b>9,8</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>11:30</b>	<b>nuvoloso con deboli precipitazioni</b>
23/01/2015	Baita_Velon	3	NA	NA	09:00	nuvoloso
	<b>Volpaia</b>	<b>4</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>09:30</b>	<b>nuvoloso</b>
24/01/2015	Baita_Velon	NA	7,5	NA	10:00	sereno
	<b>Volpaia</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>10:20</b>	<b>sereno</b>
31/01/2015	Baita_Velon	1,1	7,45	NA	09:30	nuvoloso
	<b>Volpaia</b>	<b>2</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>09:50</b>	<b>nuvoloso</b>
14/02/2015	Baita_Velon	NA	NA	NA	13:00	NA

**Tabella 2.** Analisi dei taxa individuati; presenza nel sito di Volpaia (\*) e Baita Velon (°); abbondanza per specie.

Sottofamiglie	Genere	Specie	Presenza nei siti	N° campioni
<b>Orthocladiinae (255)</b>				
	<i>Cricotopus</i> (9)	<i>C. fuscus</i>	* / °	9
	<i>Corynoneura</i> (2)	<i>C. scutellata</i>	°	2
	<i>Eukiefferiella</i> (40)	<i>E. clypeata</i>	*	2
		<i>E. minor</i>	*	35
		<i>E. tirolensis</i>	* / °	3
	<i>Heleniella</i> (5)	<i>H. drieri</i>	* / °	11
	<i>Orthocladus</i> (135)	<i>O. rivicola</i>	*	8
		<i>O. rivulorum</i>	*	6
		<i>O. saxosus</i>	*	1
		<i>O. frigidus</i>	* / °	120
	<i>Paratrichocladus</i> (51)	<i>P. skirwithensis</i>	* / °	51
	<i>Rheocricotopus</i> (1)	<i>R. fuscipes</i>	*	1
	<i>Smittia</i> (1)	<i>S. alpilonga</i>	*	1
	<i>Stilocladus</i> (2)	<i>S. montanus</i>	* / °	2
	<i>Tvetenia</i> (9)	<i>T. bavarica</i>	* / °	8
		<i>T. calvescens</i>	*	1
<b>Diamesinae (129)</b>				
	<i>Pseudodiamesa</i> (13)	<i>P. branickii</i>	* / °	13
	<i>Diamesa</i> (115)	<i>D. dampfi</i>	°	4
		<i>D. modesta</i>	*	4
		<i>D. tonsa</i>	* / °	36
		<i>D. vaillanti</i>	°	1
		<i>D. zernyi</i>	* / °	69
		<i>Diamesa sp</i>	°	1
	<i>Boreoheptagyia</i> (1)	<i>B. legeri</i>	*	1
<b>Chironominae (1)</b>				
	<i>Micropsectra</i> (1)	<i>M. radialis</i>	*	1
<b>Tanypodinae (1)</b>				
	<i>Conchapelopia</i> (1)	<i>C. pallidula</i>	°	1
<b>Molineidae (1)</b>				
	<i>Molinostrongylus</i> (1)	<i>Tipula</i>	*	1

Analizzando le figure si può notare come la cenosi e l'abbondanza delle specie si modifichino, in entrambi i siti di campionamento, in funzione del periodo di raccolta. In base alla stagione (primaverile, estiva e invernale), infatti, è evidenziabile una variazione

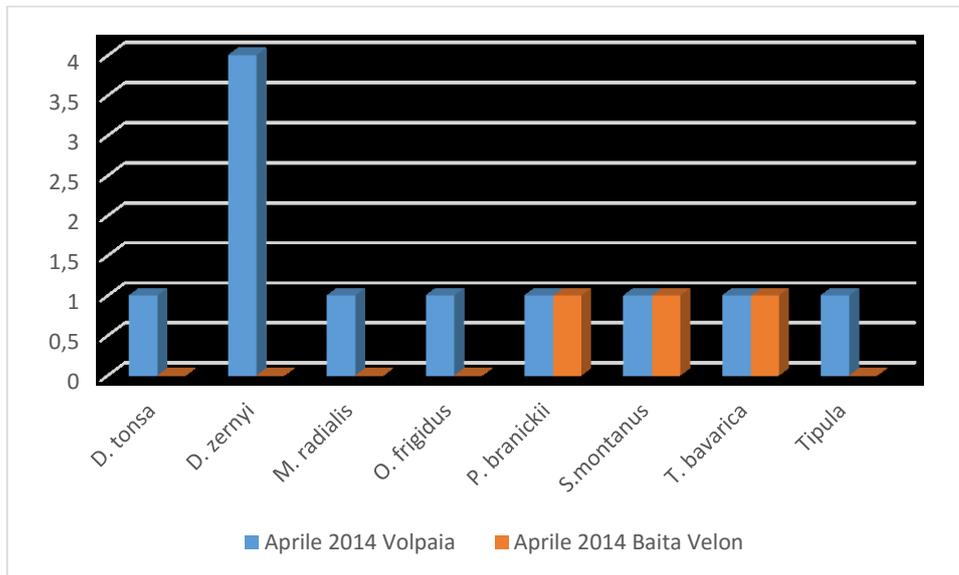
di entrambi i fattori sopra citati. La figura 18 riporta le specie campionate nel mese di marzo 2014, in questo periodo sono state effettuate due uscite di raccolta, ma nonostante ciò, si sono censiti un buon numero di esemplari (148) appartenenti a 14 specie differenti. Di queste specie quelle più abbondanti sono state *O. frigidus* (66) e *E. minor* (35), entrambe censite nel sito di Volpaia e non individuate invece nel sito in località Baita Velon. Le specie individuate in entrambi i siti campionati sono state *D. tonsa* e *H. dorieri*.



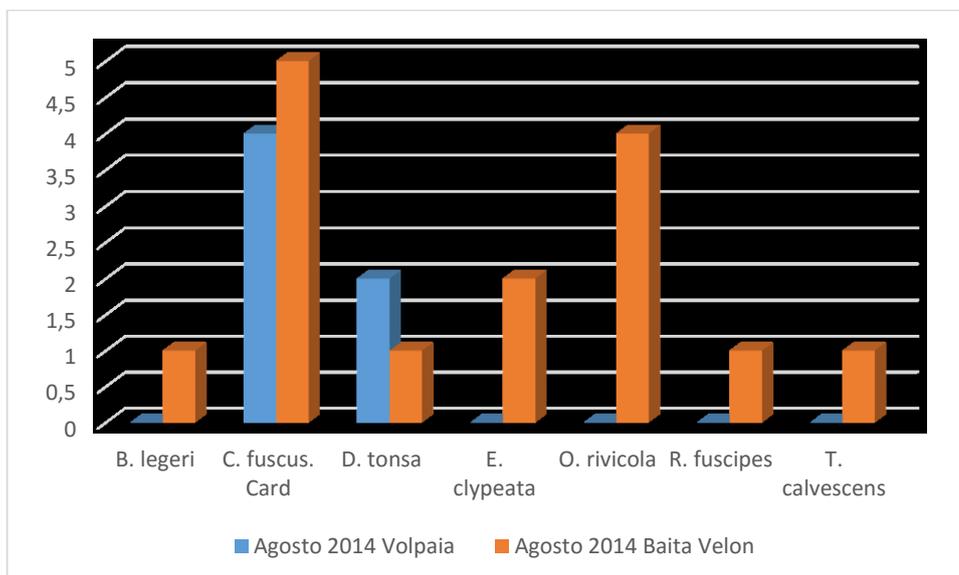
**Figura 18.** Abbondanza specie raccolte nel mese di marzo 2014; sulle ordinate del grafico si trova la descrizione delle specie raccolte, mentre sulle ascisse si nota l'abbondanza

Nella figura 19, viene rappresentato il numero di esemplari censiti nel mese di aprile 2014 (svolte due uscite di raccolta). In totale sono stati raccolti 14 esemplari, appartenenti ad otto specie differenti, di cui solo tre sono risultate essere presenti in entrambi i siti campionati, ovvero *P. branickii*, *S. montanus*, *T. bavarica*. *D. tonsa*, *D. zernyi*, *M. radialis*, *O. frigidus* e *Tipula* sp. sono risultate specie unicamente censite nel sito di Volpaia. Nella figura 20 invece vengono rappresentate le cenosi della popolazione raccolta nel mese di agosto 2014 (tre uscite). In totale sono stati raccolti 21 esemplari, appartenenti a sette differenti specie, delle quali cinque appartenenti solo al sito in località Baita Velon, ovvero *B. legeri*, *E. clypeata*, *O. rivicola*, *R. fuscipes* e *T. calvescens*. Nonostante il basso numero di esemplari campionati ad agosto, la specie più campionata in entrambi i siti è stata *C. fuscus* (9 esemplari) (Figura 21). Nel periodo di campionamento di febbraio 2015 (svolte due uscite di raccolta) sono stati censiti 35

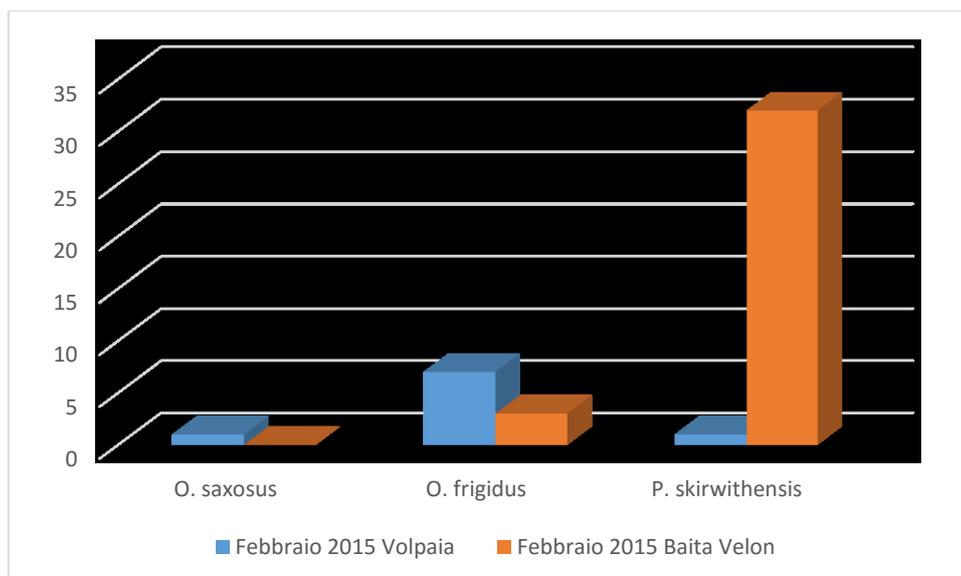
esemplari appartenenti a tre diverse specie, ovvero *O. saxosus*, *O. frigidus* e *P. skirwithensis* (Figura 22); il taxon più abbondante è risultato *P. skirwithensis* (32 esemplari), raccolto in località Baita Velon.



**Figura 19.** *Abbondanza specie raccolte nel mese di aprile 2014; sulle ordinate del grafico si trova la descrizione delle specie raccolte, mentre sulle ascisse si nota l'abbondanza*



**Figura 20.** *Abbondanza specie raccolte nel mese di agosto 2014; sulle ordinate del grafico si trova la descrizione delle specie raccolte, mentre sulle ascisse si nota l'abbondanza*

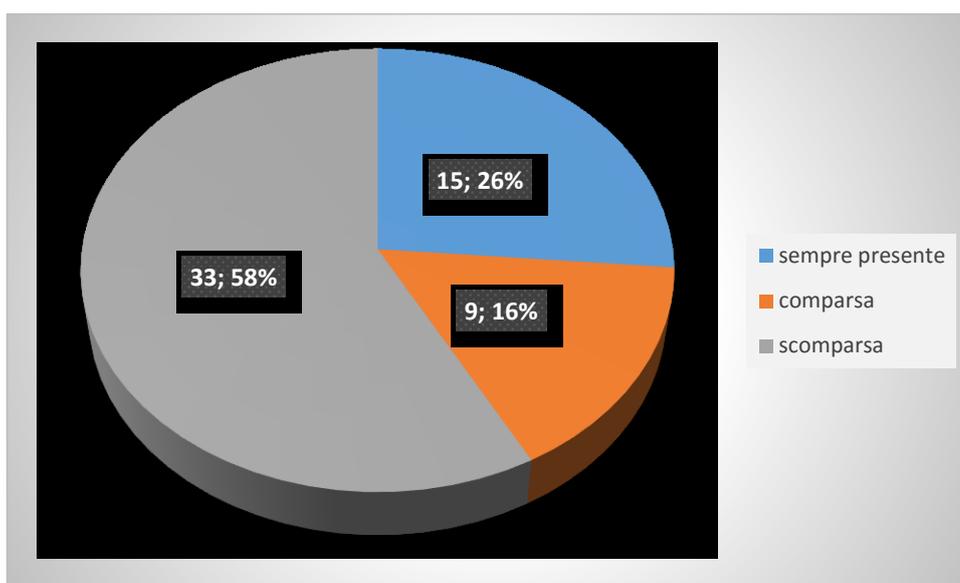


**Figura 21.** *Abbondanza specie raccolte nel mese di febbraio 2015; sulle ordinate del grafico si trova la descrizione delle specie raccolte, mentre sulle ascisse si nota l'abbondanza*

Confrontando i grafici riportati in precedenza, si può osservare che, il numero di specie e di esemplari censiti sono particolarmente elevati nel periodo primaverile (148 esemplari, 14 specie) rispetto ai periodi di raccolta estivi e invernali (sette e tre). Nel periodo estivo, le specie individuate sono poche e poco abbondanti in numero di esemplari, mentre nel periodo invernale la cenosi è molto ristretta, ma con un buon numero di individui per specie. Andando ad osservare la cenosi delle specie raccolte nei quattro periodi, possiamo notare che le specie più abbondanti nel periodo primaverile sono state *O. frigidus* (66 exx) e *E. minor* (35 exx), nel periodo estivo *C. fuscus* (9 exx) e *O. rivicola* (4 exx) e nel periodo invernale invece *P. skirwithensis* (33 exx). Le specie rilevate essere unicamente presenti nel sito in località Volpaia sono: *O. saxosus*, *M. radialis*, *O. frigidus*, *P. branickii*, *S. montanus*, *T. bavarica*, *Tipula*, *O. rivulorum*, *O. frigidus*, *P. skirwithensis*, *T. bavarica*, quelle invece risultare essere uniche nel sito in località Baita Velon sono: *B. legeri*, *C. fuscus*, *E. clypeata*, *R. fuscipes*, *T. calvescens*, *C. pallidula*, *C. scutellata*, *E. tirolensis*.

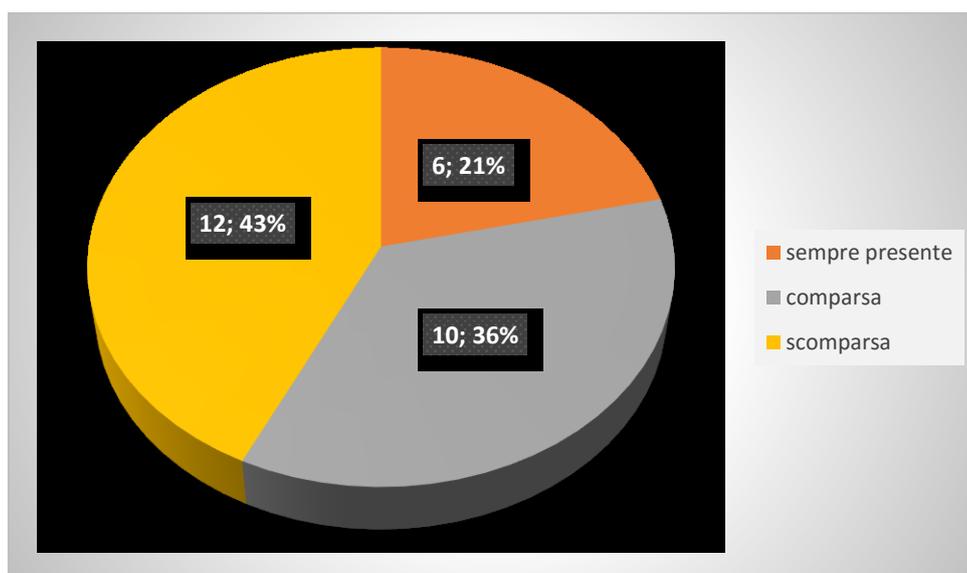
## 4.2 Confronto delle comunità censite nel 2014-2015 con il record storico

I dati campionati a disposizione provengono da raccolte avvenute in 4 periodi distinti, in un lasso temporale di quasi 40 anni, cioè tra il 1978 e il 1981, tra il 1990 e il 1995, il 2007 ed infine quelli campionati più recentemente negli anni 2014-2015. Il confronto tra i dati più recenti, raccolti durante i campionamenti negli anni 2014-2015, con il record storico, ovvero con gli altri 3 periodi di campionamento, mette in evidenza una variazione importante della cenosi a chironomidi dei siti censiti. Il confronto tra le specie censite nel 2014-2015 con quelle del record storico ha evidenziato i taxa sempre presenti nei diversi periodi di campionamento e quelli scomparsi/comparsi nel 2014-2015. In località Volpaia le specie individuate nei tre periodi precedenti e che oggi non sono più state censite sono 33 pari al 58%, le specie comparse negli ultimi anni sono 9 (16%) e quelle sempre presenti sono 15 (Figura 22).



**Figura 22.** Confronto delle specie censite in località Volpaia (TN), negli anni 2014-2015 con quelle censite nel record storico; i dati presenti nel grafico si riferiscono al numero di specie e alla percentuale.

In località Baita Velon invece, le specie censite nei tre precedenti periodi di campionamento e che ad oggi non sono più presenti sono 12 (pari al 43%), quelle comparse sono del 36% (10 specie), e quelle sempre presenti sono del 21% (Figura 23)



**Figura 23.** Confronto delle specie censite in località Baita Velon (TN), negli anni 2014-2015 con quelle censite nel record storico; i dati presenti nel grafico si riferiscono al numero di specie e alla percentuale.

Mediante il confronto dei dati raccolti nel 2014-2015 con quelli raccolti negli altri periodi storici, si può notare come alcune specie siano scomparse dai siti campionati e altre invece siano state censite per la prima volta. Le specie scomparse, in particolar modo dal sito di Volpaia sono state quelle appartenenti al genere *Diamesa*, tipiche torrenti glaciali (tipo di habitat), dove la temperatura dell'acqua d'estate non supera i 3-4°, alcuni esempi di queste sono *D. bertrami*, *D. latitarsis*, *D. steinboeckii* (tabella 3). Quelle che hanno dimostrato invece di avere una fascia ecologica più elevata, poiché rilevate sempre in tutte le raccolte storiche, sono *D. tonsa* e *D. zernyi*.

Le specie rinvenute per la prima volta invece sono appartenenti in particolar modo alla sottofamiglia delle Orthoclaadiinae che è solitamente una delle più abbondanti in termini di numero di individui e diversità di specie, man mano che si scende verso valle (Lencioni, Marziali & Rossaro, 2007). Queste specie sono *C. fuscus*, *C. scutellata*, *E. clypeata*, *E. tirolensis*, *H. dorieri*, *R. fuscipes*, *S. montanus* e *T. bavarica* (tabella 3).

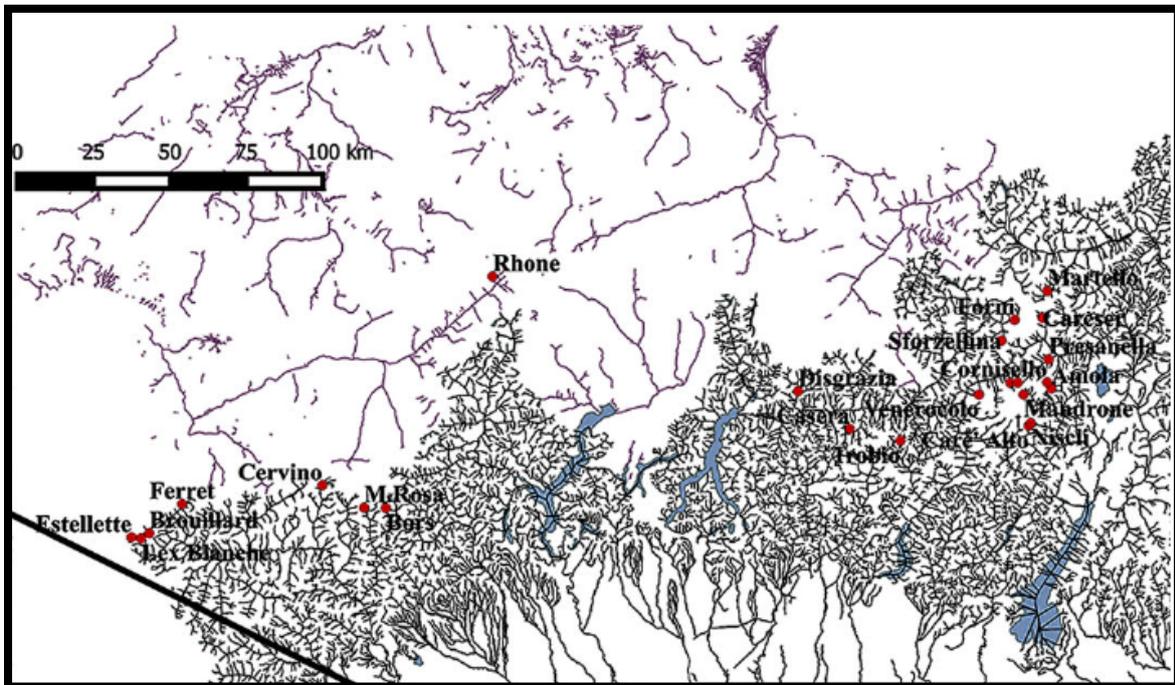
Tabella 3. Situazione delle specie presenti nei due siti campionati a livello storico: MC= mai censita.

SPECIE	VOLPAIA	VELON
<i>B. bifida</i>	scomparsa	MC
<i>B. legeri</i>	sempre presente	MC
<i>C. tremulus</i>	scomparsa	MC
<i>C. trifascia</i>	scomparsa	MC
<i>C. fuscus</i>	comparsa	comparsa
<i>C. pallidula</i>	MC	comparsa
<i>C. scutellata</i>	scomparsa	comparsa
<i>D. bertrami</i>	scomparsa	scomparsa
<i>D. cinerella</i>	scomparsa	scomparsa
<i>D. dampfi</i>	scomparsa	comparsa
<i>D. goetghebueri</i>	scomparsa	MC
<i>D. latitarsis</i>	scomparsa	MC
<i>D. modesta</i>	comparsa	MC
<i>D. starmachi</i>	scomparsa	MC
<i>D. steinboeckii</i>	scomparsa	scomparsa
<i>D. tonsa</i>	sempre presente	sempre presente
<i>D. vaillanti</i>	scomparsa	comparsa
<i>D. wuelkeri</i>	scomparsa	scomparsa
<i>D. zernyi</i>	sempre presente	sempre presente
<i>Diamesa sp.</i>	MC	comparsa
<i>E. clypeata</i>	comparsa	MC
<i>E. cyanea</i>	scomparsa	MC
<i>E. fittkaui</i>	scomparsa	scomparsa
<i>E. minor</i>	sempre presente	scomparsa
<i>E. tirolensis</i>	comparsa	comparsa
<i>H. dorieri</i>	sempre presente	comparsa
<i>L. pentaplastus</i>	scomparsa	MC
<i>M. radialis</i>	sempre presente	MC
<i>O. rivicola</i>	sempre presente	scomparsa
<i>O. rivulorum</i>	sempre presente	MC
<i>O. saxosus</i>	sempre presente	MC
<i>O. frigidus</i>	sempre presente	sempre presente
<i>Orthocladius</i>	scomparsa	MC
<i>P. acutum</i>	scomparsa	MC
<i>P. albimanus</i>	scomparsa	MC
<i>P. branickii</i>	sempre presente	sempre presente
<i>P. gayi</i>	MC	scomparsa
<i>P. marginata</i>	scomparsa	MC
<i>P. nivalis</i>	MC	scomparsa
<i>P. nudipennis</i>	scomparsa	MC

<i>P. skirwithensis</i>	sempre presente	sempre presente
<i>R. effusus</i>	scomparsa	scomparsa
<i>R. fuscipes</i>	comparsa	scomparsa
<i>S. alpilonga</i>	sempre presente	MC
<i>S. montanus</i>	comparsa	comparsa
<i>S. stercoraria</i>	scomparsa	MC
<i>T. bavaria</i>	comparsa	sempre presente
<i>T. calvescens</i>	sempre presente	scomparsa
<i>B. rhodani</i>	scomparsa	MC
<i>Collembola</i>	scomparsa	MC
<i>Dixidae</i>	scomparsa	MC
<i>E. helveticus</i>	scomparsa	MC
<i>L. fusca</i>	scomparsa	MC
<i>Leuctra</i>	scomparsa	MC
<i>Perlodes</i>	scomparsa	MC
<i>Rhyacophila</i>	scomparsa	MC
<i>Rhyacophilidae</i>	scomparsa	MC
<i>Sericostomatidae</i>	scomparsa	MC
<i>Simuliidae</i>	sempre presente	MC
<i>Tipula</i>	comparsa	MC

### 4.3 Analisi multivariata dei dati

L'analisi canonica delle corrispondenze (CCA) svolta sul set di dati faunistici raccolto dal 1978 al 2015 e sui dati ambientali relativi ai 25 siti di campionamento (Figura 24) ha evidenziato come dei sei caratteri ambientali presi in considerazione (Figura 25), ovvero latitudine, longitudine, altitudine, area del ghiacciaio, distanza dal ghiacciaio e Indice di influenza del ghiacciaio (GI), quattro si sono dimostrati particolarmente correlati all'ecologia delle specie considerate. I quattro caratteri ambientali più significativi sono risultati essere l'altitudine, la distanza dal ghiacciaio del sito di campionamento, l'area del ghiacciaio e l'influenza del ghiacciaio (GI).



*Figura 24. Inquadramento dei 25 siti glaciali (punti in rosso) osservati, in funzione dell'analisi multivariata*

I due assi considerati nella CCA, spiegano rispettivamente il 24% e l'11% della varianza totale. Il primo asse (Figura 26) era negativamente correlato con l'indice glaciale (GI) e positivamente correlato con la distanza dalla bocca del ghiacciaio, mentre il secondo asse era positivamente correlato con l'area del ghiacciaio e negativamente correlato con altitudine, longitudine e altitudine. Riguardo alle variabili del primo asse, si può osservare come i ghiacciai della Valle d'Aosta siano raggruppati nella parte sinistra del diagramma

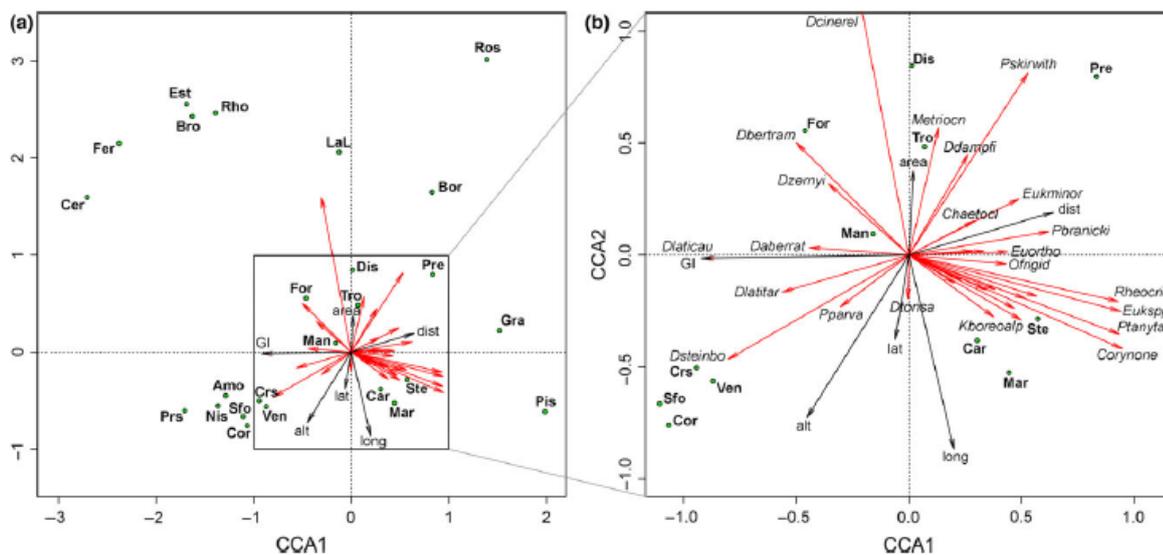
e abbiano i punteggi più bassi, essi sono caratterizzati nell'aver alti valori di GI e vicinanza alla bocca del ghiacciaio. Sulla destra del grafico e con i punteggi più alti troviamo invece i siti di raccolta dei ghiacciai del Gran Sasso e dell'Adamello, i quali sono caratterizzati nell'aver bassi valori di GI e elevata distanza dalla bocca dei ghiacciai. Il secondo asse invece considera la localizzazione geografica dei siti di campionamento, dividendo le alpi occidentali (Valle D'Aosta) nella parte superiore del diagramma e le alpi orientali (Trentino e Lombardia) nella parte inferiore e anche l'altitudine dei siti di campionamento.

Glacier	ID*	Lat <sup>†</sup>	Long <sup>†</sup>	Alt <sup>†</sup>	Area <sup>§</sup>	Dist <sup>¶</sup>	GI**	T <sub>min</sub> <sup>††</sup>	T <sub>max</sub> <sup>††</sup>	N <sup>§§</sup>	S <sup>¶¶</sup>	Period***
Amola	Amo	46°13'	10°43'	2329	0.780	0.510	0.666			5	-	2013-2014
Bors	Bor	45°52'	7°49'	1646	0.720	5.000	0.145	3.0	11.0	4	-	1979
Brouillard	Bro	45°46'	6°53'	1800	1.250	0.670	0.625	1.0	6.0	1	-	1995
Caré Alto	Car	46°04'	10°37'	2356	0.180	8.335	0.226	0.0	15.4	36	+	1996/1997/2005/2013
Careser	Crs	46°17'	10°42'	2387	1.650	0.979	0.606			5	-	2001
Cervino	Cer	45°56'	7°37'	2034	0.210	0.051	0.900	1.0	6.0	2	-	1980
Cornisello	Cor	46°09'	10°40'	2559	0.009	0.760	0.569	0.0	12.4	29	+	1997-1998/2010
Disgrazia	Dis	46°18'	9°48'	1643	2.250	2.500	0.436	1.0	17.0	6	-	1979
Estellette	Est	45°46'	6°51'	1699	0.450	0.487	0.623	0.4	7.5	21	+	1995-1998
Ferret	Fer	45°52'	7°02'	2010	3.020	0.300	0.853	1.0	9.2	1	-	1995
Forni	For	46°25'	10°33'	2077	11.340	1.230	0.732	0.1	10	7	+	1980/2001/2004/2013
Gran Sasso	Gra	42°29'	13°37'	578	0.040	3.800	0.05	6.0	6.0	5	-	1992-1993
Lex Blanche	LBI	45°46'	6°52'	1973	3.320	3.657	0.342	1.0	8.0	29	+	1995-1998
Mandrone	Man	46°29'	10°36'	2347	10.860	1.855	0.641	1.0	12.0	3	-	1978/1990
Martello	Mar	46°30'	10°42'	2284	2.070	3.000	0.324	2.0	6.0	1	-	1995
M.Rosa	Ros	45°51'	7°48'	780	8.738	6.586	0.307	0.1	11.0	5	-	1987
Niscli	Nis	46°04'	10°35'	2480	0.290	0.338	0.642	0.1	3.9	3	+	1996-1998
Pisgana	Pis	46°14'	10°32'	1800	2.490	9.300	0.145	0.1	9.0	20	-	1978
Presanella	Pre	46°17'	10°40'	1261	2.660	3.400	0.324	0.5	11.0	1	+	1978-1981/1990/1995/2007/2014
Presena	Prs	46°14'	10°34'	2500	0.400	0.220	0.742	4.5	6.0	6	-	1990
Rhone	Rho	46°34'	8°23'	1766	15.000	0.100	0.975	1.0	4.0	8	-	1999
Sforzellina	Sfo	46°18'	10°30'	2593	0.300	0.508	0.577	1.7	12.1	6	+	2001/2003/2013
Stelvio	Ste	46°32'	10°26'	2284	0.220	1.900	0.198	0.1	3.0	2	-	1977
Trobio	Tro	46°02'	9°09'	2247	0.105	1.948	0.251	0.5	7.4		-	2013
Venerocolo	Ven	46°12'	10°29'	2539	0.820	0.800	0.531	1.0	12.0		-	1978-1980

**Figura 25.** caratteri ambientali dei 25 ghiacciai osservati; ID= acronimo del ghiacciaio osservato, Lat= latitudine, Long= longitudine, Alt= altitudine del sito di campionamento in metri sul livello del mare, Area= area del ghiacciaio in km<sup>2</sup>, Dist.= Distanza dal sito di campionamento dalla bocca del ghiacciaio in km, GI= influenza del ghiacciaio (formula fornita in materiali e metodi), T<sub>min</sub> e T<sub>max</sub>= temperature minime e massime dell'acqua individuate nel periodo di studio, N= numero dei siti di campionamento, Period =anni di campionamento.

Attraverso l'inserimento nel diagramma dei taxa campionati nelle varie località, si nota la correlazione tra la specie e la tipologia di ghiacciaio osservato. L'analisi dei taxa mostra che quasi tutte le specie del genere *Diamesa* sono negativamente correlate con il primo asse, in particolare, la presenza di specie stenoterme fredde che vivono nelle zone più in alto dei corsi d'acqua glaciali, supportano l'idea che queste specie siano indicatrici dell'indice GI e della distanza dalla bocca dei ghiacciai. Osservando invece, altre specie, tipiche di ambienti rhithral, come *Eukieferiella*, o di laghi alpini, come *Paratanytarsus austriacus*, è ancora più evidente che il primo asse rappresenti un gradiente dall'ambiente

glaciale a quello non glaciale (spostandosi da sinistra verso destra nel diagramma). Le specie invece correlate con il secondo asse e quindi che risultano essere uniche rispettivamente di ambienti delle Alpi orientali o occidentali, sono state, per le Alpi occidentali (Valle d'Aosta) *Diamesa cinerella* e *Paratrichocladius skirwithensis* e per le Alpi orientali (Lombardia e Trentino) *P. austriacus*, *Zavrelimyia sp.* e *D. steinboecki*. Queste informazioni risultano essere utili, poiché contribuiscono a rinforzare le conoscenze zoogeografiche delle varie specie di Chironomidi presenti sull'arco alpino.



**Figura 26.** Diagramma canonico di ordinazione limitata. Sulle ascisse troviamo il primo asse (CCA1) e sulle ordinate il secondo asse (CCA2); I fattori ambientali sono le frecce in nero, i punti verdi rappresentano i ghiacciai e le specie sono rappresentate dalle frecce in rosso.

## 5 CONCLUSIONI

Nei risultati dei campionamenti effettuati nel biennio 2014-2015, nel quale sono stati raccolti un numero di esemplari pari a 423, i generi più rappresentati sono stati *Orthocladius*, *Diamesa*, *Paratrichocladius* e *Eukiefferiella*. L'abbondante presenza di tali generi, e le caratteristiche geomorfologiche dell'area di prelievo permettono di classificare le sezioni di torrente, oggetto delle analisi, come ambiente di tipo Krenal.

Dal confronto tra i dati attuali e quelli presenti nel dataset storico di riferimento dei medesimi siti, si può osservare come la cenosi a Chironomidi dei torrenti Vermigliana e Presena si sia modificata. Attraverso questo confronto si evidenzia che in località Volpaia il 58% delle specie censite in passato ora non è più presente. Simili risultati sono stati riscontrati in località Velon, con il 43% delle specie storiche ad oggi non più presente. Attualmente all'interno delle due popolazioni sono presenti nuovi taxa, mai censiti in passato. Tra le specie scomparse, si possono citare *D. latitarsis*, *D. Bertrami* e *D. steinboecki*, appartenenti al genere *Diamesa*, tipico di ambienti glaciali. Le specie comparse nei recenti campionamenti, appartengono in particolar modo alla sottofamiglia delle Orthoclaadiinae, riscontrata maggiormente nei tratti di torrente verso valle. Questi dati sono significativi e sono strettamente correlati con il ritiro dei ghiacciai. Lo scioglimento dei ghiacciai, causato dai cambiamenti climatici di quest'epoca, sta portando quindi a delle modifiche all'interno delle popolazioni a Chironomidi presenti nei corsi d'acqua glaciali, con la possibilità in futuro della totale scomparsa di molte specie endemiche delle Alpi meridionali.





c_an	c_bg	c_ms	staz_6	B_bifida	B_legeri	C_C_tremulus	C_C_trifascia	C_fuscus_Card	C_pallidula	C_scutellata	D_bertrami	D_cinerella	D_dampfi	D_goetighebuerti	D_laticarsis	D_modesta	D_sarmachi	D_steinboeckii	D_tonsa	D_vaillantii	D_wuelkeri	D_zemyi	Diamesa_sp	E_clypeata	E_cyanea	E_fittkauli	E_minor	E_tiroloensis	H_dorieri	H_serra_tosioi	L_pentaplastus
2014	21	3	B						1																			1			
2014	21	3	V																			5				30					
2014	21	3	B																											5	
2014	21	3	B																												
2014	21	3	V																												
2014	21	3	V																											1	
2014	28	3	B																1											2	
2014	28	3	V												1				5			3				5			1		
2014	28	3	B															1													
2014	28	3	B																											1	
2014	28	3	B																												
2014	28	3	V																												
2014	28	3	B							2																				1	
2014	4	4	B																												
2014	4	4	V																1												
2014	4	4	V																												
2014	4	4	V																												
2014	4	4	B																												
2014	4	4	V																												
2014	4	4	V																												
2014	12	4	V																				4								
2014	12	4	V																												
2014	12	4	B																												
2014	12	4	V																												
2014	3	5	B																3				1								
2014	3	5	V													3		2											1		
2014	3	5	V																												
2014	3	5	B																												
2014	3	5	V																												
2014	3	5	B																				1								
2014	3	5	V																				3								
2014	9	5	B															20				50						1			
2014	9	5	B																												
2014	18	8	B						1										1												
2014	22	8	B						3										2												
2014	22	8	V		1			4																3							
2014	26	8	B					1																							
2014	26	8	V																												
2015	23	1	B										2										3								
2015	23	1	B																												
2015	24	1	B										2																		
2015	24	1	B																				1								
2015	31	1	V																												
2015	14	2	B																												
2015	14	2	V																												
2015	14	2	B																												



## 7 BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Andersen T., Cranston P.S., Epler J.H., 2013 - Chironomidae of the Holarctic Region. Keys and diagnoses - Larvae. - *Insects Syst. Evol. Suppl.* 66: 573.

APAT & IRSA-CNR, 2003 - Metodi Analitici per le Acque. Indicatori biologici. 9010. Indice biotico esteso (I.B.E.). APAT Manuali e Linee guida 29/2003 (vol.3): 1115-1136.

Boscaini A., Corradini F., Lencioni V., Maiolini B., 2004 - Caratterizzazione morfologica e chimico-fisica di un sistema idrografico alpino (Parco Nazionale dello Stelvio, Trentino). Sezione di Zoologia degli Invertebrati e Idrobiologia, Museo Tridentino di Scienze Naturali, Via Calepina 14, I-38100 Trento.

Epler J.H., 2001 - Identification Manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina. A guide to the taxonomy of the midges of the southeastern United States, including Florida. Special Publication SJ2001 - SP13. North Carolina Department of Environment and Natural Resources, Raleigh, NC, and St. Johns River Water Management District, Palatka, FL. 526 pp.

Ferrarese U. & Rossaro B., 1981 – Chironomidi, 1 (Diptera, Chironomidae: Generalità, Diamesinae, Prodiamesinae). Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane. Ruffo S. (ed), Vol. 12, C.N.R. AQ/1/129, Verona, 96 pp.

Foote, B., 1987 - Chironomidae (Chironomoidea). Pp. 762-764 in F Stehr, ed. *Immature Insects*, Vol. 2. Dubuque, Iowa, USA: Kendall/Hunt Publishing Company.

Harvell C. D., Mitchell C. E., Ward J. R., Altizer S., Dobson A. P., Ostfeld R. S., Samuel M. D., 2002 - Climate Warming and Disease Risks for Terrestrial and Marine Biota, *Science* 296, 2158 (2002), DOI :10.1126/science. 1063699.

Jacobsen D. & Dangles O., 2012 - Environmental harshness and global richness patterns in glacier-fed streams. *Global Ecology and Biogeography*, 21, 647–656.

Jacobsen D., Milner A.M., Brown L.E & Dangles O., 2012 - Biodiversity under threat in glacier-fed river systems, DOI: 10.1038/NCLIMATE1435.

Johnson R.K., Wiederholm T. & Rosenberg D.M., 1993 – Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic

macroinvertebrates. In: Rosenberg D.M. & Resh V.H. (ed), Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York: 41-158.

Langton P.H. & Visser H., 2003 - Chironomidae Exuviae. A key to the Pupal Exuviae of West Palaearctic Region. World Biodiversity database CD-ROM series. Expert Center for Taxonomic Identification, University of Amsterdam, [http:// www.eti.uva.nl](http://www.eti.uva.nl). Available from ETI information Services (<http://etiis.org.uk/>).

Lencioni V., Marziali L. & Rossaro B., 2007 – I Ditteri Chironomidi: morfologia,tassonomia,ecologia,fisiologia e zoogeografia. Quaderni del museo tridentino di Scienze Naturali, 1, Trento 172 pp.

Lindegaard C., 1995 – Classification of water bodies and pollution. In:Armitage P.D.,Cranston P.S., Pinder L.C.V. (eds). The Chironomidae. Biology and the ecology of non-biting midges.Chapman & Hall, London: 385-404.

Maiolini B. & Lencioni V., 2001 – Longitudinal distribution of macroinvertebrate community assemblages in a glacially influenced system in the Italian Alps. Freshwater Biology, 46: 1625- 1639.

Milner A., Brittain J.E., Castella E. & Petts G.E., 2001 – Trends of macroinvertebrate community structure in glacier-fed rivers in relation to environmental conditions: a synthesis. Freshwater Biology, 46: 1833- 1847.

Milner A.M. & Petts G.E., 1994 – Glacial Rivers: physical habitat and ecology. Freshwater biology, 32: 295- 307.

Roback S.S., 1971 – The adult of the subfamily Tanypodinae (=Pelopiinae) in North America (Diptera: Cironomidae). The Academy of Natural Sciences of Philadelphia 19th and theParkway Philadelphia, Pennsylvania, 17: 1-410.

Rossaro B., 1982 - Chironomidi, 2 (Diptera, Chironomidae: Orthocladiinae). 16. Guide per il Riconoscimento delle Specie Animali delle Acque Interne Italiane (ed. by S. Ruffo), pp. 1–80. C.N.R. AQ.1.171. Stamperia Valdonega, Verona, Italy.

Rossaro B., Lencioni V., 2015 - A key to larvae of species belonging to the genus *Diamesa*. - Eur. J. Environ. Sci. 5: 62-79.

The Core Writing Team, R. K. Pachauri, L. Meyer, 2014 - Climate change 2014, Synthesis report. - Intergovernmental Panel on Climate change (Ippc).

Thomas C.D., Cameron A., Green R.E., Bakkenes M., Beaumont L.J., Collingham Y.C., Erasmus B F.N., de Siqueira M.F., Grainger A., Hannah L., Hughes L., Huntley B., van Jaarsveld A.S., Midgley G.F., Miles L., Ortega-Huerta M.A., Peterson A.T., Phillips O. L. & Williams S.E., 2004 - Extinction risk from climate change. Nature Publishing Group vol. 427.

Tockner K., Malard F., Burgherr P., Robinson C.T., Uehlinger U., Zah R. & Ward J.V., 1997 - Physicochemical characterization of channel types in a glacial floodplain ecosystem (Val Roseg, Switzerland).

Ward J.V., 1994 – Ecology of Alpine streams. Freshwater biology, 32: 277-294.

Wiederholm T., 1980 – Use of benthos in lake monitoring. Journal of the water pollution Control Federation, 52: 537-547.

## **Siti consultati**

Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente -

[http://www.appa.provincia.tn.it/binary/pat\\_appa/pubblicazioni/Vermigliana\\_relazione\\_mappe.1360669216.pdf](http://www.appa.provincia.tn.it/binary/pat_appa/pubblicazioni/Vermigliana_relazione_mappe.1360669216.pdf)

Comitato Glaciologico Italiano – [www.glaciologia.it](http://www.glaciologia.it)

Fauna europea - <http://www.faunaeur.org/index.php>

Google maps - <https://www.google.it/maps>

Provincia Autonoma di Trento - <http://www.provincia.tn.it/>

Società degli Alpinisti Tridentini -

<http://www.sat.tn.it/default.aspx?fn=loadarea&idarea=17>

## 8 RINGRAZIAMENTI

**Desidero ringraziare tutti coloro che mi hanno aiutato nella realizzazione della Tesi.**

**Un grazie particolare va al Dott. Matteo Montagna, che ha sempre dimostrato una grande disponibilità, elasticità e pazienza durante tutta l'esperienza di tirocinio e la stesura della Tesi.**

**Un altro ringraziamento va al Professor Bruno Rossaro, grande esperto del settore, il suo aiuto è stato fondamentale per chiarimenti e approfondimenti sull'argomento trattato.**

**Desidero anche ringraziare la Dott. Valeria Mereghetti, la quale mi ha sostenuto e aiutato durante la stesura della Tesi.**

**Ringrazio inoltre il glaciologo Christian Casarotto del Muse di Trento, per il contributo nel reperimento di informazioni sui ghiacciai.**

**Infine il ringraziamento più sincero va a tutta la mia famiglia, per il sostegno datomi durante l'intero periodo universitario.**