

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE NATURALI

Elaborato di Laurea

L'indice MacrOper per la valutazione della qualità delle acque. Considerazioni sui campionamenti effettuati nel torrente Lys in Valle d'Aosta.

The MacrOper index as a water quality assessment. Considerations about sampling carried out in Lys stream in Valle d'Aosta.

Tutor:

Professor Massimo De Marchi

Dipartimento di ingegneria Civile, Edile e Ambientale

Università degli studi di Padova

Co-Tutor

Stefano Salviati

Aquaprogram Srl – Vicenza

Laureando: Matteo Nassi

ANNO ACCADEMICO 2015/2016

## Riassunto

Il primo capitolo della tesi affronta la questione dei monitoraggi ambientali da un punto di vista normativo, infatti vengono trattate brevemente le normative passate e soprattutto quelle attualmente in vigore in tema di acque e inquinamento. La Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE (*Water Framework Directive*) è attualmente la normativa di riferimento in merito al trattamento e al monitoraggio delle acque. In Italia è stata recepita dal Decreto Legislativo 152/2006 che definisce tutti i procedimenti da attuare per la definizione dello stato ecologico dei corpi idrici nazionali. È stato elaborato a questo scopo il metodo “multihabitat proporzionale”, il quale si appresta a sostituire l’Indice Biotico Esteso (IBE) come metodo di indagine ecologica basato sulla presenza di macroinvertebrati nelle acque. A continuazione nella tesi vengono descritte alcune sostanziali differenze del metodo rispetto al suo predecessore in quanto questo considera nel monitoraggio i diversi microhabitat che si incontrano all’interno di un fiume in funzione della loro estensione ed inoltre, nel conteggio delle specie presenti, non ne considera solamente la presenza ma anche l’abbondanza dei vari taxon. Il “sistema di classificazione MacrOper” viene usato in questi biomonitoraggi per la determinazione dello stato ecologico avvalendosi dell’indice multimetrico STAR\_ICMi.

Il caso di studio in oggetto è relativo ad una applicazione sperimentale del “metodo multihabitat proporzionale” in Val d’Aosta nel torrente Lys. Vengono approfondite la metodica utilizzata, con particolare attenzione alle superfici da campionare e alla scelta delle stazioni di monitoraggio. In seguito viene trattata la questione dell’organizzazione dei monitoraggi in Val d’Aosta, in quanto la *WFD* richiede la redazione di Piani di Gestione del Bacino Idrografico. I campionamenti sono stati effettuati in alcune stazioni del torrente Lys, nell’ambito di una sperimentazione per la ditta CVA SpA (Compagnia Valdostana delle Acque) volta a verificare i valori di portata di Deflusso Minimo Vitale che deve essere necessariamente rilasciato dalle opere di captazione presenti nella zona per poter garantire la sopravvivenza delle comunità biologiche.

## Indice

<b>1</b>	<b>Il “metodo multihabitat proporzionale” e la classificazione ecologica dei corpi idrici.....</b>	<b>4</b>
1.1	I monitoraggi delle acque nella normativa europea e nazionale.....	4
1.2	Il “metodo multihabitat proporzionale” .....	6
1.3	Come si applica il “metodo multihabitat proporzionale” .....	6
1.3.1	Tipi di flusso.....	8
1.3.2	Classificazione dei microhabitat.....	9
1.3.3	Dopo il campionamento.....	11
1.3.4	I macroinvertebrati.....	12
1.3.5	Indice STAR_ICMi.....	16
1.4	Obiettivi dello studio.....	17
<b>2</b>	<b>Procedura di monitoraggio del torrente Lys in Valle d’Aosta.....</b>	<b>19</b>
2.1	Il monitoraggio delle acque in Valle d’Aosta.....	19
2.2	Il torrente Lys.....	22
2.3	Il Deflusso Minimo Vitale per le opere di presa del torrente Lys.....	22
2.4	Procedimento e materiale.....	23
<b>3</b>	<b>Analisi dei risultati.....</b>	<b>27</b>
3.1	Presa Lysbalma – Centrale Sendren.....	27
3.2	Presa Bieltschucken – Centrale Zuino.....	27
3.3	Presa Zuino – Centrale Issime.....	28
3.4	Presa Guillemore – Centrale Pont Saint-Martin.....	28
<b>4</b>	<b>Conclusioni.....</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>Bibliografia.....</b>	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>Allegati.....</b>	<b>37</b>

# 1 Il metodo “multihabitat proporzionale” e la classificazione ecologica dei corpi idrici

## 1.1 I monitoraggi delle acque nella normativa europea e nazionale

L'acqua è una risorsa fondamentale nella vita di tutti gli esseri viventi e negli ecosistemi. Da sempre l'uomo ha costruito i suoi insediamenti nei pressi di corsi d'acqua, nelle coste e sulle rive di laghi, per questo motivo l'acqua è anche una delle risorse maggiormente minacciate dall'intervento antropico e dalla contaminazione che questo ne può causare. La presa di coscienza che ha permesso di iniziare a legiferare nell'ottica di proteggere questo bene inestimabile appartiene alla storia recente, infatti la prima legge di tutela delle acque venne emanata nel 1976, ed è nota tuttora con il nome di Legge Merli. In questa legge l'acqua viene vista come risorsa naturale sfruttabile da parte dall'uomo con dei limiti, in particolar modo nell'ambito degli scarichi e delle concentrazioni ammissibili di contaminanti nei corsi d'acqua. Non viene però considerata l'acqua come parte di un ecosistema, da sfruttare in maniera sostenibile, ovvero garantendone i tempi di rigenerazione e biodepurazione. Il passaggio da una visione economica-utilitaristica a una visione più “ecologica”, si ha negli anni seguenti, quando si inizia a diffondere la coscienza che il patrimonio idrico vada preservato e utilizzato in maniera sostenibile. Questi principi vengono così regolamentati a livello di Unione Europea per poi essere concretizzati a livello nazionale con il Decreto Legislativo 152 del 1999 che finalmente sostituisce la ormai obsoleta Legge Merli. Si mette così in evidenza la necessità del fiume di autodepurarsi, come sistema ricco di interconnessioni con il suolo e l'ambiente circostante e come sito ospitante numerose comunità vegetali e animali. È proprio su queste comunità animali che si fonda l'Indice Biotico Esteso (IBE), cui viene dato ampio rilievo nel decreto del 1999 come indice significativo nei monitoraggi delle acque. Questo indice si basa sulle comunità di macroinvertebrati presenti, permettendo di effettuare considerazioni su pressioni antropiche di varia natura grazie al ciclo vitale relativamente lungo di questi organismi. I dati ottenuti da questa analisi vengono successivamente incrociati con parametri di tipo chimico-fisico per poter così determinare lo stato ecologico del fiume.

La normativa attualmente in vigore a livello europeo in materia di acque è la Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE che si propone di migliorare la qualità degli ecosistemi attraverso una maggior tutela dell'ambiente e un utilizzo razionale e accorto della risorsa acqua, riconosciuta come un bene da salvaguardare e monitorare costantemente. La *Water Framework Directive* si prefigge come obiettivo finale entro il 2015 di ottenere per tutti i corsi d'acqua europei lo stato ecologico “buono” e di mantenere lo stato di qualità ambientale “elevato” per gli ecosistemi dove questo è già presente. Per raggiungere questi obiettivi la direttiva richiede la redazione di Piani di Gestione del bacino idrografico e la programmazione dei monitoraggi in modo coordinato e capillare

sul territorio. La Direttiva Europea trova la sua applicazione a livello nazionale attraverso il Decreto Legislativo 152/2006, che recepisce i principi della *WFD* e ne descrive la sua attuazione nel dettaglio. Il provvedimento nazionale vale come riferimento in materia di valutazione di impatto ambientale, difesa del suolo e tutela delle acque, gestione dei rifiuti, riduzione dell'inquinamento atmosferico e risarcimento dei danni ambientali. A questo Decreto Legislativo seguono tre Decreti del Ministero dell'Ambiente a carattere attuativo:

- Decreto tipizzazione (DM 16 giugno 2008, n. 131): “Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni)”. La tipizzazione dei fiumi avviene secondo descrittori climatici, idrologici e geografici e si applica a tutti i bacini idrografici la cui superficie sia di almeno 10 km<sup>2</sup>. Nel caso però di ambienti di elevato pregio naturalistico o di particolare sensibilità si possono prendere in considerazione anche bacini minori.
- Decreto monitoraggio (DM 14 aprile 2009, n.56): “Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento”. Le condizioni di riferimento, disciplinate in questo documento, sono rinvenibili in zone dette siti di riferimento caratterizzate da comunità biologiche, condizioni idromorfologiche e fisico-chimiche che fungono da elemento di confronto per la determinazione dello stato ecologico delle acque e delle loro comunità biologiche. In questo decreto si regolamentano anche i procedimenti per i monitoraggi e per la stesura di Piani di Monitoraggio triennali relativi a specifici bacini idrografici. Inoltre viene specificato che per ogni bacino vanno eseguiti due cicli di monitoraggio. I monitoraggi vengono suddivisi in tre tipologie, dettate dalla *WFD*:
  1. Monitoraggio di sorveglianza, il quale ha come principali obiettivi: integrare e convalidare la valutazione dell'impatto, progettare i piani di monitoraggio successivi, caratterizzare dal punto di vista ecologico gli ambienti, controllare le variazioni a lungo termine per definire le condizioni di riferimento e infine valutare le variazioni a lungo termine provocate da cause di origine antropica. Per questo tipo di monitoraggio si valutano tutti gli elementi di qualità sia chimico – fisica che idromorfologica, oltre che tutte le sostanze immesse o scaricate in maniera significativa. Richiede perciò un elevato livello di dettaglio nella raccolta dati. In questo ambito si includono anche i monitoraggi dei ‘siti di riferimento’, che corrispondono ad aree incontaminate o solo lievemente modificate. Campionare questi siti permette di mettere a punto sistemi di classificazione biologica per macroinvertebrati, diatomee, ecc.
  2. Monitoraggio operativo, il quale viene pianificato sulle basi del monitoraggio di sorveglianza allo scopo di definire lo stato

ecologico dei corpi idrici che potrebbero non raggiungere lo stato ambientale prefissato. Permette di valutare le pressioni a cui è sottoposto il corso d'acqua e intervenire monitorandone solo le variazioni relative.

3. Monitoraggio investigativo: se le cause del degrado di un corpo idrico non sono determinate, ma si è a conoscenza del suo stato ecologico inferiore a buono, con questo tipo di monitoraggio si possono determinare le possibili cause di impatto sulle comunità biologiche, con particolare attenzione alle entità della contaminazione.
- Decreto classificazione (DM 8 novembre 2010, n 260): “Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali”. In questo decreto vengono dettagliatamente descritte le modalità per definire lo stato ecologico di corsi d'acqua, laghi e zone costiere. Vengono trattati i parametri di monitoraggio necessari, di carattere chimico, fisico e biologico.

## **1.2 Il metodo “multihabitat proporzionale”**

Uno dei criteri di abbondanza che la *WFD* richiede di considerare è l'abbondanza delle comunità biologiche (allegato V). La Direttiva evidenzia anche la necessità di standardizzare (articolo 11). i metodi di indagine così da renderli comparabili tra i diversi Stati Membri dell'Unione Europea. A questo scopo è stato elaborato in Italia un nuovo indice denominato “metodo multihabitat proporzionale” (Buffagni e Erba, 2007; Buffagni et al., 2008)., il quale si differenzia dal suo predecessore IBE per due aspetti principali: in primo luogo, il metodo multihabitat proporzionale assume carattere quantitativo in quanto considera, oltre al parametro presenza, anche il valore dell'abbondanza delle popolazioni, perdendo così il carattere semiquantitativo che vigeva nell'IBE; in secondo luogo, la raccolta dei campioni avviene in maniera proporzionale all'estensione relativa dei singoli microhabitat di un sito fluviale. Viene inoltre introdotto il sistema di classificazione MacrOper (Buffagni et al., 2008) per la definizione dello stato di qualità delle acque come richiesto dalla normativa. Queste caratteristiche permetteranno nei prossimi anni di sostituire definitivamente l'IBE.

## **1.3 Come si applica il metodo “multihabitat proporzionale”**

Il metodo è basato su un campionamento dei tratti più rappresentativi del corso d'acqua con l'obiettivo minimo di raggiungere la determinazione dello stato ecologico. Il numero di unità di campionamento da raccogliere può variare in relazione allo scopo per cui viene fatto il campionamento o al tipo di alterazione presente. Generalmente un campione è costituito da un numero di unità di campionamento, le quali devono essere prelevate in una soglia minima di tutti gli habitat presenti definita in base al numero di unità di campionamento. Ad esempio, se le unità di campionamento sono 10 in totale, un habitat campionabile

deve essere presente almeno al 10%. Una unità di campionamento corrisponde esattamente al campione che si ottiene smuovendo il substrato a monte del punto in cui viene posizionata l'imboccatura della rete. Il campionamento potrebbe non essere completamente rappresentativo in quanto, per definizione, trascura gli habitat che non raggiungono la soglia prestabilita. Esiste la possibilità di effettuare raccolte integrative qualitative o quantitative nel caso in cui il campionamento sia fatto a fini tassonomici.

Per ogni idro-ecoregione (HER) sono state definite come segue le superfici di campionamento:

Tabella 1: Superficie totale e mesohabitat in cui effettuare il campionamento in funzione delle varie HER presenti nel Nord Italia. (Estratto Notiziario dei Metodi Analitici CNR-IRSA del 01/03/07).

<b>COD. HER</b>	<b>IDRO-ECOREGIONE (HER)</b>	<b>TOT. SUPERFICIE DI CAMPIONAMENTO (m<sup>2</sup>)</b>	<b>MESOHABITAT DI CAMPIONAMENTO</b>
01	Alpi occidentali	1	Riffle / Generico
02	Prealpi – Dolomiti	1	Riffle / Generico
03	Alpi Centro - Orientali	1	Riffle / Generico
04	Alpi Meridionali	1	Riffle / Generico
05	Monferrato	0,5	Generico
06	Pianura Padana	0,5	Generico
07	Carso	1	Generico
08	Appennino Piemontese	1	Pool / Generico
09	Alpi Mediterranee	1	Riffle / Generico
10	Appennino Settentrionale	1	Pool / Generico



**Idroecoregioni (HER):**

1. Alpi occidentali
2. *Prealpi-Dolomiti*
3. *Alpi Centro-Orientali*
4. Alpi Meridionali
5. Monferrato
6. *Pianura Padana*
7. Carso
8. Appennino Piemontese
9. Alpi Mediterranee
10. Appennino Settentrionale
11. Toscana
12. Costa Adriatica
13. Appennino Centrale
14. Roma-Viterbese e Vesuvio
15. Basso Lazio
16. Basilicata-Tavoliere
17. Puglia-Gargano
18. Appennino Meridionale
19. Calabria-Nebrodi
20. Sicilia
21. Sardegna

Come si vede dalla tabella 1, per ogni HER è stato definito in che area del fiume debba avvenire il campionamento, dove con G si intende un campionamento effettuabile in un tratto generico e rappresentativo del fiume. Per alcuni tipi fluviali viene invece richiesto il campionamento in aree di *pool* e di *riffle*, in questi casi il numero delle unità di campionamento sarà doppio e i campioni andranno tenuti separati. L'area di *pool* presenta per definizione bassa turbolenza, substrato più fine rispetto al *riffle* e generalmente carattere deposizionale, può essere per questo definita come lenticale. Al contrario, nelle aree di *riffle*, si riscontrano turbolenza elevata, carattere prevalentemente erosionale e profondità minore, nel complesso un'area lotica. Ai fini del monitoraggio è fondamentale saper riconoscere queste due aree, e la comparazione tra due zone adiacenti con flussi distinti permette quasi sempre di effettuare la distinzione. L'importanza di questo passaggio è chiave per il fatto che la comunità bentonica può rispondere diversamente alle pressioni antropiche in aree di *riffle* o aree di *pool*, inoltre consente una collocazione precisa delle stazioni di monitoraggio, permettendo così rilevamenti di altro carattere ma nella medesima posizione.

### 1.3.1 Tipi di flusso

A supporto della fase di riconoscimento della sequenza *riffle/pool* sono stati definiti dei tipi di flusso, individuabili grazie alle diverse modalità di increspatura dell'acqua (Padmore, 1998 e Buffagni et al., 2004):

- *Asciutto/no flow*: assenza d'acqua (non monitorabile).



- Non percettibile/*No perceptible flow*: assenza di movimento, può manifestarsi a monte o a valle di dighe, in fiumi a regime regolamentato o nei pressi di grosse strutture naturali in alveo.
- Liscio/*smooth*: flusso laminare privo di turbolenze.
- Increspato/*rippled*: presenta piccole increspature nella superficie, a carattere simmetrico e non più alte di un centimetro.
- *Unbroken standing waves*: presentano creste a forma di “schiena di drago”, ma il fronte d’onda non è rotto.
- *Broken standing waves*: l’acqua sembra andare controcorrente, si distinguono creste bianche e disordinate.
- *Chute*: acqua aderente al substrato con curvatura dolce.
- Flusso caotico/*chaotic flow*: flusso misto tra i tre più caotici, senza nessuno dei tre predominante.
- *Upwelling*: presenza di ‘bolle’ che arrivano in superficie, spesso dovute alla presenza di flussi che risalgono dal letto del fiume. Spesso associato alle pool oppure all’uscita di meandri stretti o ai piedi di briglie o chiuse.
- Cascata/*free fall*: acqua in caduta libera e verticale, separata dai substrati retrostanti o sottostanti.

Ogni tipo di flusso determina una modalità di campionamento differente, in modo da consentire sempre la raccolta di un campione valido. Nei flussi a carattere più veloce e turbolento (*unbroken standing waves*, *broken standing waves*, *rippled*), è fondamentale assicurarsi che la rete sia ben appoggiata al fondo e che non vi sia trasporto di pietre nella rete, che potrebbero danneggiare gli individui raccolti. Nel caso dei flussi ‘liscio’ e ‘non percettibile’ sarà necessario determinare con le mani un movimento di acqua verso valle così da indurre l’entrata degli organismi nella rete. I flussi ‘cascata’ e ‘caotico’ non sono in genere soggetti a monitoraggio. In questa prima fase di definizione della sequenza *riffle/pool*, ci si può trovare di fronte a quattro situazioni diverse:

- Sequenza facilmente riconoscibile;
- Sequenza difficilmente riconoscibile;
- Sequenze riconoscibili con stagionalità a causa delle variazioni di portata;
- Sequenza di norma non riconoscibile indipendentemente dalla portata.

Più in generale, i tipi fluviali di cui di solito è difficile riconoscere la sequenza sono quelli che presentano elevata pendenza, flusso regolato dall’uomo, pendenza nulla (fiumi di pianura) con scarse variazioni di portata e flusso uniforme, o, infine, i grandi fiumi (Buffagni & Erba, 2007).

### 1.3.2 Classificazione dei microhabitat

La modalità di campionamento dei corsi d’acqua, oltre che dipendere dai tipi di flusso, dipende anche dal tipo di microhabitat presente (Hering et al. 2004,

modificato da Buffagni & Erba, 2007), il quale può essere di tipo minerale o di tipo biotico. Tra i microhabitat minerali si distinguono:

- *Megalithal* (roccia e grossi massi, >40 cm): in questo caso sono campionabili normalmente solo la superficie laterale o superiore, tramite sfregamento della superficie e muovendo, se necessario, la rete per convogliare il benthos al suo interno.
- Artificiale: cemento o grossi massi immessi nell'alveo, da campionare come il microhabitat *megalithal*.
- *Macrolithal* (20-40 cm) e *mesolithal* (6-20 cm): sono inclusi in questo microhabitat pietre e ciottoli di medie dimensioni. In questo caso è necessario smuovere il substrato superficiale per rimuoverne gli organismi adesi, spostando poi le pietre più grosse e ripulendole una per una. In seguito si deve campionare fino ad una profondità di circa 10-15 cm. Si tratta dei microhabitat più rilevanti per le comunità bentoniche.
- *Microlithal* (2-6 cm) e substrati a granulometria fine (piccole pietre, ghiaia, sabbia): include sabbia fine e grossolana, ghiaia e pietre piccole. Smuovere il substrato fino ad una profondità di 5-10 cm, evitando la raccolta di quantità eccessive di detrito e la perdita di organismi.
- Limo/Argilla (<6 µm): il campionamento avviene nella medesima maniera del microlithal.

Tra i microhabitat biotici si annoverano:

- *Xylal* (detrito legnoso): è da evitare il campionamento di materiale legnoso depositatosi recentemente e quindi non ancora colonizzato, inoltre è preferibile raccogliere il substrato da campionare per poi lavarlo con vigore in una vaschetta o secchiello per garantire il distacco del campione. Si possono anche usare pinzette per rimuovere gli organismi ancora adesi.
- Parti vive di piante terrestri (TP - radichette sommerse): scuotere le radici all'interno della rete, rimuovendo gli animali e avendo cura di non perdere porzioni del campione. Non si possono campionare le radici legnose, bensì quelle sottili e molto fitte, habitat ideale per organismi acquatici.
- CPOM (detrito fogliare e piccoli rametti): smuovere il substrato a monte della rete, evitando la raccolta eccessiva di detrito. Le foglie vanno accuratamente lavate in fase di analisi e poste in una sezione asciutta della vaschetta così da indurre l'uscita del benthos, che cercherà di rientrare in acqua.
- FPOM: materiale organico più o meno frammentato, rientra nel campo dei substrati minerali fini del tipo limo/argilla.
- Macrofite (emergenti e sommerse): si campiona muovendo le macrofite all'interno della rete, a patto che queste siano completamente sommerse o solo parzialmente emerse, indipendentemente dalla loro distinzione tassonomica. In alcuni casi si possono portare in laboratorio alcuni

campioni vegetali per un'analisi più accurata che consenta la cattura degli organismi che non sono facilmente rimovibili.

- Alghe (soprattutto filamentose, anche diatomee o alghe formanti feltri): scuotere le alghe nella rete quando si ha a che fare con masse consistenti, oppure sfregare le superfici algali evitando di raccogliere il substrato, che potrebbe rendere problematico lo smistamento. Anche in questo caso si possono posizionare le alghe all'asciutto per favorire il distacco del bentos.
- Film batterici: microhabitat poco frequente, campionabile come i substrati fini. Frequente in aree contaminate da composti organici.

La metodica prevede inoltre che il campionamento non venga effettuato durante o subito dopo eventi di piena (si consiglia di aspettare almeno due settimane); durante o subito dopo periodi di secca (aspettare almeno 4 settimane) o infine in presenza di fattori che impediscano la corretta stima di abbondanza degli habitat, nel caso in cui si può segnalare che il campione è stato raccolto in condizioni anomale (es: torbidità eccessiva).

### **1.3.3 Dopo il campionamento**

Le fasi successive alla raccolta prevedono una fase di stima delle abbondanze dei vari *taxa* in situ, trasferendo il campione in apposite vaschette e procedendo al conteggio. In genere la stima avviene in relazione al tipo fluviale in cui ci si trova e si considera un *taxa* se raggiunge almeno i 10 individui. Nella maggior parte dei casi si tende a fornire il numero preciso degli individui riscontrati piuttosto che una classe di abbondanza generica. Vi sono invece alcuni individui che necessitano di un'analisi più approfondita in laboratorio. Ciò avviene in genere per individui che potrebbero modificare in modo rilevante l'esito del giudizio di qualità dell'acqua, oppure per organismi poco noti, poco frequenti o che richiedano una strumentazione speciale per essere identificati. La conservazione deve avvenire in alcool concentrato al 90%, in appositi tubetti che permettano così di mantenere integro e fissato il campione. Si deve avere cura di rimuovere ogni tipo di detrito e evitare di prelevare organismi appartenenti a *taxa* rari, poco abbondanti o da proteggere. Ogni tubetto va etichettato riportando: nome del fiume, nome del sito, data di campionamento, numero di unità di campionamento a cui il campione corrisponde. Il livello di identificazione necessario può variare in base al tipo di monitoraggio che si sta effettuando, infatti nel monitoraggio operativo è considerato sufficiente il livello di famiglia (Ghetti, 1997; APAT & IRSA, 2003), mentre per monitoraggi di sorveglianza e investigativi viene richiesto il livello di genere per alcuni *taxa*, come avveniva nel metodo IBE. Il *taxa* degli Efemerotteri richiede un maggiore approfondimento fino al livello di Unità Operazionali (Buffagni, 1999; 2002; Buffagni & Belfiore, 2007), un livello intermedio tra genere e specie che non implica uno sforzo superiore in comparazione a quello previsto dal genere.

Tabella 2: Categorie tassonomiche di determinazione per il MO del metodo Multihabitat Proporzionale, con gli approfondimenti (●) previsti per MS e MI ( APAT, 2007, modificato).

<i>Taxa</i>	Livelli di determinazione tassonomica per definire i diversi TAXA
Plecotteri	Genere ●
Efemerotteri	Unità Operazionali ●
Tricotteri	Famiglia
Coleotteri	Famiglia
Odonati	Genere ●
Ditteri	Famiglia
Eterotteri	Famiglia
Crostacei	Famiglia
Gasteropodi	Famiglia
Bivalvi	Famiglia
Tricladi	Genere ●
Irudinei	Genere ●
Oligocheti	Famiglia

#### 1.3.4 I macroinvertebrati

I macroinvertebrati sono organismi facilmente osservabili ad occhio nudo in quanto la loro taglia allo stadio larvale supera già 1mm. Sono anche detti *macrobenthos* o *benthos*, in quanto vivono parte della loro vita nell'ambiente bentonico, ovvero attaccati al substrato dell'alveo, grazie a particolari strutture che conferiscono resistenza alle correnti. Si hanno organismi epibentonici, che vivono nella superficie del substrato o nei primissimi centimetri adiacenti ad esso, e organismi freaticoli, che vivono invece nel sedimento. All'interno della catena trofica, i macroinvertebrati si possono trovare in tutti i livelli: predatori che si nutrono di altri macroinvertebrati, erbivori che si nutrono di macrofite o microfite e, infine, detritivori che assumono detrito organico (vegetale) e inorganico (minerale). Queste relazioni influenzano in modo marcato la distribuzione degli

organismi e la loro presenza/assenza. La distribuzione è altresì influenzata dalle durate dei cicli vitali, si riscontrano infatti organismi univoltini, caratterizzati da un ciclo vitale annuale (efemerotteri, plecoteri, vari ditteri) e polivoltini, caratterizzati da cicli più prolungati e che quindi determinano la convivenza di questi organismi a differenti stadi vitali (*chironomidae*, *simulidae*, *Baetis*). Vi sono anche alcuni organismi con ciclo vitale di durata maggiore ad un anno, come alcuni Irudinei, alcuni Plecotteri dei generi *Perla* e *Dinocras*, *ephemera* tra gli efemerotteri, ecc. Gli adattamenti evoluti da questi organismi per resistere alla corrente e sopravvivere all'habitat acquatico includono (AA.VV., 2003):

- Corpo appiattito, es: *epeorus*, efemerottero *heptagenidae*
- Struttura idrodinamica e riduzione strutture sporgenti, es: Coleottero Elmidae, *Baetis* negli efemerotteri
- Ventose e cuscinetti adesivi, es: Irudinei, Gasteropodi *Ancylidae*
- Uncini e unghie rinforzate, es: Odonati, Plecotteri, Efemerotteri
- Secrezioni filamentose e appiccicose, es: Irudinei, Ditteri *Simulidae*
- Zavorre, es: Tricotteri con astuccio

Inoltre si sono riscontrati comportamenti come la ricerca di luoghi protetti sotto i sassi o nel limo (*chironomidae*) o nella vegetazione (Odonati); costruzione di astucci nei tricoteri; deriva a valle per la ricolonizzazione, migrazione controcorrente dei Gammaridi.

Le caratteristiche che hanno permesso di scegliere i macroinvertebrati come organismi adatti al biomonitoraggio e come indicatori della qualità dei fiumi sono le seguenti:

- Ampia diffusione in tutti i tipi di corsi d'acqua;
- Popolazioni numerose
- Ciclo vitale prolungato che permette di correlarli alla continuità delle condizioni ambientali e giustificarne la scomparsa in relazione a condizioni di stress
- Mobilità limitata e relazionabile ad una determinata sezione del corso d'acqua
- Presenza di differenti sensibilità alle pressioni ambientali
- Ampia varietà di ruoli ecologici
- Facilità di campionamento, effettuabile in gran parte ad occhio nudo e senza attrezzature costose.

Di seguito si elencano i *Taxa* (da Sansoni et al, 1992 e AAVV, 2005) coinvolti nel sistema di classificazione MacrOper:

Plecoteri: insetti emimetaboli, ovvero con metamorfosi graduale, con larve acquatiche abbastanza simili all'adulto prive di ali ma provviste di cerci articolati. Le larve vivono in acque molto ossigenate, fredde, dove usano nascondersi tra ciottoli e detriti. Prediligono correnti non troppo forti. Il corpo è allungato dorso –

ventralmente, di colore bruno – grigio e a volte ricoperto da peli. Il capo comprende un apparato boccale masticatore, con due ocelli; il torace è composto da tre segmenti con zampe articolate, l'addome da dieci segmenti terminante con due cerci. Respirazione prevalentemente cuticolare. Nella catena trofica possono coprire il ruolo di detritivori organici oppure di carnivori, inoltre sono uno dei *taxa* più sensibile all'inquinamento organico e all'abbassamento dei livelli di ossigeno disciolto.

Efemerotteri: insetti di piccole – medie dimensioni caratterizzati da metamorfosi incompleta, con stadio larvale acquatico e stadio adulto aereo brevissimo, che permette all'animale solamente di deporre le uova e riprodursi. Popolano tutti i tipi di ecosistemi di acqua dolce. Il corpo è sub-cilindrico, appiattito e affusolato, con colori molto variabili. Possiedono 5-7 paia di tracheobranchie addominali e 3 cerci, mentre l'apparato boccale è masticatore – trituratore. Sono principalmente detritivori od erbivori, nutrendosi di diatomee, alghe, ecc., ma possono anche essere carnivori nei confronti di oligocheti e chironomidi. Sono ottimi indicatori di qualità, soprattutto quelli della famiglia *heptagenidae*. I generi *caenis* e *baetis* sono invece molto meno sensibili e di facile ritrovamento.

Tricotteri: insetti olometaboli con stadio larvale acquatico e adulto aereo. Alcune vivono in acque lacustri, di sorgente o correnti, e vi sono sia individui univoltini che polivoltini. Larve con apparato boccale masticatore con denti e mandibole, torace composto da tre segmenti, inoltre le zampe sono dotate di speroni e peli per ancorarsi al substrato. Questi insetti sono in grado di costruirsi un astuccio, tramite secrezioni che permettono di cementare granelli di sabbia, ghiaia, conchiglie, foglie, ecc. Validi indicatori biologici, ricoprono svariati ruoli nella catena trofica.

Coleotteri: insetti olometaboli che possono avere vita larvale e vita da adulto entrambe acquatiche. Preferiscono acque a bassa profondità, con poca corrente ed abbondanza di vegetazione e detriti vegetali. Le forme larvali hanno aspetto allungato con occhi semplici, antenne e lamelle branchiali per la respirazione. Gli adulti sono provvisti di elitre, ali chitinee rigide che ricoprono il dorso proteggendo anche le ali membranose. Vi sono specie carnivore, detritivore, erbivore, ma la maggiorparte degli adulti sono onnivori. Sono buoni indicatori di inquinamento e dipendono fortemente dall'ossigeno disciolto in acqua a causa del loro particolare sistema respiratorio.

Odonati: insetti di medie e grandi dimensioni, con stadio larvale acquatico e adulto aereo, conosciuto con il nome di "libellule", sono dotati di maschera boccale con mandibole e mascelle molto robuste e corredate di uncini. Occhi composti ben sviluppati e appendici sclerificate. Vivono in acque con bassa corrente, nascosti tra la vegetazione, affossati nel fango o compiendo lenti movimenti. Sono predatori e indicano in genere acque con situazioni di inquinamento intermedio.

Ditteri: insetti olometaboli con stadio larvale acquatico e adulto aereo. Diffusi in tutti i tipi di acque, le larve hanno aspetto vermiforme e prive di zampe, ma con organi di locomozione molto diversificati. Presentano ampissima adattabilità a tutti i livelli di qualità delle acque e ciò dipende dalle strategie di respirazione evolute che permettono di sfruttare anche bassissime percentuali di ossigeno. La famiglia dei *chironomidae* indica acque fortemente inquinate, mentre *Blepharicaeridae* indicano acque molto ossigenate e quindi poco o per nulla contaminate.

Crostacei: artropodi con ciclo completamente acquatico, rappresentati solo da alcune famiglie nelle acque dolci, dove prediligono correnti moderate o lente. Sopportano carichi inquinanti moderati, di natura organica. Sono dotati di apparato boccale masticatore, infatti vi sono specie erbivore, detritivore e talvolta carnivore.

Molluschi gasteropodi: dotati di una conchiglia ad avvolgimento spirale nel quale alloggia il corpo dell'animale, composto da tentacoli, occhi, bocca, sacco viscerale e mantello. La locomozione avviene grazie a un piede strisciante e muscoloso, dotato di ghiandole mucose. Sono organismi bentonici di ambienti lotici e lentici di fondovalle e pianura. Sono erbivori brucatori grazie ad una struttura specializzata detta radula che permette di raschiare il substrato. Sono buoni indicatori in quanto caratterizzati da cicli vitali lunghi e scarsa mobilità, che non permette loro di sottrarsi a condizioni ambientali avverse. La sensibilità è elevata per inquinanti chimici (variazioni di pH e metalli pesanti), mentre sono poco sensibili all'inquinamento organico.

Molluschi bivalvi: vivono racchiusi in una conchiglia costituita da due valve simmetriche e articolate in una cerniera a volte dotata di denti. Sono animali filtratori con branchie a funzione respiratoria e alimentare grazie a ciglia specializzate. Colonizzano acque dolci con grande disponibilità di fitoplancton e batteri, sono anche erbivori e detritivori e vivono affossati nel fango. Ottimi indicatori di metalli pesanti, sopravvivono anche in ambienti fortemente inquinati.

Irudinei: appartengono al *phylum* degli anellidi, ma sono conosciuti comunemente come sanguisughe. Vivono soprattutto in acque dolci a bassa corrente e poco profonde. Corpo allungato, appiattito o cilindrico e suddiviso in anelli, la maggiorparte si nutre di fluidi di molluschi, crostacei o pesci, altre specie sono predatori. Resistono a carichi di inquinamento organico molto elevati e anche in anossia per questo sono validi indicatori biologici.

Oligocheti: anch'essi appartenenti al *phylum* Anellidi, vermi cilindrici con corpo allungato diviso in segmenti. Diffusi nella terraferma o anche in ambiente acquatico in acque stagnanti con fondali sabbiosi o fangosi e vegetazione abbondante. Sono soprattutto detritivori fossori, vivono cioè con una parte del corpo infossata nel fango. I taxa *tubificidae* e *naididae* sono i più resistenti all'inquinamento, tanto da trarne vantaggio e accrescerne le loro colonie.

Platelminti: conosciuti anche come “planarie”, caratterizzati da corpo appiattito e rivestito di ciglia. Vi sono specie a vita libera a specie parassite con una faringe estroflettibile. Popolano acque correnti e stagnanti al riparo dalla luce.

Nematomorfi: vermi filamentosi con corpo cilindrico allungato e brunastro, con setole a funzione motoria e papille sensoriali. Occupano habitat ricchi di materia organica e fortemente inquinati, possono essere carnivori, erbivori o detritivori, ma molte specie sono parassite dotate di una proboscide retrattile.

Nematodi: vermi caratterizzati da corpo cilindrico e cuticola protettiva, bocca trilobata con organi sensoriali. Vi sono specie a vita libera e specie parassite, sia di animali che di vegetali.

Eterotteri: insetti con stadio larvale simile all’adulto, prediligono acque stagnanti molto calme come paludi, laghi, pozze. Sono soprattutto predatori di uova, ragni e acari. Il loro apparato boccale è pungente – succhiante. Non sono indicatori biologici, se non associati alla presenza di altri *taxa* rilevanti.

Megalotteri: insetti con stadio larvale acquatico e adulto aereo. Presentano un grosso capo e molte regioni de corpo sclerificate, tracheobranchie per la respirazione. Predatori. Un solo genere presente nelle acque italiane (*Sialis*).

### **1.3.5 L’indice STAR\_ICMi**

Il sistema di classificazione MacrOper consente di ottenere la classificazione dello stato ecologico di un corso d’acqua secondo i principi della *WFD*, la quale è direttamente confrontabile con quelle di altri paesi europei. Questo sistema non è però sufficiente per il monitoraggio di sorveglianza o investigativo, che richiedono informazioni aggiuntive relative ai macroinvertebrati. Nel sistema MacrOper, per determinare la classe ecologica ci si avvale del valore medio ottenuto nell’indice STAR\_ICMi per i singoli campioni, considerando che il numero minimo di campioni consentito è 6.

L’indice STAR\_ICMi (Buffagni et al., 2007) è un indice multimetrico che si compone di sei metriche appositamente selezionate che forniscono informazioni che la *WFD* richiede di considerare, tra le categorie abbondanza/habitat e diversità/ricchezza. Può assumere valori da 0 a 1 e richiede il livello tassonomico famiglia per il calcolo. I valori delle metriche in oggetto si ottengono con i dati del monitoraggio effettuato con il metodo “multihabitat proporzionale” e l’indice si inserisce all’interno del sistema di classificazione MacrOper, permettendo di ottenere la classe ecologica alla quale appartiene il corpo idrico.

Il calcolo dell’indice avviene sommando le sei metriche tra loro, ciascuna delle quali è stata moltiplicata per il proprio peso. Inoltre è necessario esprimere il risultato in termini di *Ecological Quality Ratio (EQR)*, dove 0 corrisponde al valore minimo ottenibile (qualità pessima) e 1 il valore massimo, ovvero la più alta qualità, che coinciderebbe con le condizioni di riferimento. In merito alle



condizioni di riferimento, è importante che queste vengano definite nel rispetto della variabilità stagionale, ad esempio in fiumi caratterizzati da forti variazioni. Il sistema MacrOper non prevede attualmente differenze stagionali nelle metriche usate per attribuire lo stato ecologico. Anche il carattere lenticolo-tico di un tratto fluviale sono fattori che influenzano ampiamente le comunità bentoniche, la quale può anche sommarsi ad alterazioni di carattere antropico falsando così i giudizi finali sulla qualità. Il MacrOper ha previsto per questi casi la possibilità di inserire fattori correttivi o tarature in grado di compensare le differenze di periodi idrologici nello stesso sito o le variazioni lenticolo-tico in siti diversi. Similmente, vi è la possibilità di effettuare modifiche analoghe per compensare le differenze in termini di struttura e diversificazione di habitat in aree diverse, potendo così confrontare siti ad alta diversificazione di microhabitat con siti a scarsa o media diversificazione.

Tabella 3: Metriche che compongono lo STAR\_ICMi e peso loro attribuito per il calcolo del suddetto indice (Buffagni et al., 2005,2007,2008; DM 260/2010, modificato).

CATEGORIA	TIPO METRICA	NOME METRICA	TAXA CONSIDERATI	PESO	RIF. BIBLIOGRAFICO
Tolleranza	Indice	ASPT	Intera comunità (livello di famiglia)	0,333	e.g. Armitage et al.,1983
Abbondanza/habitat	Abbondanza	$\log_{10}(\text{sel\_EPTD}+1)$	$\log_{10}(\text{somma di } \textit{Heptageniidae}, \textit{Ephemeraeidae}, \textit{Leptophlebiidae}, \textit{Brachycentridae}, \textit{Goeridae}, \textit{Polycentropodidae}, \textit{Limnephilidae}, \textit{Odontoceridae}, \textit{Dolichopodidae}, \textit{Stratyomidae}, \textit{Dixidae}, \textit{Empididae}, \textit{Athericidae} \textit{ e } \textit{Nemouridae} + 1)$	0,266	Buffagni et al., 2004; Buffagni e Erba, 2004
Ricchezza/diversità	Abbondanza	1-GOLD	1- (Abbondanza relativa di <i>Gastropoda</i> , <i>Oligocheta</i> e <i>Diptera</i> )	0,67	Pinto et al., 2004
	Numero taxa	Numero totale di famiglie	Somma di tutte le famiglie presenti nel sito	0,167	e.g. Ofenböck et al., 2004
	Numero taxa	Numero di famiglie di EPT	Somma delle famiglie di <i>Ephemeroptera</i> , <i>Plecoptera</i> , <i>Trichoptera</i>	0,083	e.g. Ofenböck et al., 2004; Böhmer et al., 2004
	Indice diversità	Indice di diversità di Shannon-Wiener	$D_{s-w} = - \sum_{i=1}^n \left( \frac{n_i}{A} \right) \cdot \ln \left( \frac{n_i}{A} \right)$	0,083	e.g. Hering et al., 2004; Böhmer et al., 2004

#### 1.4 Obiettivi dello studio

Le tesi si propone di descrivere una applicazione del metodo “multihabitat proporzionale” recentemente introdotto (DM 152/2006, Buffagni e Erba, 2007; Buffagni et al., 2008) a seguito della pubblicazione della *Water Framework Directive* e della sua successiva recezione nella legislazione italiana tramite il decreto ambiente del 2006 ed i suoi successivi decreti attuativi.

Lo studio effettuato tratta di monitoraggi che si inseriscono in una sperimentazione che ha coinvolto i corsi d'acqua della Val d'Aosta caratterizzati da derivazioni idroelettriche per conto della ditta CVA SpA. Lo studio è servito inizialmente per stabilire quale fosse il livello di qualità dei vari corpi idrici monitorati; successivamente, in quei corpi idrici in cui il livello buono non era raggiunto, si è verificato con l'incremento di opportune quantità d'acqua rilasciata dalle varie opere di presa i relativi miglioramenti e, negli anni, si è puntato al raggiungimento del livello "buono", ovvero del Deflusso Minimo Vitale che garantisce tale livello. Tutte le attività sono state svolte presso Aquaprogram Srl, con sede a Vicenza.

## 2 Procedura di monitoraggio nel torrente Lys in Val d'Aosta

### 2.1 Il monitoraggio delle acque in Val d'Aosta

La *WFD* richiede, per tutti gli stati membri dell'Unione Europea, la redazione di un Piano di Gestione del Bacino Idrografico, volta a perseguire l'obiettivo entro il 2015 del mantenimento o il raggiungimento dell'obiettivo di qualità ambientale corrispondente allo stato di buono e il mantenimento, ove già esistente, dello stato di qualità ambientale elevata. La Valle D'Aosta si inserisce interamente nella idroecoregione 1 delle Alpi Occidentali (D.M. 131/2008). I suoi corsi d'acqua sono stati divisi in sei tipologie basandosi sulla perennità e l'intensità del deflusso, sulla distanza dalla sorgente e sull'origine del corso d'acqua. Per ogni tipologia sono stati individuati i siti di riferimento previsti dalla normativa, in cui le pressioni antropiche sono nulle o minime. I corsi d'acqua sono stati successivamente conteggiati, riscontrando la presenza di 209 corpi idrici totali divisi successivamente basandosi sulle pressioni che insistono in tali corsi d'acqua. Rispetto alle pressioni individuate, si è quindi proceduto a raggruppare i corsi d'acqua considerando la loro vulnerabilità ambientale e, partendo dai dati ambientali disponibili, si è fatta una previsione sulla loro capacità di raggiungere o meno gli obiettivi previsti dalla normativa. ARPA Valle D'Aosta ha quindi diviso i corpi idrici in tre gruppi:

- A rischio: corpi idrici per i quali non si prevede il raggiungimento dello stato ecologico "buono". (24)
- Non a rischio: quelli su cui non insistono attività antropiche fortemente compromettenti o, se esistenti, che permettono comunque il raggiungimento dello stato ecologico. (182)
- Fortemente modificati: corpi idrici che non potranno più raggiungere il buon stato ecologico ma solo un potenziale ecologico buono. Questi c.i. hanno subito ad esempio una completa artificializzazione dell'alveo e delle sponde ( 3 )

Questa distinzione ha permesso in seguito di determinare il tipo di monitoraggio a cui i corpi idrici devono essere sottoposti. Per quanto riguarda quelli non a rischio, si attuerà un monitoraggio di sorveglianza, da effettuare almeno un anno ogni sei. I corpi idrici a rischio, invece, vedranno l'attuazione di un monitoraggio operativo con ciclo triennale per le componenti biologiche, annuale per quelle chimico – fisiche. Al termine del secondo triennio la classificazione sarà definitiva. I siti di riferimento dovranno invece essere monitorati ogni tre anni, anche se il monitoraggio è di sorveglianza (rete nucleo).

Per ottimizzare le operazioni di monitoraggio nel periodo 2010-2015 ARPA Valle d'Aosta ha effettuato alcuni accorpamenti di corpi idrici sempre nel rispetto della legge vigente, unendo così corsi d'acqua che si trovavano in posizioni difficilmente

raggiungibili ad altri della stessa categoria di rischio e con i medesimi obiettivi di qualità. Si è così giunti ad avere 144 corpi idrici interessati dalla rete di monitoraggio 2010-2015 con un totale di 152 stazioni, in quanto alcuni corpi idrici sono interessati da più tipologie di monitoraggio. È stato inoltre incluso nella rete un insieme di acque dolci superficiali destinate alla vita di specie salmonicole, le quali vanno monitorate con frequenza trimestrale con 16 stazioni totali. Vista la inadeguatezza di due dei cinque corsi d'acqua considerati in questo ambito, le stazioni sono state successivamente ridotte a 9 da ARPA Valle D'Aosta (ARPA VdA, 2013).

Il metodo attuato per il monitoraggio di sorveglianza è detto stratificato, e prevede che le stazioni non vengano monitorate tutte nello stesso anno ma distribuite nei sei anni in maniera omogenea cercando di considerare il congiunto del bacino idrografico. Vengono valutati i seguenti fattori, secondo la normativa:

- Indicatori biologici (Elementi di Qualità Biologica):
  - macroinvertebrati (sistema MacrOper), da campionare tre volte all'anno (con cicli sessennali per i siti di sorveglianza e triennali per i siti operativi e per la rete nucleo);
  - diatomee (Indice Multimetrico di intercalbrazione ICMi), campionate due volte l'anno in coincidenza con due dei campionamenti di macroinvertebrati (con cicli sesennali per i siti di sorveglianza e triennali per i siti operativi e per la rete nucleo);
  - macrofite (*Indice Biologique Macrophytique en Rivière*, IBMR), facoltative per i fiumi alpini, non rientrano nell'EQB. Campionate due volte all'anno;
  - pesci (Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche, ISECO), considera la naturalità della comunità e la condizione delle popolazioni indigene, intesa come capacità di riprodursi e avere dinamiche ecologico-evolutive.
- Indicatori chimico-fisici a supporto: nutrienti (composti azotati e fosforo totale); ossigeno disciolto espresso come percentuale di saturazione. Questi valori vengono integrati in un unico descrittore detto Livello di Inquinamento dei Macrodescrittori per lo stato ecologico (LIMeco)
- Elementi idromorfologici: valutati attraverso l'analisi del regime idrologico (IARI) e delle condizioni morfologiche (IQM).



Per ottenere lo stato ecologico definitivo si segue la seguente procedura:



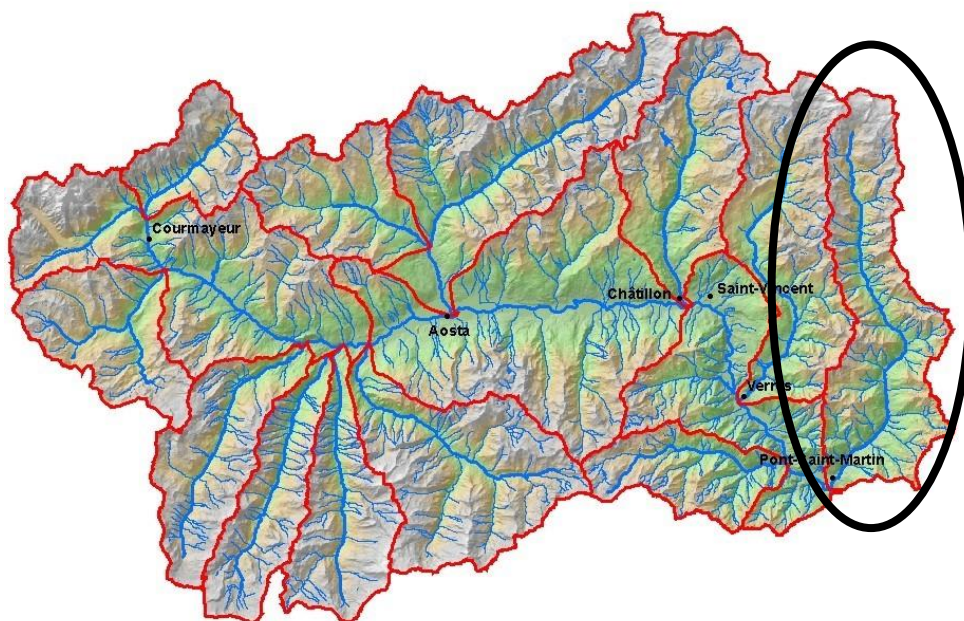
Il giudizio della fase 1 si ottiene incrociando il risultato peggiore, derivato dall'applicazione degli indici biologici per le comunità ittiche, macrobentoniche, macrofitiche o diatomiche, con la classe di qualità ricavata dal calcolo del LIMeco. Il giudizio della fase 2 si ottiene incrociando lo stato di qualità ricavato dalla fase 1 con quello ottenuto dalla ricerca di inquinanti specifici (inquinanti non appartenenti all'elenco delle priorità). Se lo stato complessivo del corpo idrico (fase 1 + 2) risultasse "elevato", è necessario provvedere ad una conferma di tale stato mediante le analisi idromorfologiche. Se tale conferma risultasse negativa, al corpo idrico verrebbe assegnato lo stato "buono" (Arpa VdA, 2013). Più in

generale, l'espressione dello stato di un corpo idrico corrisponde al valore più basso del suo stato chimico ed ecologico.

## 2.2 Il torrente Lys

Il torrente Lys, lungo 38 km, è un affluente di sinistra orografica della Dora Baltea, nella quale confluisce all'altitudine di 310 m slm. Scorre nella omonima valle del Lys detta anche Valle di Gressoney. Il suo bacino è orientato verso sud e comprende in tutto una superficie di 280,5 km<sup>2</sup>, di cui il 5,52% è costituito da aree glaciali che si trovano nella testata del bacino. Il dislivello presentato è di 4222 m, il maggiore tra i bacini interni della Valle d'Aosta. La sua vallata è incassata tra ripide pareti e depositi morenici, rivelando azione erosiva delle acque combinata con l'azione modellatrice dei ghiacciai del quaternario. Questa unità idrografica costituisce l'8,5% della superficie della Val d'Aosta, con una lunghezza massima di 37,5 km e una larghezza massima di 12 km. Il bacino riceve il contributo di 28 torrenti laterali principali e oltre 40 torrenti secondari, per una lunghezza totale di 626 km di collettori.

Figura 1: Idrografia della Regione Valle d'Aosta, in evidenza il bacino del torrente Lys (Regione Valle d'Aosta, 2013).



## 2.3 Il Deflusso Minimo Vitale per le opere di presa del torrente Lys

Per Deflusso Minimo Vitale (generalmente indicato con DMV) si intende quel quantitativo di acqua rilasciata da una qualsiasi opera di captazione sull'asta di un corso d'acqua, in grado di garantirne la naturale integrità ecologica, con particolare riferimento alla tutela della vita acquatica. Il concetto di Deflusso Minimo Vitale deve essere considerato quindi come portata residua relativamente ad un utilizzo umano della risorsa, e non ha niente a che vedere con il regime

naturale di un fiume, che può prevedere anche periodi di magra o di asciutta per sua stessa natura. (Regione Valle d'Aosta, 2001).

I valori determinati da CVA (Compagnia Valdostana delle Acque) sul torrente Lys per il Deflusso Minimo Vitale sono i seguenti:

Tabella 4: Deflusso Minimo Vitale determinato per le opere di presa del torrente Lys (CVA SpA).

Numero centrale	Punto di rilascio (Presa)	Centrale	DMV (L/s)
15	LYS BALMA	SENDREN	100
16	BIELTSCHUCKEN	ZUINO	280
17	ZUINO	ISSIME	255
19	GUILLEMORE	PONT ST. MARTIN	260

Nel periodo invernale in genere si hanno questi valori di portata, mentre nel periodo estivo i valori tendono ad aumentare, essendo il torrente di origine glaciale.

## 2.4 Procedimento e materiale

Ai fini di un campionamento efficace, è utile che si preceda la fase di analisi vera e propria con una fase di documentazione ambientale sulle caratteristiche del tratto ambientale che si va a monitorare (Buffagni & Erba, 2007), così da scegliere la posizione delle stazioni in maniera più opportuna possibile. In questo modo sarà possibile scegliere siti rappresentativi dell'habitat da monitorare. Tra gli aspetti da prendere in considerazione vi è:

- Morfologia e composizione degli habitat: è necessario che il sito sia rappresentativo del tratto fluviale a cui appartiene.
- Idrologia: evitare aree con piene improvvise o flusso residuo.
- Vegetazione di riva: l'ombreggiatura prodotta dalla vegetazione riparia deve essere rappresentativa del tratto.
- Presenza di strutture di origine antropica: campionare nei pressi di briglie o strutture artificiali solo se queste sono rappresentative.
- Sorgenti puntiformi di inquinamento: scegliere la posizione della stazione in modo che il campionamento avvenga in acque dove il rimescolamento sia completo.

- Sicurezza: evitare campionamenti in zone di difficile accessibilità, con argini scivolosi o ripidi, acqua troppo profonda, corrente troppo rapida, ecc.

Altri accorgimenti utili da prendere prima del campionamento sono:

- Accertarsi che non siano avvenuti altri tipi di monitoraggio nei 2-3 giorni precedenti;
- Effettuare la stima dei microhabitat da riva, oppure dall'alveo evitando tale punto nel successivo campionamento;
- Non campionare durante o subito dopo eventi di piena o periodi di secca.

L'area da campionare è sempre funzione della idroecoregione (HER) di appartenenza e in genere si raccolgono 10 unità di campionamento per il monitoraggio operativo, 10+4 per gli altri tipi di monitoraggio. Inoltre i punti di raccolta delle 10 repliche vanno collocati in microhabitat presenti con almeno il 10% di estensione, in numero proporzionale all'estensione dei rispettivi microhabitat. In area alpina per il monitoraggio operativo si devono considerare solo i microhabitat minerali, mentre le 4 repliche aggiuntive si possono posizionare ove possibile su substrato biotico (che verrà poi tenuto separato dalle altre 10 repliche). La proporzione dei microhabitat va riportata nella scheda di campo e a volte risulta utile riportare un disegno della zona di campionamento, o scattare una fotografia.

In fase di campionamento si suggerisce la presenza di due operatori sul campo, un terzo operatore può compilare la scheda di campo e avere una visione esterna del sito e della composizione in microhabitat. Si comincia a campionare dal punto più a valle e si prosegue verso monte per non disturbare gli habitat che verranno campionati in seguito. La rete va sempre posta ben appoggiata al fondo e controcorrente, assicurandosi che il barattolo sia completamente riempito di acqua e non galleggi. La rete va svuotata ogni 3 repliche raccolte, specialmente se il campionamento è avvenuto in presenza di substrato fine o presenza di detrito vegetale.

La fase di smistamento va effettuata sul campo, consentendo buona efficienza di raccolta e ottimi livelli di comparabilità. Il campione va smistato poco alla volta, agitandolo di tanto in tanto per risospingere gli organismi e versando poco per volta la parte liquida nella vaschetta aggiungendo acqua limpida. In presenza di macrofite si consiglia invece di asciugare poco a poco le alghe sul bordo della vaschetta così da far uscire i macroinvertebrati che si avvicineranno all'acqua.

Nella fase di fissaggio vanno conservati separatamente gli individui dei *taxa* più fragili come gli efemerotteri oppure quelli che presentano difficoltà di conservazione, per facilitare così la identificazione in laboratorio. È necessario inoltre eliminare i detriti grossolani ed etichettare il campione con data, sito e tipo di campione contenuto.



Tabella 5: Materiale utilizzato sul campo e in laboratorio per i monitoraggi (APAT, 2007)

<b>Materiale usato nel campo:</b>	<b>Materiale usato in laboratorio:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abbigliamento: stivali di gomma tuttacoscia o a salopette in caso di profondità elevate o periodi freddi, guanti di gomma spessi (lunghezza consigliata 70 cm).</li> <li>- Rete Surber: retino in acciaio o lega di alluminio con area di campionamento delimitata da un telaio di dimensioni 0,22x0,23 m, con area 0,5 m<sup>2</sup>, oppure 0,32x0,32 m circa con area di 0,1 m<sup>2</sup>. La maglia della rete deve essere di 500 µm. Sul fondo della rete deve esserci un barattolino di raccolta.</li> <li>- Retino immanicato: per campionamenti a profondità superiori a 0,5 m, il retino è di aspetto simile alla rete Surber con un telaio che delimita la superficie da campionare.</li> <li>- Secchi con coperchio, con volume da 5 a 10 L, per contenere il materiale raccolto</li> <li>- Vaschette bianche per lo smistamento, preferibilmente con fondo a righe per facilitare il conteggio. Dimensioni 50x40x12 cm e 35x40x7 cm.</li> <li>- Provette con tappo a tenuta per ridurre l'evaporazione dell'alcool, a fondo piatto. Capacità di 5, 10 e 30 mL per immagazzinare animali di dimensioni diverse.</li> <li>- Alcool 90% in quantità adeguata.</li> <li>- Pinzette in acciaio.</li> <li>- Materiale di cancelleria: matite, gomme, temperino, pennarello indelebile.</li> <li>- Etichette adesive per etichettatura 3x2 cm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Microscopio ottico;</li> <li>- Microscopio stereoscopico;</li> <li>- Pinzette;</li> <li>- Piastre Petri;</li> <li>- Guide di identificazione</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>- Guanti in lattice da utilizzare in caso di smistamento di campioni molto inquinati.</li> <li>- Ricevitore GPS per fissare la posizione dei siti di campionamento.</li> <li>- Altro materiale: colino, cartelletta rigida portablocco, cassa in plastica per trasporto materiale, portaprovette, fotocamera digitale, sedie e tavolo da campeggio pieghevoli, cerate con cappuccio impermeabili, asta graduata per misura della profondità, lente di ingrandimento.</li></ul>	
--	--

### **3 Analisi dei risultati**

Si procede ora a presentare le stazioni in cui si è effettuato il monitoraggio, giustificandone la collocazione anche rispetto alle stazioni posizionate da ARPA per i monitoraggi "istituzionali" atti alla determinazione della qualità dei corsi d'acqua. Le stazioni di monitoraggio relative allo studio in oggetto sono state localizzate con l'obiettivo di cercare di monitorare soprattutto il parametro "quantità d'acqua", quindi tendenzialmente a monte-valle rispetto alle opere di presa; quando le stazioni sono inserite in tratti intermedi e/o lontane da opere di presa, i motivi possono essere vari: o perchè ci sono due opere di presa vicine (e quindi la stessa stazione può servire come punto di controllo di valle per la centrale soprastante e contemporaneamente come punto di controllo di monte per la centrale sottostante), oppure perchè ci sono grosse confluenze che si è ritenuto opportuno monitorare, o infine anche per questioni logistiche. Negli allegati 1 e 2 si presenta la cartografia della situazione, chiarendo la posizione di opere di presa, centrali idroelettriche e stazioni di monitoraggio MacrOper.

#### **3.1 Presa Lysbalma – Centrale Sendren**

La distanza fra l'opera di presa e la centrale è di 3,66 km. Nel tratto a monte dell'opera di presa l'ARPA non ha mai posizionato delle stazioni di controllo, mentre fino all'anno 2009 era presente una stazione di ARPA per i campionamenti IBE e LIM nel tratto sotteso, a circa 2,38 km dall'opera di presa, in località "Perletoa"; la successiva stazione di ARPA VdA sul torrente Lys era localizzata a Gaby, in un punto molto più a valle del tratto in oggetto e quindi non utilizzabile allo scopo. La porzione di torrente Lys in oggetto è scarsamente interessata da pressioni antropiche puntuali e/o diffuse e presenta una buona naturalità, soprattutto nella porzione centrale del tratto sotteso, dove era presente la sopra citata stazione dell'ARPA; malgrado ciò, data la lunghezza del tratto sotteso (3,66 km), la sua eterogeneità (caratterizzata dall'alternanza di aree con una buona naturalità specialmente nel settore intermedio e tratti invece notevolmente alterati da importanti opere di regimazione) e la presenza di una zona a valle della presa spesso soggetta ad asciutta completa, si è ritenuto opportuno posizionare in questo tratto almeno tre punti di controllo, denominati LY 1M Lysbalma, LY 1Sa Biela, LY 1R Flue; dal 2010 è stata acquisita anche la stazione di ARPA a Perletoa, ora codificata come LY 1Sb Perletoa. Il metodo MacrOper è stato applicato nella stazione "LY 1Sa Biela".

#### **3.2 Presa Bieltschucken – Centrale Zuino**

La distanza fra l'opera di presa e la centrale è di 10,04 km. Nel tratto subito a monte di questa derivazione l'ARPA non disponeva di stazioni di controllo ambientale, mentre era presente una stazione di ARPA nel tratto sotteso, a circa 7,824 km dall'opera di presa, in località "Ponte schiena d'asino" a Gaby, ora codificata come LY 2Sb Ponte schiena d'asino. Questo tratto è spesso soggetto ad

una forte riduzione della portata, con periodi di crisi idrica. Il monitoraggio è quindi stato effettuato in tre stazioni localizzate a monte della presa di Bieltschucken, che rappresenta il “bianco” ambientale, e subito a valle dell’opera di presa, a Weissmatten, dove più forti sono gli effetti della derivazione (in quest’ultima è stato applicato il MacrOper); la terza stazione è quella di Gaby, ex ARPA, localizzata molto più a valle ma sempre all’interno del tratto sotteso.

### **3.3 Presa Zuino – Centrale Issime**

La distanza fra l’opera di presa e la centrale è di 3,034 km. L’ARPA VdA non ha mai inserito delle stazioni di controllo in questo settore del fiume, né a monte dell’opera di presa, né nel tratto sotteso e nemmeno infine nel tratto a valle della restituzione della centrale di Issime. Per la centrale di Issime non è stata posizionata alcuna stazione di controllo a monte dell’opera di presa, dal momento che si ricadrebbe nel tratto sotteso dalla soprastante centrale di Zuino. Si è ritenuto invece necessario il posizionamento di una stazione di controllo nel tratto sotteso, e in particolare poco più a valle dell’opera di presa, nel settore del torrente dove la normale portata fluente risente maggiormente della derivazione. Il restante tratto del corso d’acqua non subisce particolari impatti antropici se non quelli dovuti alle opere di regimazione realizzate lungo il centro abitato di Issime e in buona parte anche fino alla centrale di Guillemore. L’acqua scaricata dalla centrale di Issime entra direttamente nel bacino di accumulo di Guillemore, quindi non è stato possibile posizionare una stazione di rilevamento rappresentativo del tratto a valle della restituzione. Il monitoraggio MacrOper è stato fatto nella stazione “LY 3S Zuino”.

### **3.4 Presa Guillemore – Centrale Pont-Saint-Martin**

La distanza fra l’opera di presa e la centrale è di 10,45 km. Non sono mai state inserite delle stazioni di controllo di ARPA VdA nel tratto a monte e in quello sotteso dalla presa di Guillemore. Come per la situazione precedente (centrale di Issime), anche in questo caso non è stata posizionata una stazione di controllo a monte dell’opera di presa, dal momento che sarebbe ricaduta nel tratto sotteso della soprastante centrale di Issime. La ridotta presenza di pressioni antropiche puntuali e diffuse, la buona naturalità del tratto sotteso e la presenza di una stazione ex ARPA, attiva fino al 2009 e ora sostituita dalla stazione codificata come “LY 4R foce”, hanno permesso di inserire una singola stazione di rilevamento all’interno del tratto sotteso, oltre ovviamente a quella nei pressi della confluenza con la Dora Baltea. Il tratto immediatamente a valle della derivazione è inaccessibile (orrido di Guillemore), per cui la stazione di rilevamento è stata posizionata poco a monte dell’abitato di Fontainemore. Il MacrOper è stato applicato nella stazione denominata “LY 4S Core”.

Tabella 6: Dati relativi ai monitoraggi MacrOper effettuati nel torrente Lys nel periodo 2013-2014. Le stazioni e il loro posizionamento vengono descritti nei paragrafi 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 (Aquaprogram Srl, 2014).

codice stazione	nome corso d'acqua	nome località	data di campionamento	tipo fluviale	mesohabitat di campionamento (atteso) associato al tipo fluviale (da DM 260/2010)	alternanza riffle/pool riconoscibile? (in campo, al momento di condurre il campionamento, si verifica se è visibile o meno l'alternanza riffle/pool per il confronto con la situazione attesa)	mesohabitat in cui si è eseguito il campionamento	classe di qualità MacrOper
Stazione	CorsoAcqua	Localita	Data	Tipo Da Stazioni	Tipo Atteso da Campione	R- P_riconoscibile	Campionato da 10repliche	Classe
LY 1Sa Biela	Lys	Staffeschstag	18/09/2012	01GH2	Generico	NO	Generico	I
LY 1Sa Biela	Lys	Staffeschstag	12/03/2013	01GH2	Generico	NO	Generico	I
LY 1Sa Biela	Lys	Staffeschstag	04/09/2013	01GH2	Generico	NO	Generico	II
LY 1Sa Biela	Lys	Staffeschstag	25/02/2014	01GH2	Generico	NO	Generico	I
LY 2Sa Weissmatten	Lys	Gressoney-Saint-Jean	18/09/2012	01GH2	Generico	NO	Generico	I
LY 2Sa Weissmatten	Lys	Gressoney-Saint-Jean	12/03/2013	01GH2	Generico	NO	Generico	I
LY 2Sa Weissmatten	Lys	Gressoney-Saint-Jean	04/09/2013	01GH2	Generico	NO	Generico	II
LY 2Sa Weissmatten	Lys	Gressoney-Saint-Jean	26/02/2014	01GH2	Generico	NO	Generico	I

codice stazione	nome corso d'acqua	nome località	data di campionamento	tipo fluviale	mesohabitat di campionamento (atteso) associato al tipo fluviale (da DM 260/2010)	alternanza riffle/pool riconoscibile? (in campo, al momento di condurre il campionamento, si verifica se è visibile o meno l'alternanza riffle/pool per il confronto con la situazione attesa)	mesohabitat in cui si è eseguito il campionamento	classe di qualità MacrOper
Stazione	CorsoAcqua	Localita	Data	Tipo Da Stazioni	Tipo Atteso da Campione	R-P_riconoscibile	Campionato da 10repliche	Classe
LY 3S Zuino	Lys	Issime	19/09/2012	01GH2	Generico	NO	Generico	I
LY 3S Zuino	Lys	Issime	13/03/2013	01GH2	Generico	NO	Generico	II
LY 3S Zuino	Lys	Issime	04/09/2013	01GH2	Generico	NO	Generico	I
LY 3S Zuino	Lys	Issime	26/02/2014	01GH2	Generico	NO	Generico	II
LY 4S Core	Lys	Periasc	13/09/2012	01GH3	Riffle	NO	Generico	II
LY 4S Core	Lys	Periasc	13/03/2013	01GH3	Riffle	NO	Generico	II
LY 4S Core	Lys	Periasc	05/09/2013	01GH3	Riffle	NO	Generico	II
LY 4S Core	Lys	Periasc	25/02/2014	01GH3	Riffle	NO	Generico	II
LY 4S Core	Lys	Periasc	30/04/2014	01GH3	Riffle	NO	Generico	II

Tabella 7: Dati relativi ai monitoraggi MacrOper effettuati sul torrente Lys in Val d'Aosta nel periodo 2013-2014. In questa tabella si presentano i valori delle metriche e dell'indice STAR\_ICMi, ottenuti dai monitoraggi nelle stazioni precedentemente presentate nei paragrafi 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 (Aquaprogram Srl, 2014)

codice stazione	data di campionamento	classe di qualità MacrOper	risultato (valore) indice STAR-ICMi	mesohabitat di riferimento per il calcolo di STAR-ICMi	risultato di una delle 6 metriche che compongono lo STAR-ISMi (ASPT)	risultato di una delle 6 metriche che compongono lo STAR-ISMi (numero totale delle famiglie)	risultato di una delle 6 metriche che compongono lo STAR-ISMi (numero di famiglie di EPT)	risultato di una delle 6 metriche che compongono lo STAR-ISMi (1-GOLD)	risultato di una delle 6 metriche che compongono lo STAR-ISMi (indice di diversità di Shannon-Wiener)	risultato di una delle 6 metriche che compongono lo STAR-ISMi (log <sub>10</sub> (Sel_EPTD+1))
Stazione	Data	Classe	STAR-ICMi	CalcoloSTAR	ASPT	N_Fam	N_EPT_Fam	1_GOLD	Shannon	SeLEPTD
LY 1Sa Biela	18/09/2012	I	0,975	Generico Singolo	6,38	14,00	8,00	0,68	1,94	1,72
LY 1Sa Biela	12/03/2013	I	1,094	Generico Singolo	6,87	18,00	10,00	0,79	1,56	1,85
LY 1Sa Biela	04/09/2013	II	0,921	Generico Singolo	6,18	13,00	7,00	0,45	1,75	1,83
LY 1Sa Biela	25/02/2014	I	1,167	Generico Singolo	6,64	16,00	9,00	0,83	1,45	2,87
LY 2Sa Weissmatten	18/09/2012	I	1,078	Generico Singolo	6,20	21,00	8,00	0,77	1,65	1,96
LY 2Sa Weissmatten	12/03/2013	I	1,009	Generico Singolo	6,00	14,00	6,00	0,93	1,27	2,49
LY 2Sa Weissmatten	04/09/2013	II	0,828	Generico Singolo	5,73	13,00	6,00	0,30	1,62	1,61
LY 2Sa Weissmatten	26/02/2014	I	1,109	Generico Singolo	6,38	18,00	8,00	0,67	1,70	2,45

codice stazione	data di campionamento	classe di qualità MacrOper	risultato (valore) indice STAR-ICMi	mesohabitat di riferimento per il <u>calcolo</u> di STAR-ICMi	risultato di una delle 6 metriche che compongono lo STAR-ISMi (ASPT)	risultato di una delle 6 metriche che compongono lo STAR-ISMi (numero totale delle famiglie)	risultato di una delle 6 metriche che compongono lo STAR-ISMi (numero di famiglie di EPT)	risultato di una delle 6 metriche che compongono lo STAR-ISMi (1-GOLD)	risultato di una delle 6 metriche che compongono lo STAR-ISMi (indice di diversità di Shannon-Wiener)	risultato di una delle 6 metriche che compongono lo STAR-ISMi (log <sub>10</sub> (Sel_EPTD+1))
Stazione	Data	Classe	STAR-ICMi	CalcoloSTAR	ASPT	N_Fam	N_EPT_Fam	1_GOLD	Shannon	SeIEPTD
LY 3S Zuino	19/09/2012	I	1,029	Generico Singolo	6,33	14,00	7,00	0,88	2,02	2,10
LY 3S Zuino	13/03/2013	II	0,948	Generico Singolo	6,08	14,00	7,00	0,40	1,52	2,12
LY 3S Zuino	04/09/2013	I	1,105	Generico Singolo	6,50	17,00	8,00	0,77	2,05	2,25
LY 3S Zuino	26/02/2014	II	0,767	Generico Singolo	5,60	12,00	5,00	0,50	1,26	1,41
LY 4S Core	13/09/2012	II	0,732	Media Riffle/Pool	5,92	15,00	7,00	0,61	1,84	1,53
LY 4S Core	13/03/2013	II	0,846	Media Riffle/Pool	6,00	19,00	8,00	0,59	1,83	2,23
LY 4S Core	05/09/2013	II	0,814	Media Riffle/Pool	6,23	17,00	7,00	0,61	1,86	1,96
LY 4S Core	25/02/2014	II	0,909	Media Riffle/Pool	6,93	17,00	9,00	0,69	1,72	2,32
LY 4S Core	30/04/2014	II	0,943	Media Riffle/Pool	6,21	23,00	8,00	0,64	2,07	2,55



## 4 Conclusioni

Come si può constatare dai dati, gli obiettivi richiesti dalla *WFD* vengono raggiunti, in quanto in tutte le stazioni campionate la classe ecologica è risultata essere nella classe I (stato ecologico elevato), e classe II (stato ecologico buono). Ciò significa che i valori di portata di Deflusso Minimo Vitale di cui si voleva verificare l'efficacia si confermano adatti a mantenere la diversità biologica a livelli anche elevati, nonostante le pressioni ambientali presenti (es. scarichi civili, alterazioni morfologiche dell'alveo, ecc.).

Il "metodo multihabitat proporzionale", con il suo approccio innovativo ha permesso un'analisi dettagliata delle stazioni in oggetto, sia in campo qualitativo (composizione specifica della comunità), che in campo quantitativo (stima dell'abbondanza relativa in funzione dei microhabitat presenti).

Un elemento di criticità del "metodo multihabitat proporzionale" che si è riscontrato nel torrente Lys, e che si presume riguardi la sua applicazione in tutta l'area alpina o comunque nei corsi d'acqua ad elevata pendenza, sembra essere l'individuazione della sequenza *riffle/pool*, che di fatto nel caso del Lys non è stata mai riconoscibile, cosicché i campionamenti sono stati condotti in modalità "generico".

Il confronto dei dati con quelli ottenuti con il metodo IBE nei periodi antecedenti a quello in oggetto hanno dimostrato che il sistema MacrOper permette di giungere a risultati simili, ma con elementi di maggior dettaglio e completezza (stima quantitativa dei macroinvertebrati presenti, composizione in habitat del sito considerato, ecc.) che ne garantiscono una maggiore attendibilità e replicazione.

Si può concludere dicendo che il "metodo multihabitat proporzionale" permette di ottenere risultati affidabili, i quali, grazie all'applicazione del sistema MacrOper con l'ausilio dell'indice STAR\_ICMi permettono di stabilire con un buon livello di affidabilità lo stato ecologico di un corso d'acqua guadabile, rispondendo così a tutte le richieste della *Water Framework Directive*.

## 5 Bibliografia

-AA VV, (2003), Atlante di Ecologia, Macroinvertebrati bentonici, <http://www.atlantecologia.unito.it/page.asp?xml=bentonici> (ultima consultazione 18/11/2015).

-AA VV, (2005), Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani

-Agostinelli M., (2008), Metodologie per la stima del deflusso minimo vitale nei bacini alpini e loro applicazione. Corso di laurea specialistica in tecnologie forestali e ambientali, Università degli Studi di Padova.

-Andreani P., Battagazzore M., Belfiore C., Bernabei S., Buffagni A., Casino N., Ciadamidaro S., Damiani G., Erba S., Floris B., Le Focche M., Mancini L., Martone C., Morisi A., Pace G., Pagnotta R., Siligardi M., (2008), Protocollo di campionamento per i macroinvertebrati bentonici dei corsi d'acqua guadabili

-ARPA Valle D'Aosta, (2013), Processo di implementazione della Direttiva 2000/60/CE, definizione delle nuove reti di monitoraggio sul territorio della Valle d'Aosta e classificazione dei corpi idrici fluviali, <http://www.arpa.vda.it/it/ambiente-naturale/acqua/ambacqua02processo-di-implementazione-della-direttiva-200060ce-definizione-delle-nuove-reti-di-monitoraggio-sul-territorio-della-valle-daosta-e-classificazione-dei-corpi-idrici-fluviali/952-acque-superficiali/1362-1362-processo-di-implementazione-della-direttiva-200060ce-definizione-delle-nuove-reti-di-monitoraggio-sul-territorio-della-valle-daosta-e-classificazione-dei-corpi-idrici-fluviali>. (ultima consultazione 04/11/2015).

-Buffagni A., Erba S. (2007). Intercalibrazione e classificazione di qualità ecologica dei fiumi per la Direttiva 2000/60/CE (WFD): l'indice STAR\_ICMi. IRSA/CNR, Notiziario dei Metodi Analitici, 1 Marzo 2007: pp 94-100.

-Buffagni A., Erba S. (2007a). Macroinvertebrati acquatici e Direttiva 2000/60/EC (WFD)- Parte A. Metodo di campionamento per i fiumi guadabili. IRSA/CNR, Notiziario dei Metodi Analitici, 1 Marzo 2007: pp 2-27.

-Buffagni A., Erba S., Aquilano G., Armanini D.G., Beccari C., Casalegno C., Cazzola M., Demartini D., Gavazzi N., Kemp J.L., Mirolo N., Rusconi M. (2007b). Macroinvertebrati acquatici e Direttiva 2000/60/EC (WFD)- Parte B. Descrizione degli habitat fluviali a supporto del campionamento biologico. IRSA/CNR, Notiziario dei Metodi Analitici, 1 Marzo 2007: pp 28-52.

-Buffagni A., Erba S., Alber R., Belfiore C., Bielli E., Armanini D.G., Cazzola M., Cuomo S., Demartini D. (2007c). Macroinvertebrati acquatici e Direttiva 2000/60/EC (WFD)- Parte C. Scheda di campionamento per i fiumi guadabili e note

generali a supporto delle attività di campo. IRSA/CNR, Notiziario dei Metodi Analitici, 1 Marzo 2007: pp 53-68.

-Buffagni A., Erba S., Pagnotta R. (2008). Definizione dello stato ecologico sulla base dei macroinvertebrati bentonici per la 2000/60/CE (WFD): Il sistema di classificazione MacrOper. IRSA/CNR, Notiziario dei Metodi Analitici, Numero Speciale 2008: pp 24-46.

-CVA SpA (2006), informazioni sugli impianti in valle d'Aosta. <http://www.cvaspa.it/acqua/impianti> (ultima consultazione 25/11/15).

-D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale". Pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006 – Supplemento Ordinario n. 96.

-Direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque. Gazzetta Ufficiale delle Comunità europee. 22 Dicembre 2000.

-D.M. Ambiente 8 novembre 2010, n° 260: Criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo. Supplemento alla G.U. n. 30 del 7 febbraio 2011. Vigente da febbraio 2011. All. 1:55-79.

-Gargiulo A., 2010, Applicazione sperimentale del metodo MacrOper per la componente macrobentonica nei torrenti valdostani soggetti alla sperimentazione per la definizione del DMV: pp. 3-40.

-Regione Valle d'Aosta (2008), documentazione sul bacino del torrente Lys, caratteristiche generali, idrografia, vegetazione, geologia, caratteristiche climatiche. [http://www.regione.vda.it/territorio/territorio/Piano\\_acque/documentazione/CaratteristicheGenerali/BacSensi\\_13.htm](http://www.regione.vda.it/territorio/territorio/Piano_acque/documentazione/CaratteristicheGenerali/BacSensi_13.htm). (ultima consultazione 04/11/2015).

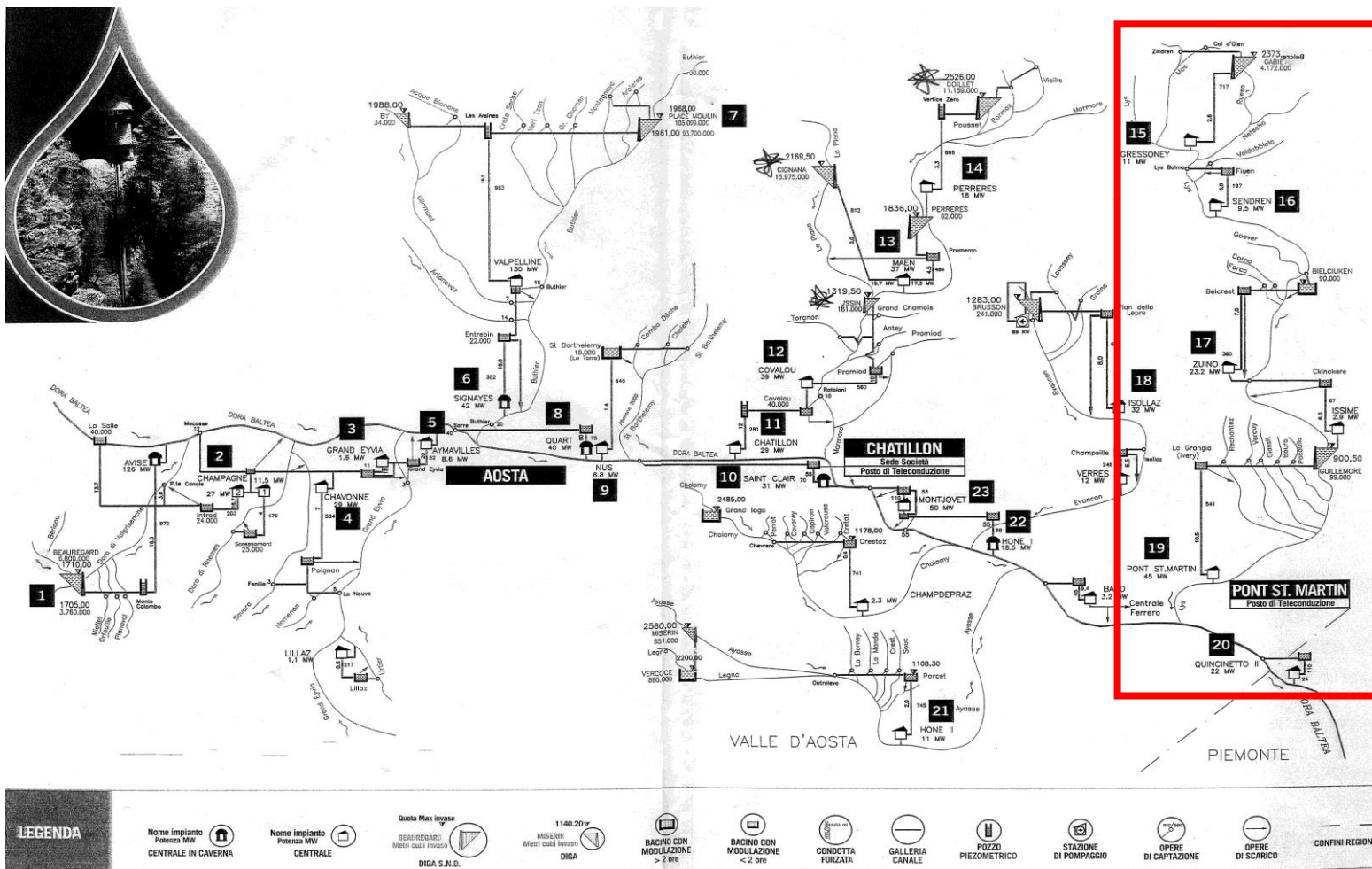
-Regione Valle d'Aosta (2001), Presentazione del piano tutela acque, <http://appweb.regione.vda.it/dbweb/pta/faqpta.nsf/Presentazione?OpenForm&lng=ita> (ultima consultazione 24/11/15).

-Sansoni G., Ghetti P.F., (1992), Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani. Provincia autonoma di Trento, Stazione sperimentale agraria forestale, Servizio protezione ambiente.

-Scaglia P., (2008), Il monitoraggio biologico negli ambienti fluviali: applicazione di metodi tradizionali e metodi conformi alla Direttiva 2000/60/CE basati sullo studio delle comunità dei macroinvertebrati., Corso di laurea specialista in gestione e valorizzazione delle risorse naturali, Università degli studi di Pisa.

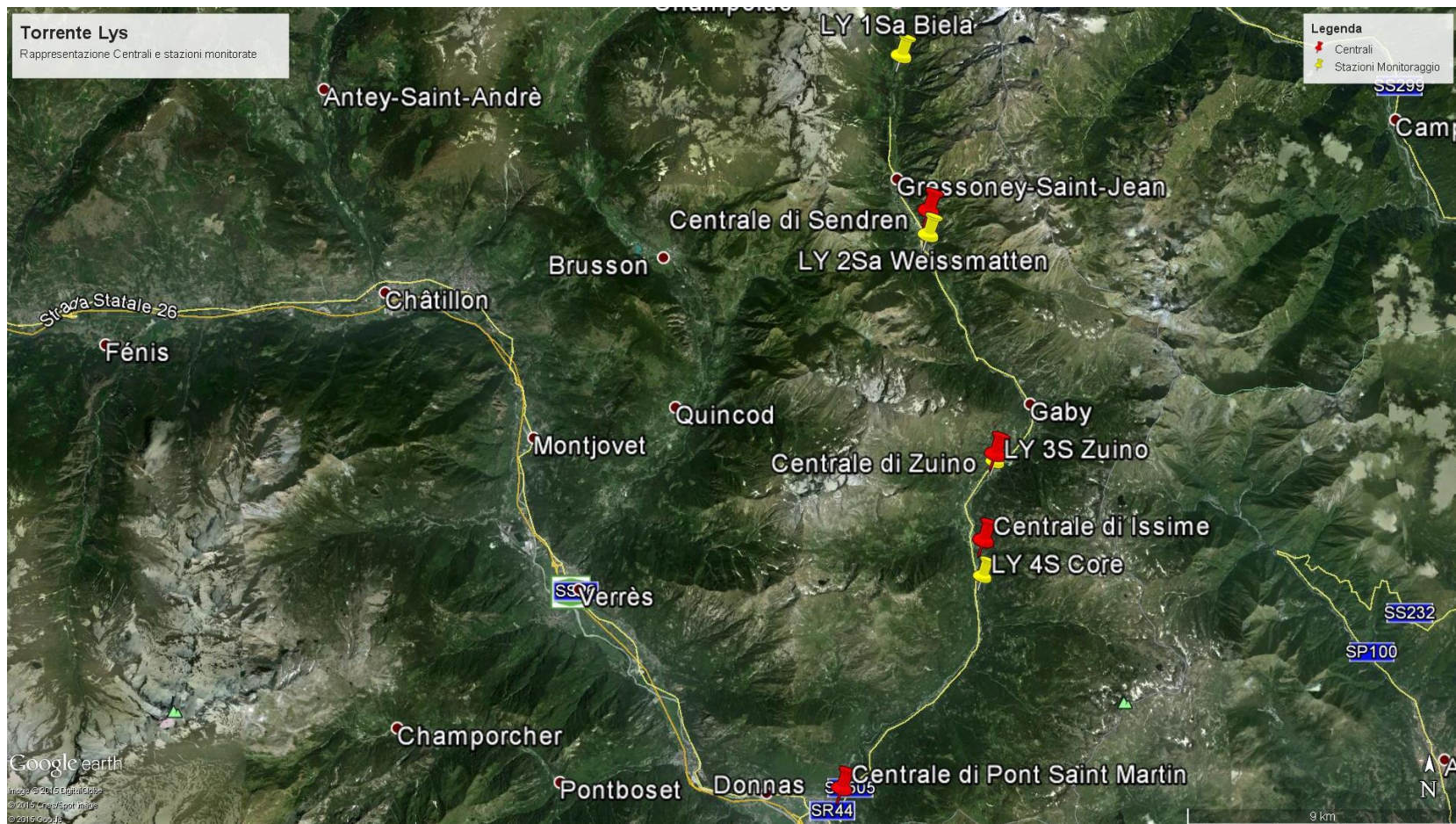
-Spedicato D., (2012), Applicazione del metodo “multihabitat proporzionale” per il monitoraggio biologico dei macroinvertebrati nei fiumi guadabili (Direttiva 2000/60/CE): analisi del bacino del fiume Brenta nella Provincia di Vicenza, Corso di laurea specialistica in Scienze e Tecnologie per l’Ambiente e il Territorio, Università degli Studi di Padova.

-Pini Prato E., (2011), Il Deflusso Minimo Vitale, <http://www.passaggiiperpeschi.it/php01/il-dmv.html> (ultima consultazione 24/11/15).



Allegato 1: opere di presa della ditta CVA SpA in Valle d'Aosta. Nel riquadro in rosso il torrente Lys. (CVA SpA, 2005).





Allegato 2: Carta rappresentante il corso del torrente Lys con evidenziate le stazioni monitorate sul torrente Lys con il metodo MacrOper (in giallo) e le centrali della ditta CVA SpA (in rosso) (Google Earth, 2015).