

# **POLITECNICO DI TORINO**

**Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio**



**Tesi di Laurea Magistrale**

## **Analisi della rete di monitoraggio dei corpi idrici della Valle d'Aosta in relazione ai fattori di pressione presenti sul reticolo torrentizio**

### **RELATORE**

Prof. Claudio Comoglio

Ing. Riccardo Vesipa

Prof. Luca Ridolfi

### **RELATORE ESTERNO**

Dott.sa. Silvia Piovano

Dott. Gianluca Filippa

Dott. Andrea Mammoliti Mochet

### **CANDIDATO**

Francesco Piovano

**Anno Accademico 2019/2020**

## **Ringraziamenti**

Desidero ringraziare la mia famiglia, per avermi sostenuto in questa difficile ,impegnativa ma bellissima esperienza.

Un pensiero speciale a mio Papà che da Lassù mi ha sempre assistito.

---

**INDICE**

CAPITOLO 1 – INTRODUZIONE .....	5
<b>1.1 Inquadramento generale</b> .....	5
<b>1.2 Impatto delle pressioni antropiche sui corsi d’acqua</b> .....	7
CAPITOLO 2 – SCOPO .....	11
CAPITOLO 3 – MATERIALI E METODI .....	12
<b>3.1 Area di studio</b> .....	12
<b>3.1.1 Inquadramento geografico e geologico</b> .....	12
<b>3.1.2 Inquadramento idrografico e idrologico</b> .....	14
<b>3.1.3 Inquadramento climatico</b> .....	15
<b>3.2 Metodi di analisi biologica, microbiologica e chimico fisica dei corsi d’acqua superficiale</b> .....	17
<b>3.2.1 Livello di inquinamento dai Macrodescrittori (L.I.M.)</b> .....	17
<b>3.2.2 Indice Biotico Esteso (I.B.E)</b> .....	17
<b>3.2.3 Macroinvertebrati e Indice STAR_ICMi</b> .....	19
<b>3.2.4 Diatomee e indice intercalibration Common Metrix Index (ICMi)</b> .....	23
<b>3.2.5 Livello di inquinamento dai Macrodescrittori (L.I.M.eco)</b> .....	25
<b>3.2.6 Indice di Qualità Morfologica (I.Q.M.)</b> .....	26
<b>3.3 Attività di monitoraggio dei corsi d’Acqua – periodo 1997-2009</b> .....	29
<b>3.4 Attività di monitoraggio – I Piano di Gestione 2010-2015 - periodo 2010-2015 (ai sensi della Direttiva 2000/60/CE)</b> .....	29
<b>3.5 Attività di monitoraggio – II Piano di Gestione 20116-2021 - periodo 2014-2019</b> .....	31
<b>3.6 Database</b> .....	32
<b>3.7 Analisi temporale dei macroinvertebrati bentonici</b> .....	33
<b>3.8 Correlazioni lineari</b> .....	36
<b>3.9 Analisi dei parametri chimici</b> .....	37
CAPITOLO 4 – RISULTATI .....	42
<b>4.1 Distribuzione di taxa di macrobenthos</b> .....	42
<b>4.2 Correlazione tra presenza di taxa di macrobenthos e pressioni sul reticolo idrografico ..</b> .....	49
<b>4.3 Andamento temporale dei dati chimici</b> .....	50
<b>4.4 Correlazione monte-valle di un set di parametri chimici</b> .....	52
CAPITOLO 5 – DISCUSSIONE .....	61

---

<b>5.1</b>	<b>Analisi della presenza di taxa di macroinvertebrati bentonici .....</b>	<b>61</b>
<b>5.2</b>	<b>Analisi della concentrazione degli inquinanti chimici .....</b>	<b>66</b>
<b>5.3</b>	<b>Analisi della concentrazione secondo il gradiente monte-valle .....</b>	<b>67</b>
CAPITOLO 6 – CONCLUSIONI.....		69
BIBLIOGRAFIA.....		71

## CAPITOLO 1 – INTRODUZIONE

### 1.1 Inquadramento generale

La gestione della risorsa idrica costituisce un ambito di grande interesse normativo sviluppatosi a partire dai primi anni del secolo scorso e parzialmente ancora in vigore. Più recentemente, strumenti normativi quali il "Testo Unico sulle acque" D.Lgs 152/99<sup>1</sup>, abrogato in favore del "Testo Unico ambientale" D.Lgs 152/06<sup>2</sup>, e la "Direttiva Quadro delle Acque"<sup>3</sup> (Water Frame Directory - WFD), contemplano obiettivi di qualità ambientale basati sia sullo stato ecologico sia sullo stato chimico dei corpi idrici e hanno istituito il quadro nazionale per la protezione delle acque superficiali, di transizione, costiere e sotterranee.

La Direttiva Quadro sulle Acque, costituisce attualmente il principale riferimento normativo europeo in materia di tutela delle acque superficiali. Essa stabilisce, per tutti i corpi idrici, il raggiungimento di *un buono stato chimico ed ecologico* e, per i corpi idrici in stato *elevato*, il mantenimento di tale stato. A livello nazionale la Direttiva è stata recepita con il decreto legislativo 152/2006 e s.m.i.

Alla definizione ufficiale di stato ecologico concorre quindi la valutazione di più elementi:

- Elementi di Qualità Biologica (EQB);
- Elementi fisico-chimici e chimici (inquinanti specifici) a sostegno degli elementi biologici;
- Elementi idromorfologici a sostegno degli elementi biologici

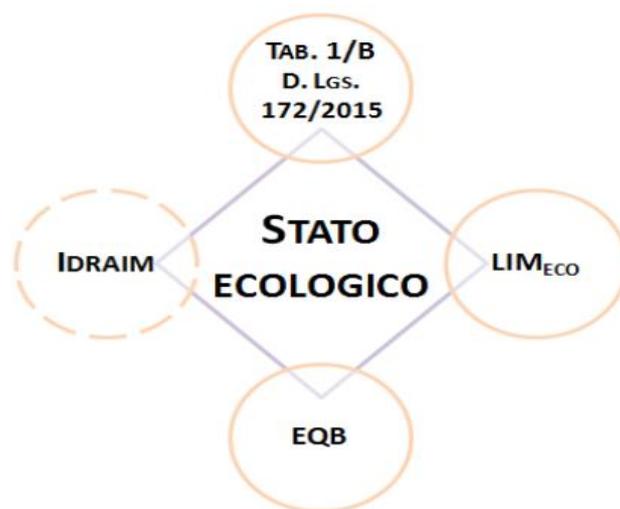
La figura successiva riassume quanto dettagliato di seguito nonché nel capitolo Materiali e metodi.

---

<sup>1</sup> Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152 "Testo aggiornato del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, recante: "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole", a seguito delle disposizioni correttive ed integrative di cui al decreto legislativo 18 agosto 2000, n. 258"

<sup>2</sup> Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale"

<sup>3</sup> 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



**Figura 1:** definizione dello stato ecologico dei corpi idrici superficiali

Come dettagliato in seguito nel capitolo Materiali e metodi, per la definizione dello Stato ecologico dei corpi idrici, assumono attualmente notevole importanza una serie di Elementi di Qualità Biologica (EQB) ovvero macroinvertebrati bentonici, diatomee epilittiche, macrofite e pesci. Tali componenti permettono di rilevare non solo le modificazioni dello stato di salute dell'ambiente ma anche il livello di funzionalità complessiva dell'ecosistema.

Gli *elementi fisico-chimici a sostegno* sono valutati attraverso un singolo descrittore chiamato LIMeco (*Livello di Inquinamento dai Macrodescriptors per lo stato ecologico*) che descrive la qualità delle acque correnti per quanto riguarda i nutrienti e l'ossigenazione.

La valutazione degli *elementi chimici a sostegno* (inquinanti specifici), avviene mediante ricerca di sostanze non appartenenti all'elenco di priorità, i cui Standard di Qualità Ambientale (SQA) sono definiti all'interno della normativa D.Lgs. 172/2015 (Tabella 1/B) e selezionati in base all'analisi delle pressioni e degli impatti presenti sul reticolo in esame.

Per gli *elementi idromorfologici*, la normativa vigente<sup>4</sup> prevede la valutazione di elementi quali il regime idrologico, la continuità fluviale e le condizioni morfologiche. A tale scopo in Italia è stato elaborato il metodo IDRAIM che si basa sul confronto dei risultati ottenuti impiegando l'*Indice di Alterazione del Regime Idrologico* (IARI) e l'*Indice di Qualità Morfologica* (IQM).

Per la definizione di Stato chimico, buono o non buono, occorre fare riferimento a un insieme di inquinanti prioritari e valutarne le concentrazioni media e massima annuali per verificare il rispetto degli Standard di Qualità ambientale (SQA) previsti dal D. Lgs. 172/2015 (Tab. 1/A).

L'Agenda Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Valle d'Aosta ha terminato nel 2009 l'attività di monitoraggio dei corsi d'acqua superficiali ai sensi del D.Lgs. 152/1999, abrogato dal D.Lgs 152/2006, decreto che recepisce formalmente in Italia la Direttiva Europea 2000/60/CE e introduce un sistema di monitoraggio con frequenze e metodi diversi rispetto al pregresso.

Nel 2015 si è concluso il piano di monitoraggio dei corsi d'acqua regionali come previsto a livello di bacino padano dal I Piano di Gestione del Distretto Idrografico del fiume Po (I° PdGPO) e in ottemperanza al D.Lgs 152/2006 e D.M. 260/2010.

Nel 2019 si è concluso invece il secondo ciclo di monitoraggio previsto dal II Piano di Gestione del Distretto Idrografico del fiume Po (II PdGPO 2016-2021): il sessennio valido per questo secondo termine di classificazione dei corpi idrici superficiali è 2014-2019 e la normativa di riferimento per gli inquinanti chimici è stato il D. Lgs. 172/2015.

Per la redazione del presente elaborato, è stata considerata la base dati derivante dall'attività di monitoraggio condotta dall'Agenzia a partire dal 1996 fino al 2019, integrando informazioni derivate dall'applicazione di metodi biologici, microbiologici e fisico-chimici diversi e di protocolli analitici nel tempo aggiornati, oltre che differenti configurazioni della rete di raccolta dati, variata progressivamente in funzione delle richieste normative e dei relativi risultati.

## **1.2 Impatti e pressioni sui corsi d'acqua valdostani**

Tutta l'attività conoscitiva svolta attraverso il monitoraggio e le successive elaborazioni si basano, in accordo con quanto disposto dalla Direttiva Quadro, sull'analisi delle pressioni esercitate sulle acque dai determinanti antropici e ambientali che caratterizzano il territorio regionale, sulla stima degli impatti generati dalla modifica dello stato delle acque sulla salute pubblica, sugli ecosistemi e sulle attività economiche e sulla definizione delle misure necessarie a raggiungere gli obiettivi fissati ai sensi dell'art. 4 della DQA per i corpi idrici regionali.

L'analisi delle pressioni deve consentire di individuare quelle ritenute significative per lo stato dei corpi idrici. Una pressione è definita "significativa" qualora da sola, o in combinazione con altre, contribuisca a un impatto (ovvero a un peggioramento dello stato) che può mettere a rischio il raggiungimento degli obiettivi ambientali di cui all'art. 4, comma 1, della Direttiva 2000/60/CE, che comprendono il raggiungimento dello stato buono per tutti i corpi idrici e il non deterioramento dello stato elevato, l'impedimento della tendenza all'aumento dell'inquinamento delle acque sotterranee e il raggiungimento degli obiettivi per le aree protette.

Tutte le analisi e le elaborazioni condotte a livello regionale hanno tenuto in considerazione le peculiarità del territorio valdostano e dell'ambiente alpino in generale e si sono avvalse del supporto tecnico e conoscitivo di ARPA Valle d'Aosta.

---

<sup>4</sup> Decreto Legislativo 13/10/2015 n.172 – Attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque – Tabella 1/B

La tabella successiva illustra la relazione tra i determinanti, le pressioni effettivamente significative e gli impatti individuati per i corpi idrici regionali (superficiali e sotterranei).

**Tabella 1** - Attività Determinanti e loro relazioni con le pressioni e gli impatti significativi individuati per i corpi idrici regionali.

Determinanti (D)	Pressioni significative (P)		Impatti (I)	Tipologie di acque
	Pressioni I livello	Pressioni II livello		
Sviluppo urbano (comparto civile) Turismo e usi ricreativi Produzione industriale	1. Pressioni puntuali	1.1 Scarichi di acque reflue urbane depurate	Inquinamento da nutrienti Inquinamento organico Inquinamento microbiologico	Superficiale
		1.5 Siti contaminati	Inquinamento organico Inquinamento chimico	Sotterranea
		1.6 Siti per lo smaltimento dei rifiuti	Inquinamento organico Inquinamento chimico Inquinamento microbiologico	Sotterranea
		1.9.3 Serbatoi interrati	Inquinamento organico	Sotterranea
	2. Pressioni diffuse	2.1 Dilavamento suolo ad uso urbano	Inquinamento da nutrienti Inquinamento organico Inquinamento chimico	Sotterranea
Agricoltura	3. Prelievi idrici	3.1 Prelievi idrici per uso irriguo	Alterazione degli habitat per cambiamenti idrologici	Superficiale
Produzione energia		3.6.1 Prelievi idrici per uso idroelettrico		
Difesa dalle alluvioni	4. Alterazioni morfologiche	4.1 Alterazioni fisiche del canale/letto del corpo idrico	Alterazione degli habitat per cambiamenti morfologici	Superficiale
		4.2 Alterazioni morfologiche dighe/barriere/chiusure		

Le pressioni sono cumulativamente definite come variabili direttamente o potenzialmente responsabili del degrado ambientale e sono distinte in tipologie diverse in funzione dei loro impatti sulla qualità, quantità e morfologia dei corpi idrici.

Nell'ambito dell'aggiornamento del Piano regionale di Tutela delle Acque<sup>5</sup>, nel reticolo regionale sono state complessivamente identificate 16 pressioni potenzialmente significative:

- 1.1 Puntuali – Scarichi di acque reflue urbane depurate
- 1.2 Puntuali – Sforatori di piena

<sup>5</sup> Assessorato opere pubbliche, territorio ed edilizia residenziale pubblica, Progetto di aggiornamento del Piano di Tutela delle Acque Allegato 2: Determinanti, Pressioni, Stato, Impatti, Risposte, 2019

- 1.3 Puntuali – Scarichi acque reflue industriali IPPC (soggetti ad autorizzazione integrata ambientale)
- 1.4 Puntuali – Scarichi acque reflue industriali non IPPC (non soggetti ad autorizzazione integrata ambientale)
- 1.5 Puntuali – Siti contaminati, potenzialmente contaminati e siti produttivi abbandonati
- 1.6 Puntuali – Siti per lo smaltimento dei rifiuti (discariche)
- 1.9.3 Puntuali – Serbatoi interrati
- 2.1 Diffuse - Dilavamento urbano (run-off)
- 2.2 Diffuse - Dilavamento terreni agricoli (agricoltura)
- 2.6 Diffuse – Scarichi non allacciati alla fognatura
- 3.1 Prelievi per uso irriguo (estivi ed invernali)
- 3.alt Prelievi per altri usi (estivi ed invernali)
- 3.6.1 Prelievi per uso idroelettrico (estivi ed invernali)
- 4.1 Alterazioni morfologiche – Alterazioni fisiche del canale/letto del corpo idrico
- 4.2 Alterazioni morfologiche – Dighe, barriere e chiuse
- 4.4 Alterazioni morfologiche – Perdita fisica totale o parziale del corpo idrico

Nell'allegato 1, per ciascuna delle 16 pressioni individuate come potenzialmente significative, suddivise per tipologia di pressione (pressioni puntuali, diffuse, prelievi, alterazioni morfologiche), sono schematizzati:

- i criteri di individuazione delle pressioni e le soglie di individuazione della significatività potenziale delle pressioni
- i risultati ottenuti dall'analisi effettuata per il passaggio dalla potenziale significatività alla significatività effettiva (attraverso l'incrocio con i dati del monitoraggio e le relazioni individuate con le diverse tipologie di impatti che la pressione può determinare).

In seguito alle elaborazioni effettuate per il passaggio dalla significatività potenziale alla significatività effettiva, descritte nei precedenti paragrafi, delle 16 pressioni individuate come potenzialmente significative sono state identificate 9 pressioni significative, di cui 5 per i corpi idrici superficiali (sintetizzate nella tabella successiva).

**Tabella 2** - Quadro di sintesi delle pressioni significative a carico dei corpi idrici superficiali valdostani

	N. corpi idrici	% sul totale dei corpi idrici	% sul totale dei corpi idrici con pressioni significative
Corpi idrici superficiali	168	100%	
Presenza di pressioni significative	114	68%	100%
1.1 Pressione puntuale - Scarichi di acque reflue urbane depurate	30	18%	26%
3.1 Pressione prelievo - Prelievi per uso irriguo	29	17%	25%
3.6.1 Pressione prelievo - Prelievi per uso idroelettrico	82	49%	72%
3. Totale prelievi	97	58%	85%
4.1 Alterazioni morfologiche - Alterazioni fisiche del canale/letto del corpo idrico	57	34%	50%
4.2 Alterazioni morfologiche - Dighe, barriere e chiuse	14	8%	11%
4 Totale Alterazioni morfologiche	59	35%	52%

## **CAPITOLO 2 – SCOPO**

La finalità principale del lavoro descritto in questa tesi, svolto in collaborazione con l'ARPA Valle d'Aosta, è l'analisi dei risultati derivanti dalla rete di monitoraggio dei corpi idrici superficiali in relazione ai fattori di pressione (prelievi, scarichi, opere in alveo, agricoltura, attività zootecniche).

Pertanto gli obiettivi della tesi sono i seguenti:

- Analisi geostatistica dei parametri chimico-fisici e delle comunità di macroinvertebrati bentonici in relazione ai fattori di pressione, al fine di valutare gli effetti sulle comunità medesime;
- Verifica di relazioni esistenti tra alcuni parametri chimico-fisici e biodiversità fluviale;
- Definizione di eventuali forzanti e trend significativi nei diversi settori del reticolo fluviale;
- Selezione dei parametri, indici e componenti utilizzati nella rete attuale che meglio rispondono alle pressioni rilevate e influenzano lo stato ambientale;
- Studio della relazione tra le caratteristiche complessive dei siti di campionamento e dei bacini ad essi sottesi, sia in termini di pressioni antropiche sia in termini di qualità naturali;
- Identificazione di elementi informativi per ottimizzare l'assetto della rete attuale e una sua eventuale revisione.

## CAPITOLO 3 – MATERIALI E METODI

### 3.1 Area di Studio

Si riporta di seguito una breve descrizione della Valle d'Aosta dal punto di vista geografico, geologico, idrografico, idrologico e climatico.

#### 3.1.1 Inquadramento geografico e geologico

La Valle d'Aosta è situata nell'estremo settore nord-occidentale dell'Italia, dove lo sviluppo della catena assume un andamento NE-SO, ed è confinante con la Francia a ovest, con la Svizzera a nord e con il Piemonte a sud e a est (Fig. 2.1). La regione si estende, da Ovest a Est, per una lunghezza di circa 80 km ed una larghezza di 40 km. In Valle d'Aosta si trovano i più imponenti massicci delle Alpi, essi sono disposti a formare una sorta di rettangolo che ha per vertici il Monte Bianco (4.810 m) a Nord-Ovest, il Monte Rosa (4.633 m) a Nord-Est, il Gran Paradiso (4.061 m) a Sud-Ovest e la Colma di Mombarone (2.731 m) a Sud-Est. La notevole altezza di queste cime fa sì che la Regione abbia la quota media più alta d'Italia, 2.106 m.

La Valle d'Aosta si estende su una superficie di 3.262 km<sup>2</sup>, coprendo l'intero tratto montano del bacino idrografico della Dora Baltea. Sotto il profilo morfologico, può essere divisa in tre settori:

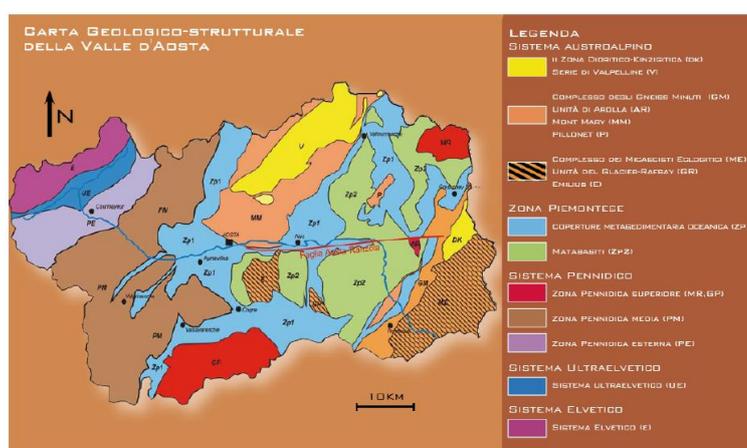
- l'alta Valle, comprendente il settore più elevato del sistema vallivo, dallo spartiacque alpino del massiccio del Monte Bianco fino al limite occidentale della piana di Aosta, in prossimità della confluenza del torrente Grand Eyvia nella Dora Baltea;
- la media valle, comprendente la piana di Aosta e il settore pianeggiante di Fénis, Châtillon, Saint-Vincent fino alla stretta di Montjovet;
- la bassa valle, dalla stretta di Montjovet fino allo sbocco in pianura all'interno dell'Anfiteatro morenico di Ivrea;

Dal punto di vista geologico, il territorio della Valle d'Aosta appartiene al settore della catena alpina, denominato Alpi Occidentali. Si tratta di una catena collisionale strutturata per falde sovrapposte a vergenza nordoccidentale e caratterizzata da un'impronta metamorfica alpina.

La Valle d'Aosta taglia i maggiori sistemi strutturali in cui è suddiviso il lato interno della catena a vergenza europea; più precisamente da Est a Ovest (vedere Figura 2):

- il Sistema Austroalpino composto da unità di crosta continentale e suddiviso in Zona SesiaLanzo ed in un insieme di *klippen* denominati falda della Dent Blanche, i cui litotipi principali sono costituiti da micascisti eclogitici e gneiss minuti

- la Zona Piemontese costituita da unità ofiolitiche che in Valle d'Aosta vengono suddivise in Zona del Combin e in Zona Zermatt-Saas Fee;
- le Unità Pennidiche Superiori anch'esse di pertinenza continentale, costituite dai cosiddetti Massicci Cristallini Interni del Monte Rosa e Gran Paradiso;
- il Sistema Pennidico Medio del Gran San Bernardo, unità di basamento e copertura;
- le Unità Pennidiche Esterne o Subbrianzonesi, affioranti dall'esterno del Sistema del Gran San Bernardo sino al fronte pennidico;
- il Sistema Elvetico-Ultraelvetico e Delfinese comprendenti unità di basamento del Monte Bianco e relative unità di copertura.



**Figura 2** : carta geologica strutturale della Valle d'Aosta ( Bonetto & Gianotti, 1998, modificato)

In Valle d'Aosta, le formazioni superficiali sono tutte quaternarie e costituite da depositi glaciali, depositi alluvionali della Dora Baltea e dei suoi affluenti, depositi lacustri e di origine gravitativa. La conformazione valliva attuale conserva le tracce dirette del modellamento glaciale, sia come forme erosive che deposizionali, ad es. irregolarità nel profilo del versante, ovvero terrazzi formatisi durante i diversi stadi di approfondimento del grande Ghiacciaio Balteo, e rocce e dossi montonati. Con il ritiro dei ghiacciai, il successivo modellamento è avvenuto ad opera dei corsi d'acqua laterali e della Dora Baltea, attraverso il progressivo approfondimento dei fondovalle glaciali e l'erosione delle forme di accumulo glaciale (ad es. le colline moreniche). In tutta la Regione quindi, la principale impronta morfologica è data dalla sovrapposizione del modellamento fluviale – torrentizio su quello glaciale. Importanti forme di accumulo, dovute ai corsi d'acqua, sono presenti allo sbocco delle incisioni vallive laterali, dove si trovano imponenti conoidi alluvionali. Lungo il fondovalle principale, si riconoscono diversi ordini di terrazzi alluvionali, risultato dell'erosione operata dalla Dora Baltea all'interno dei suoi stessi depositi.

Per quanto concerne la *facies* dei depositi di tipo alluvionale, essa è variabile in relazione all'energia di trasporto (che dipende dalla velocità di corrente e dalla pendenza dell'alveo) ed è costituita da alternanza di ghiaie, sabbie e limi, per i depositi della Dora Baltea e da ghiaie ciottolose con blocchi, per i torrenti laterali.

Un ruolo fondamentale nel modellamento del territorio valdostano è svolto attualmente dalla gravità, che opera in sinergia con i vari agenti atmosferici. Sulla dinamica dei versanti attuali ha influito anche in modo indiretto il glacialismo per l'effetto, dilazionato nel tempo, della diminuzione di pressione delle masse glaciali conseguente al loro ritiro. Tale azione ha contribuito all'insorgere di fenomeni di tipo gravitativo su interi versanti, noti come Deformazioni Gravitative Profonde di Versante.

### **3.1.2 Inquadramento idrografico ed idrologico**

Il crinale che corre continuo tra le alte cime della Regione funge, oltre che da confine con Svizzera a Nord, Francia a Ovest e Piemonte a Sud e ad Est, anche da spartiacque idrologico, e rende la Valle d'Aosta un unico bacino idrografico.

La Dora Baltea, il corso d'acqua principale della Regione, si snoda a partire dalla base del massiccio del Monte Bianco, dove nasce dalla confluenza della Dora di Veny con quella della Val Ferret, a circa 1.200 m di quota. Nel primo tratto, è moderatamente inclinata verso Sud - Est e procede in questa direzione fino al comune di Villeneuve, dopo aver inciso profonde gole; prosegue in direzione Ovest - Est attraversando il cuore della Regione fino al gradino di Montjovet che annuncia l'inizio della bassa valle, dove piega bruscamente in direzione Nord - Sud e poi Nord Ovest - Sud Est, facendosi strada tra i coni di deiezione degli affluenti. Superata la stretta di Bard, la Dora raggiunge la piana di Pont-Saint-Martin, ad una quota di circa 300 m; oltre il confine regionale, a 152 km dalla sorgente, confluisce nel Po.

I principali affluenti della Dora Baltea, partendo da Nord-Ovest e proseguendo in senso orario sono: l'Artanavaz (Valle del Gran San Bernardo), il Buthier (Valpelline), il Marmore (Valtournenche), l'Evançon (Val d'Ayas), il Lys (Valle del Lys), l'Ayasse (Valle di Champorcher), il Grand Eyvia (Valle di Cogne), il Savara (Valsavarenche), la Dora di Rhêmes (Val di Rhêmes) e la Dora di Valgrisenche.

La Valle d'Aosta presenta un regime pluviometrico di tipo convecto-orografico. La presenza dei rilievi influenza profondamente la distribuzione delle precipitazioni; la massa d'aria che incontra la catena montuosa subisce una risalita forzata e, per il conseguente raffreddamento, il vapore acqueo

condensa e genera precipitazioni. Gli elevati massici montuosi che fanno da corona al territorio, interrotti solo nella zona sudorientale, limitano gli effetti delle perturbazioni, che giungono impoverite nel cuore delle valli ed in particolare di quella centrale. Nella piana di Aosta, perciò, le precipitazioni raggiungono medie annuali pari a circa 500 mm/anno, mentre nelle zone più piovose (massiccio del Monte Bianco, del Gran San Bernardo e valle del Lys) si raggiungono i 2.000 mm/anno.

Un ruolo importante, per quanto riguarda la natura e la distribuzione delle precipitazioni, è svolto dalla variabile temperatura. Durante la stagione invernale, le precipitazioni sono di tipo nevoso e, ad alte quote, dove la temperatura è costantemente negativa, la neve rimane per tutto il periodo, per poi sciogliersi in corrispondenza dei rialzi termici primaverili ed estivi.

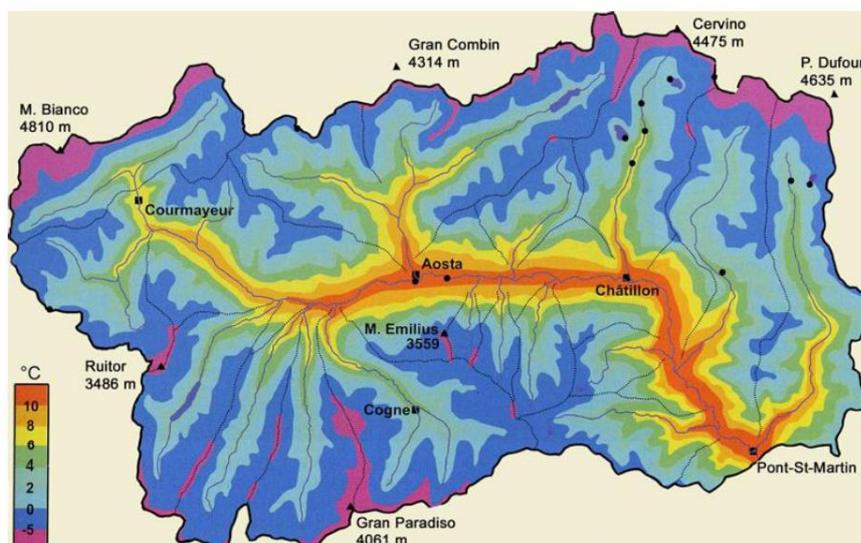
Da un punto di vista strettamente idrologico, la trasformazione degli afflussi in deflussi è fortemente condizionata dalla temperatura e dalla quota di nevai e ghiacciai. Quasi tutte le aste torrentizie dei bacini valdostani presentano, infatti, nella parte alta del loro corso, delle aree glaciali. Il regime idrico è quindi di tipo niveo-glaciale con poche eccezioni.

La distribuzione annuale delle portate presenta il minimo nel periodo invernale e il massimo a giugno-luglio, poiché lo scioglimento delle nevi e dei ghiacci è ritardato a causa delle alte quote. A tarda primavera e all'inizio dell'estate si verificano particolari eventi di piena, detti di morbida, dovuti esclusivamente a fenomeni di scioglimento legati alle temperature.

### **3.1.3 Inquadramento climatico**

Le condizioni climatiche della Valle d'Aosta sono determinate, oltre che dai processi climatici a livello continentale, dalla sua morfologia. Le forti variazioni altimetriche, l'orientazione dei versanti e del fondovalle generano delle situazioni di innevamento prolungato o breve a seconda che il versante considerato sia quello a nord o a sud. Queste caratteristiche comportano una estrema variabilità delle condizioni climatiche con situazioni microclimatiche molto diverse tra loro. La temperatura varia in funzione della quota e dell'esposizione con un gradiente termico verticale medio di 0,65 °C ogni 100 m di altitudine, variabile con valori massimi d'estate e minimi d'inverno e possibili casi di inversione termica. Inoltre la distribuzione termica segue fedelmente il rilievo montuoso. Le particolari condizioni di esposizione dei versanti conferiscono, a quelli esposti a sud, condizioni miti rispetto a quelli esposti a nord (AA. VV., 2003). La temperatura media annua è di 10-12 °C nel fondovalle, scende a circa 7,5 °C a 1200 m di quota. Tra i 2000 e i 2500 m si ha una variabilità di dati compresa tra i 3 e i -2 °C; al di sopra del limite climatico delle nevi persistenti (3100 m) la temperatura è quasi costantemente sotto gli 0 °C. L'isoterma 0°C si colloca attorno a

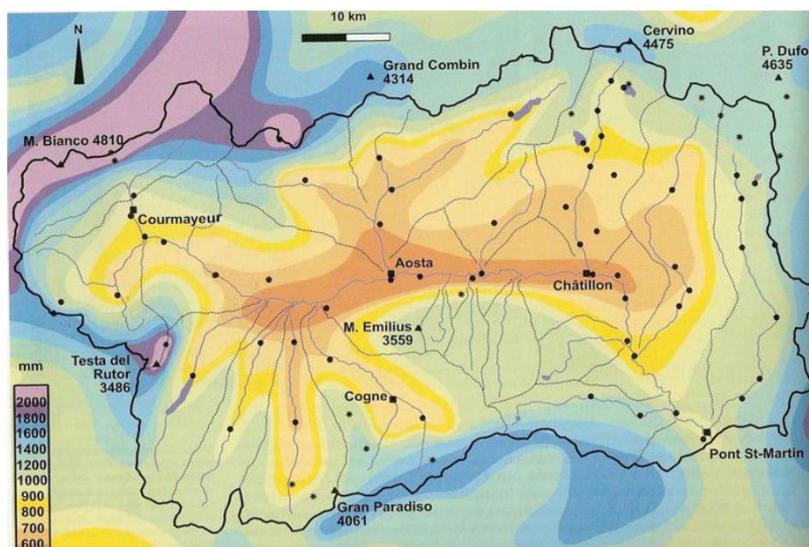
2500 m, la  $-5^{\circ}\text{C}$  è prossima a 3400 m (AA.VV., 2003). Queste affermazioni possono essere visualizzate nella figura successiva.



**Figura 3** : carta delle isoterme medie annue

Per quanto riguarda le precipitazioni, anch'esse sono influenzate dalla presenza dei rilievi, con valori medi annui di circa 950 mm. I valori più bassi di precipitazione media (circa 500 mm annui) vengono raggiunti nella conca di Aosta (AA.VV., 2003) ed aumentano man mano che ci si sposta verso i confini regionali (Fig. 3.4). Tuttavia il fondovalle è ricco d'acqua grazie all'apporto proveniente dalla fusione delle masse di neve e ghiaccio in alta montagna. Il regime pluviometrico è di tipo sub-litoraneo alpino contraddistinto da due massimi nelle stagioni primaverile ed autunnale e due minimi in estate e in inverno. La quantità di neve annuale, invece, è fortemente influenzata dai gradienti di temperatura e precipitazione e si aggira intorno ai 30 cm ogni 100 m. In termini di distribuzione annuale, le precipitazioni nevose cominciano sporadiche nei mesi di ottobre e novembre al di sopra dei 1600-1800 m per poi diminuire a dicembre. A febbraio aumentano di nuovo mentre a marzo, alle basse quote, comincia la fusione del manto nevoso che, con il passare dei mesi, si fa sempre più intensa anche a quote maggiori. Anche in questo caso il fondovalle presenta i valori di nevosità più bassi, intorno ai 50 cm (vedere Figura 4) (AA.VV., 2003).

In definitiva il clima della regione può essere definito di tipo semi-continentale di montagna, temperato-freddo, con precipitazioni scarse (AA.VV., 2003).



**Figura 4** : carta delle isoiete (mm di pioggia e neve fresca) in Valle d’Aosta sui valori medi annuali 1920-2000

### 3.2 Metodi di analisi biologica, microbiologica e chimico fisica dei corsi d’acqua superficiale

Si riporta di seguito una breve rassegna degli indici e degli indicatori derivanti dall’analisi morfologica, biologica, microbiologica e chimico fisica dei corsi d’acqua superficiale effettuata all’interno dell’aria di studio nel periodo 1996 – 2019.

#### 3.2.1 Livello di inquinamento dai Macrodescrittori (L.I.M.)

Il L.I.M. è un indice che si ottiene calcolando per ognuno dei parametri chimici definiti dalla normativa come “Macrodescrittori” (Ossigeno disciolto, BOD<sub>5</sub>, COD, Azoto ammoniacale, Azoto nitrico, Fosforo totale, E.Coli) il 75° percentile su di una serie annua di 12 valori (misurazioni mensili) e individuando, all’interno di una tabella definita dalla normativa, un punteggio per ciascun parametro. Sommando i punteggi dei sette macrodescrittori si ottiene il valore di L.I.M. che può assumere valori compresi tra il livello 1 (livello di inquinamento minore, colore azzurro) e il livello 5 (livello di inquinamento peggiore, colore rosso).

#### 3.2.2 Indice Biotico Esteso (I.B.E)

L’indice è calcolato valutando il popolamento di macrobenthos presente all’interno del corso d’acqua in esame. Il termine macrobenthos definisce un insieme di invertebrati acquatici appartenenti a diversi gruppi sistematici: Insetti, Crostacei, Molluschi, Irudinei, Tricladi, Oligocheti, Nemertini e Nematomorfi. Si tratta di animali che superano il millimetro di lunghezza e

sono quindi visibili a occhio nudo. I macroinvertebrati acquatici sono organismi che vivono almeno una parte della loro vita sul substrato di fondo dei corsi d'acqua grazie a meccanismi di adattamento che permettono loro di resistere alla forza della corrente e alla vita subacquea: generalmente poco mobili, possiedono differenti livelli di sensibilità ai fenomeni di inquinamento e di alterazione degli idrosistemi. Molti taxa hanno cicli vitali relativamente lunghi e svolgono ruoli ecologici differenziati (detritivori, erbivori, predatori, ecc.): tutte queste caratteristiche li rendono ottimi *biomonitors*. Il gruppo dei macroinvertebrati è stato scelto in quanto sono rappresentati da numerosi taxa con differenti livelli di sensibilità alle alterazioni dell'ambiente, sono adeguatamente campionabili, riconoscibili, classificabili, presentano cicli vitali mediamente lunghi, sono legati abbastanza stabilmente al substrato e sono quindi rappresentativi di una determinata sezione di un corso d'acqua. Attraverso l'analisi delle comunità macrobentoniche e, in particolare, valutando la presenza/assenza dei taxa più esigenti e la ricchezza totale del popolamento è possibile calcolare l'Indice Biotico Esteso (I.B.E.), particolarmente adatto a rilevare nel tempo gli effetti dei vari fattori di stress (fisici, chimici, biologici) sull'ecosistema fluviale. L'I.B.E. deriva dall'Extended Biotic Index (E.B.I. messo a punto in Inghilterra da Woodwiss nel 1978) ed è stato introdotto e adattato alla realtà dei corsi d'acqua italiani<sup>6</sup>. Il metodo consente di classificare le acque secondo una scala di valori di qualità biologica compresi tra 1 (indice di estremo inquinamento) a 12 (indice di acque non inquinate). Questi valori sono suddivisi in 5 classi di qualità: a ogni classe è attribuito un determinato colore per evidenziare in cartografia la qualità dei tratti torrentizi campionati. Le attività per l'applicazione del metodo possono essere raggruppate nelle seguenti fasi:

- indagini preparatorie: predisposizione cartografia e raccolta di materiale informativo per il corretto posizionamento dei Siti di monitoraggio;
- attività di campo: scelta del transetto ideale su cui effettuare il campionamento mediante retino immanicato, compilazione della scheda di campo nella parte relativa alle informazioni ambientali del tratto monitorato, separazione e prima classificazione degli organismi;
- attività di laboratorio: classificazione definitiva delle comunità campionate con l'uso di strumenti ottici, assegnazione definitiva del valore di I.B.E.

---

GHETTI P.F. (1986): "I macroinvertebrati nell'analisi di qualità dei corsi d'acqua. Manuale di applicazione - Indice Biotico E.B.I. modificato", Provincia Autonoma di Trento

GHETTI P.F. (1995): "Indice Biotico Esteso (I.B.E.)", Notiziario dei Metodi Analitici IRSA, luglio 1995, 1-24.

GHETTI P.F. (1997): "Manuale di Applicazione: Indice Biotico Esteso - I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti", Provincia Autonoma di Trento, Servizio Protezione Ambiente.

La valutazione effettuata mediante l'applicazione dell'I.B.E. anche se non permette di quantificare e risalire secondo una relazione biunivoca di causa-effetto al preciso fattore che ha determinato l'impatto, confronta la composizione della comunità "ottimale o attesa" che dovrebbe colonizzare la tipologia fluviale monitorata rispetto alla comunità macrobentonica effettivamente campionata.

### 3.2.3 Macroinvertebrati e Indice STAR\_ICMi

L'indice STAR\_ICMi si basa sull'analisi della struttura, composizione e abbondanza della comunità dei macroinvertebrati bentonici. L'indice è stato introdotto nella normativa italiana di riferimento con il D.Lgs 152/2006, in sostituzione dell'indice IBE, e si calcola mediante l'utilizzo del software denominato MacrOper, che consente di derivare una classe di qualità per gli organismi macrobentonici combinando le informazioni relative a:

- sistema tipologico nazionale secondo il D.M. 131/2008,
- limiti di classe definiti all'interno del processo di intercalibrazione europeo,
- valori numerici di riferimento tipo specifici per sei metriche selezionate,
- calcolo dell'indice STAR\_ICMi.

In ARPA Valle d'Aosta, a partire dal 2014, l'indice viene calcolato utilizzando anche nuovi valori di riferimento che gli esperti del MATTM hanno elaborato basandosi sui dati di monitoraggio forniti dall'Agenzia e che dovranno essere recepiti nel decreto di modifica del D.M. 260/2010.

L'indice STAR\_ICMi è stato sviluppato all'interno del Progetto co-finanziato dalla Comunità Europea STAR ("Standardisation of river classifications: Framework method for calibrating different biological survey results against ecological quality classifications to be developed for the Water Framework Directive"), i cui membri hanno fornito supporto tecnico sull'Intercalibrazione; ICMi (Intercalibration Common Metrix Index).

Il metodo di campionamento utilizzato è di tipo multihabitat proporzionale (Buffagni et al. 2007). Il prelievo quantitativo di macroinvertebrati viene effettuato su una superficie nota in maniera proporzionale alla percentuale di microhabitat presenti nel tratto campionato. Nell'idroecoregione 1 (HER1), in cui è situato l'intero territorio valdostano, è previsto il campionamento sui seguenti microhabitat minerali (vedere Tabella 3).

**Tabella 3** - lista e descrizione dei microhabitat minerali (Buffagni et al.2007)

Microhabitat	Codice	Descrizione
Limo/Argilla < 6 µm	ARG	Substrati limosi, anche con importante componente organica, e/o substrati argillosi composti da materiale di granulometria molto fine
Sabbia 6 µm - 2 mm	SAB	Sabbia fine e grossolana
Ghiaia 0,2 - 2 cm	GHI	Ghiaia e sabbia molto grossolana
Microlithal 2-6 cm	MIC	Pietre piccole
Mesolithal 6-20 cm	MES	Pietre di medie dimensioni
Macrolithal 20-40 cm	MAC	Pietre grossolane
Megalithal > 40 cm	MGL	Pietre di grosse dimensioni, massi, substrati rocciosi di cui viene campionata solo la superficie
Artificiale	ART	Calcestruzzo e tutti i substrati solidi non granulari immessi artificialmente nel fiume
Igropetrico	IGR	Sottile strato d'acqua su substrato solido, spesso ricoperto da muschi

Il campionamento prevede l'individuazione, nel tratto di corso d'acqua monitorato, della sequenza riffle/pool riconoscibile dalla presenza di due aree contigue con caratteristiche di turbolenza, profondità, granulometria del substrato e carattere deposizionale/erosionale diversi. L'area di pool è caratterizzata da minor turbolenza e substrato costituito principalmente da materiale meno grossolano rispetto all'area di riffle; si presenta spesso come un'area relativamente profonda. L'area di riffle è caratterizzata da turbolenza più elevata rispetto all'area di pool e da una granulometria del substrato di dimensioni maggiori rispetto alla pool, dalla minor profondità e dalla minor presenza di depositi di detrito organico (Buffagni et al. 2007). In relazione al tipo fluviale, il campione biologico deve essere raccolto nella sola area di pool o nella sola area di riffle. Qualora fosse impossibile individuare la sequenza riffle/pool, il campionamento viene effettuato in un tratto di torrente definito generico. Lo strumento utilizzato per il campionamento è un retino immanicato modificato. La superficie di campionamento è di 0,1 m<sup>2</sup>. Ogni campione prelevato è costituito da 10 repliche distribuite proporzionalmente tra i microhabitat e le tipologie di flusso, con una superficie totale di campionamento di 1 m<sup>2</sup>.

Il principale criterio per il riconoscimento delle tipologie di flusso è la modalità di increspatura della superficie dell'acqua. Seguono i principali tipi di flusso rinvenibili nei fiumi italiani (vedere Tabella 4).

**Tabella 4** - lista dei tipi di flusso (Buffagni et al.2007)

Tipo di flusso	Codice	Definizione
Asciutto/no flow	DR	Assenza di acqua
Non percettibile/no perceptible flow	NP	È caratterizzato da assenza di movimento dell'acqua
Liscio/smooth	SM	Si tratta di un flusso laminare, con superficie dell'acqua priva di turbolenze
Incespato/Rippled	RP	La superficie dell'acqua mostra delle piccole increspature simmetriche, generalmente non più alte di un centimetro
Unbroken standing waves	UW	La superficie dell'acqua appare disturbata. Il fronte dell'onda non è rotto, anche se a volte le creste mostrano la presenza di schiuma bianca
Broken standing waves	BW	L'acqua sembra scorrere verso monte, contro corrente. Perché le onde possano essere definite "rotte" è necessario che ad esse siano associate creste bianche e disordinate
Chute	CH	L'acqua scorre aderente al substrato
Upwelling	UP	Questo flusso è caratterizzato da acqua che sembra in ebollizione con "bolle" che arrivano in superficie da porzioni più profonde di fiume
Flusso caotico/chaotic flow*	CF	È un misto dei flussi più veloci in cui nessuno è predominante
Cascata/Free fall*	FF	L'acqua cade verticalmente, ed è visibilmente separata dal substrato sottostante

Sul benthos raccolto si procede in campo ad un primo riconoscimento e conteggio. La determinazione viene effettuata a livello di famiglia e in alcuni casi a livello di genere e completata in laboratorio tramite microscopio stereoscopico o microscopio ottico qualora ritenuto necessario. Per l'identificazione degli organismi sono utilizzate differenti chiavi dicotomiche. Sono compilati gli elenchi faunistici e vengono riportate le abbondanze dei taxa rinvenuti. Gli elenchi faunistici e le relative abbondanze sono elaborati secondo le indicazioni fornite dal D.M. 260/2010. Viene calcolato l'indice STAR\_ICM-i (Buffagni A., Erba S., 2007; 2008): l'indice è multimetrico ed è composto da 6 metriche (vedere Tabella 5) che descrivono i principali aspetti su cui la direttiva WFD pone l'attenzione (abbondanza, tolleranza/sensibilità, ricchezza/diversità).

**Tabella 5** - metriche che compongono lo STAR\_ ICMi e peso loro attribuito nel calcolo (Buffagni et al. 2007)

Tipo di informazione	Tipo di metrica	Nome della metrica	Taxa considerati nella metrica	Rif. bibliografico	Peso
Tolleranza	Indice	ASPT	Intera comunità (livello di famiglia)	Armitage et al. 1983	0,333
Abbondanza/ Habitat	Abbondanza	Log <sub>10</sub> (Sel_EPTD+1)	Log <sub>10</sub> (somma di Heptagenidae, Ephemeridae, Leptophlebiidae, Brachycentridae, Goeridae, Polycentropodidae, Limnephilidae, Odontoceridae, Dolichopodidae, Stratiomyidae, Dixidae, Empididae, Athericidae e Nemouridae + 1)	Buffagni et al. 2004; Buffagni & Erba, 2004	0,266
Ricchezza/ Diversità	Abbondanza	1-GOLD	1-(Abbondanza relativa di Gastropoda, Oligochaeta e Diptera)	Pinto et al. 2004	0,067
	Numero taxa	Numero totale di famiglie	Somma di tutte le famiglie presenti nel sito	Ofenböck et al. 2004	0,167
	Numero taxa	Numero di famiglie EPT	Somma delle famiglie di Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera	Böhmer et al. 2004	0,083
	Indice diversità	Indice di diversità di Shannon-Wiener	$D_{S-W} = -\sum(n/A) \cdot \ln(n/A)$	Hering et al. 2004; Böhmer et al. 2004	0,083

Le metriche, una volta calcolate, sono normalizzate, ovvero, il valore osservato deve essere suddiviso per il valore della metrica che rappresenta le condizioni di riferimento (fornito dal D.M. 260/2010). Il risultato, espresso tra 0 e 1, è chiamato RQE (Rapporto di Qualità Ecologica) e deve essere moltiplicato per il peso attribuito a ogni metrica.

L'indice multimetrico finale è ottenuto dalla somma delle sei metriche normalizzate e moltiplicate per il proprio peso. Dopo il calcolo della media ponderata, il valore risultante viene nuovamente normalizzato con il valore proposto dal decreto, ottenendo così lo STAR\_ ICM-i.

In ARPA Valle d'Aosta l'indice è attualmente calcolato attraverso il software MacrOper e mediante l'utilizzo dei nuovi valori di riferimento di cui sopra. Viene successivamente archiviato nel software Waterlab (Gerbone J., 2010) creato appositamente per l'archiviazione e l'elaborazione di dati ambientali relativi alle acque superficiali. Sono forniti i valori di RQE relativi ai limiti di classe fra gli stati validi per l'indice STAR\_ ICMi, per la macrotipologia A2 (area geografica Alpina, siliceo) alla quale appartiene l'intero territorio regionale (vedere Tabella 6).

**Tabella 6** - limiti di classe fra gli stati

Valori RQE	STAR ICMi	Colore convenzionale
RQE ≥ 0,95	elevato	
0,71 ≤ RQE < 0,95	buono	
0,48 ≤ RQE < 0,71	sufficiente	
0,24 ≤ RQE < 0,48	scarso	
RQE < 0,24	cattivo	

### 3.2.4 Diatomee e indice intercalibration Common Metrix Index (ICMi)

L'indice Intercalibration Common Metrix Index ICMi (ISS, 2009) si basa sull'analisi della struttura della comunità di diatomee. Le diatomee sono alghe brune, unicellulari, eucariote e autotrofe, appartenenti alla Classe delle Bacillariophyceae, generalmente delle dimensioni di pochi  $\mu\text{m}$ . Possono vivere isolate o formare colonie. Sono caratterizzate da una parete cellulare silicea chiamata frustulo costituito da due metà che si incastrano l'una nell'altra come una scatola e il suo coperchio.

Le diatomee sono in grado di colonizzare qualsiasi tipo di ambiente umido, dai sistemi lotici a quelli più lentic, permettendo una valutazione della qualità di diverse tipologie ecosistemiche, sia fluviali, che sorgenti, torbiere o prati umidi. In base all'habitat possono essere suddivise in bentoniche, che vivono aderenti al substrato e possiedono meccanismi per l'adesione ad esso e planctoniche che non sono ancorate a substrati e sono trascinate liberamente dalla corrente. A seconda che vivano su ciottoli, su altri elementi vegetali macroscopici o su depositi di limo si parla rispettivamente di diatomee epilittiche, epifittiche e epipeliche. Le diatomee, sia bentoniche che planctoniche, sono influenzate da numerose variabili fisico-chimiche quali, innanzi tutto, la luce, essendo organismi fotosintetizzanti, la temperatura, il pH, la salinità e la velocità di corrente dell'acqua, ma anche le concentrazioni di ossigeno, di silice, di sostanza organica, di nutrienti ed eventualmente di metalli pesanti. Le comunità sono quindi capaci di rispondere efficacemente alle variazioni di questi fattori variando le specie che le compongono. Le diatomee sono considerate buone indicatrici dello stato di qualità delle acque per numerosi motivi: presentano differenti sensibilità agli inquinanti e sono molto reattive al variare delle condizioni ambientali; hanno una vasta distribuzione geografica; sono in grado di accumulare metalli pesanti e possono essere fissate in preparati permanenti grazie allo scheletro siliceo.

Il metodo di campionamento utilizzato è quello pubblicato sull'apposito manuale APAT7, al quale si rimanda per una descrizione dettagliata. Presso ogni sito di monitoraggio, viene scelto il substrato idoneo per il campionamento: nell'ambito della rete di monitoraggio di ARPA, i campioni raccolti sono stati sempre prelevati su ciottoli. I ciottoli sono i substrati naturali mobili migliori per la raccolta di diatomee; sono preferibili in quanto consentono un agevole prelievo e sono abbastanza stabili da permettere l'insediamento di una comunità rappresentativa. La scelta dei ciottoli viene effettuata tenendo conto della velocità della corrente, evitando zone con acqua troppo lentic, dell'ombreggiatura, non troppo elevata, e della profondità dell'acqua. I substrati devono essere

---

<sup>7</sup> Protocollo di campionamento ed analisi per le diatomee bentoniche dei corsi d'acqua italiani

<https://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/manuali-lineeguida/metodi-biologici-acque/fiumi-diatomee.pdf>

raccolti in aree sempre sommerse, o sommerse da almeno 4 settimane. Se si campiona in corsi d'acqua profondi è necessario rimanere nella zona eufotica. I ciottoli complessivamente devono essere almeno 5. L'operazione di raccolta viene fatta con uno spazzolino che deve essere sciacquato in un barattolo contenente per metà acqua del torrente oggetto di campionamento. Per la restante metà viene aggiunto etanolo in modo da fissare e conservare il campione.

I campioni sono trasportati in laboratorio dove vengono trattati per essere conservati per un tempo illimitato. Successivamente i campioni sono montati e letti al microscopio ottico. Per l'applicazione degli indici diatomici, devono essere identificati almeno 400 individui per ogni campione, come previsto dalla norma standard (UNI EN 14407:2004). Per l'identificazione degli organismi sono utilizzate differenti [chiavi dicotomiche](#). I dati sono archiviati grazie anche al supporto di specifici software che oltre a creare un data-base floristico calcolano anche gli indici relativi alle diatomee.

L'indice ICMi, indicato dalla normativa italiana, viene espresso come Rapporto di Qualità Ecologica, RQE tra i valori ricavati dal monitoraggio e quelli attesi per siti di tipologia analoga in condizioni di riferimento. L'ICMi deriva dall'Indice di Sensibilità agli Inquinanti IPS (CEMAGREF, 1982) e dall'Indice Trofico TI (Rott et al., 1999). Il valore di ICMi è dato dalla media aritmetica degli RQE dei due indici.

$$ICMi = (RQE\_IPS + RQE\_TI)/2$$

È necessario quindi calcolare il rapporto tra i valori osservati dei 2 indici e i rispettivi riferimenti forniti dal D.M. 260/2010. Entrambi gli indici prevedono l'identificazione a livello di specie e in alcuni casi a livello di varietà, ad ognuna delle quali viene attribuito un valore di sensibilità (affinità/tolleranza) all'inquinamento. Si basano entrambi sulla seguente formula di calcolo:

$$\text{indice diatomico} = \sum_j^n [a_j r_j i_j] / \sum_i^n [a_j r_j]$$

dove:

a = abbondanza relativa della specie j;

r = affidabilità della specie j;

i = sensibilità della specie j a fattori di inquinamento.

L'IPS tiene conto principalmente della sensibilità delle specie all'inquinamento organico mentre il TI tiene conto principalmente della sensibilità delle specie all'inquinamento trofico. Si rimanda alla bibliografia per una descrizione dettagliata dei metodi.

In ARPA Valle d'Aosta gli indici sono attualmente calcolati attraverso il software Omnidia (Leiconte, 1999) e il valore di RQE ottenuto permette l'attribuzione ad una delle 5 classi previste dalla normativa. La tabella seguente riporta la corrispondenza tra valori di RQE e stati validi per l'indice ICMi per la macrotipologia A2 (area geografica Alpina, siliceo) alla quale appartiene l'intero territorio regionale. Di seguito è riportata la tabella che indica i diversi punteggi dell'indice ICMi.

**Tabella 7** : punteggi dell'indice ICMi

Valori RQE	ICMi	Colore convenzionale
$RQE \geq 0,85$	elevato	
$0,64 \leq RQE < 0,85$	buono	
$0,54 \leq RQE < 0,64$	sufficiente	
$0,27 \leq RQE < 0,54$	scarso	
$RQE < 0,27$	cattivo	

### 3.2.5 Livello di inquinamento dai Macrodescrittori (L.I.M.eco)

Il L.I.M.eco è un indice sintetico derivato dall'indice L.I.M. e integra alcuni elementi chimico-fisici considerati a sostegno delle comunità biologiche: ossigeno espresso come % di saturazione (scostamento rispetto al 100%), azoto ammoniacale, azoto nitrico e fosforo totale. Il LIMeco descrive la qualità delle acque correnti per quanto riguarda i nutrienti e l'ossigenazione. I nutrienti e l'ossigeno sono fattori di regolazione fondamentali per le comunità biologiche che vivono negli ecosistemi acquatici. Le comunità vegetali quali diatomee e macrofite acquatiche sono particolarmente sensibili alle variazioni di tali elementi.

Sono fornite le soglie per l'assegnazione dei punteggi ai singoli parametri per ottenere il punteggio di LIMeco e i valori di LIMeco relativi ai limiti di classe fra gli stati. Conformemente a quanto stabilito nella Direttiva WFD, lo stato ecologico del corpo idrico risultante dagli elementi di qualità biologica non viene declassato oltre la classe sufficiente qualora il valore di LIMeco per il corpo idrico osservato dovesse ricadere nella classe scarso o cattivo.

Il LIMeco di ciascun campionamento viene derivato come media tra i punteggi attribuiti ai singoli parametri secondo le soglie di concentrazione indicate nelle seguenti tabelle:

**Tabella 8** - Punteggi dei singoli parametri per ottenere l'indice LIMeco

		<u>Livello 1</u>	<u>Livello 2</u>	<u>Livello 3</u>	<u>Livello 4</u>	<u>Livello 5</u>
	<u>Punteggio</u>	1	0,5	0,25	0,125	0
<u>Parametro</u>						
100-O <sub>2</sub> % sat.	Soglie	≤  10	≤  20	≤  40	≤  80	>  80
N-NH <sub>4</sub> (mg/l)		< 0,03	≤ 0,06	≤ 0,12	≤ 0,24	> 0,24
N-NO <sub>3</sub> (mg/l)		< 0,6	≤ 1,2	≤ 2,4	≤ 4,8	> 4,8
Fosforo totale (µg/l)		< 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	> 400

**Tabella 9** - Valori di LIMeco

Valori di LIMeco	
STATO	LIMeco
Elevato	≥0,66
Buono	≥0,50
Sufficiente	≥0,33
Scarso	≥0,17
Cattivo	<0,17

### 3.2.6 Indice di Qualità morfologica (I.Q.M.)

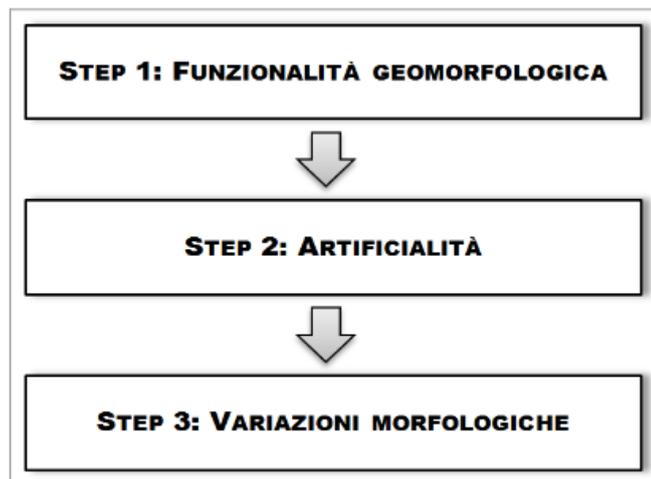
L'indice IQM analizza e valuta gli aspetti idromorfologici per l'attribuzione dello stato ecologico per i corpi idrici classificati in stato *elevato* (a conferma dello stato) e per l'analisi dei corpi idrici che ospitano un sito di monitoraggio della rete nucleo

La valutazione morfologica ha lo scopo di fornire un inquadramento delle condizioni fisiche dei corsi d'acqua e soprattutto di effettuare una prima suddivisione in tratti relativamente omogenei, funzionale alle analisi successive. La figura successiva riporta le fasi di tale suddivisione.



**Figura 5:** step di suddivisione della valutazione morfologica

La fase di classificazione dello stato attuale viene suddivisa nei seguenti STEP (vedere Figura 6): (1) Funzionalità geomorfologica. Si valutano le forme e la funzionalità dei processi. (2) Artificialità. Si valuta in base all'esistenza di opere e di interventi. (3) Variazioni morfologiche. Si valutano le variazioni avvenute negli ultimi decenni (con particolare riferimento agli anni '50 per quanto riguarda le variazioni planimetriche)



**Figura 6:** Suddivisione in STEP della fase di classificazione dello stato morfologico attuale

Le fasi di analisi della funzionalità, artificialità e variazioni morfologiche vengono effettuate attraverso l'ausilio di apposite schede di valutazione, che consentono un'analisi guidata dei vari aspetti, attraverso l'impiego integrato di analisi GIS da immagini telerilevate e rilevamenti sul terreno. A tal fine vengono usati un certo numero di indicatori, intesi di seguito in senso lato, per

indicare attributi o descrittori qualitativi dei vari aspetti considerati. Ogni indicatore è poi valutato attraverso una o più variabili quantitative o qualitative (per alcuni indicatori, soprattutto per la funzionalità, si fa ricorso a valutazioni interpretative piuttosto che a parametri). Le schede si differenziano in alcune componenti a seconda della tipologia fluviale e delle dimensioni del corso d'acqua, in modo da consentire una valutazione relativa alle caratteristiche morfologiche della tipologia d'alveo alla quale il tratto analizzato appartiene

Tutta la procedura di valutazione si basa sulla quantificazione dello scostamento delle condizioni attuali rispetto ad un determinato 28 indicatori che descrivono lo stato di riferimento. L'analisi per il rilevamento delle alterazioni morfologiche del corso d'acqua/corpo idrico si basa sull'approccio integrato di analisi GIS da telerilevamento (analisi di foto aeree per osservazione di opere, uso del suolo, estensione delle piane inondabili e alcune caratteristiche morfologiche) e attività "in campo" per analisi e misure dettagliate. La valutazione dello stato morfologico avviene analizzando i 28 indicatori suddetti raggruppati in tre categorie:

- funzionalità geomorfologica: valuta forme e processi del corso d'acqua nelle condizioni attuali rispetto a forme e processi attesi per la stessa tipologia fluviale;
- artificialità: considera la presenza, di opere o interventi antropici che possano influire sugli aspetti morfologici del tratto indagato;
- variazioni morfologiche: vengono analizzate per i corsi d'acqua di grandi dimensioni (G) (larghezza  $L > 30$  m).

Per quanto riguarda la valutazione finale, come già riportato nella Guida alle risposte, si definisce un Indice di Alterazione Morfologica (IAM) e un Indice di Qualità Morfologica  $IQM = 1 - IAM$ , con significato corrispondente all'EQR (Environmental Quality Ratio). Tale indice infatti assume valore pari ad 1 nel caso di un corso d'acqua completamente inalterato (coincidente con condizione di riferimento) e pari a 0 per un corso d'acqua completamente alterato. Sulla base dei valori dell'IQM, sono definite le classi di qualità morfologica secondo quanto specificato di seguito nella tabella 10.

**Tabella 10** - Classi dell'Indice di Qualità Morfologica IQM

IQM	CLASSE DI QUALITA'
$0,85 \leq IQM \leq 1$	ELEVATO
$0,7 \leq IQM < 0,85$	BUONO
$0,5 \leq IQM < 0,7$	MODERATO O SUFFICIENTE
$0,3 \leq IQM < 0,5$	SCADENTE O SCARSO
$0,0 \leq IQM < 0,3$	PESSIMO O CATTIVO

### **3.3 Attività di monitoraggio dei corsi d'Acqua – periodo 1997-2009**

ARPA Valle d'Aosta conduce il monitoraggio dello stato di qualità dei corsi d'acqua a partire dal 1997 con modalità, frequenze di misura e rete variabili in funzione dell'evoluzione normativa. Il monitoraggio dal 1997 al 2009 (ai sensi del D.Lgs. 152/1999) prevedeva 38 siti di monitoraggio di cui 11 sull'asta principale della Dora Baltea e 27 sui principali affluenti. La classe di qualità rilevata in ogni sito di monitoraggio era attribuita a tutto il tratto di corso d'acqua a monte, fino all'eventuale sito precedente, o alla sorgente. Ai corsi d'acqua veniva assegnata una classe di qualità di stato ecologico (SECA) e di stato ambientale (SACA). Questi derivavano dalla combinazione dei seguenti parametri indagati:

- Indice **I.B.E.** (Indice Biotico Esteso) con frequenza trimestrale;
- Indice **L.I.M.** (Livello di Inquinamento da Macrodescrittori) con frequenza mensile o bimestrale;
- **Inquinanti chimici organici e inorganici addizionali** (tabella 1, allegato I, D.Lgs. 152/1999).

ARPA Valle d'Aosta ha concluso nel 2009 l'attività di monitoraggio dei corsi d'acqua superficiali ai sensi del D.Lgs. 152/1999, abrogato dal D.Lgs 152/2006, decreto che recepisce formalmente in Italia la Direttiva Europea 2000/60/CE (Water Framework Directive - WFD) e che, negli anni successivi, è stato dettagliato da una serie di decreti attuativi.

### **3.4 Attività di monitoraggio – I Piano di Gestione 2010-2015 - periodo 2010-2015 (ai sensi della Direttiva 2000/60/CE)**

Il recepimento della direttiva quadro delle acque WFD ha introdotto importanti cambiamenti nel monitoraggio delle acque superficiali rispetto a quanto previsto dalla normativa pregressa. Per la prima volta, i fiumi sono considerati come "ecosistemi" dalla sorgente alla foce, al variare dei parametri morfologici, idrodinamici, fisici e chimici, si susseguono diversi popolamenti biologici e sono individuate diverse comunità vegetali macroscopiche (macrofite acquatiche, formazioni erbacee pioniere di greto, formazioni riparie arbustive ed arboree) e microscopiche (diatomee bentoniche) ed animali (macroinvertebrati bentonici, ittiofauna). Il monitoraggio non è più riferito a singoli siti di monitoraggio ma al "corpo idrico" (CI) che diventa il sistema unitario che sta alla base del sistema di monitoraggio e tutela delle acque superficiali.

Il processo di caratterizzazione del reticolo è avvenuto per fasi successive:

- **Tipizzazione** (e definizione dell'idroecoregione HER, tipologia fluviale, taglia – dimensioni corsi d'acqua);
- Analisi delle **pressioni** che considera uso del suolo, derivazioni, scarichi puntuali e diffusi, alterazioni morfologiche, aree protette, qualità pregressa delle acque sensi del D.lgs.152/1999);
- Individuazione dei **corpi idrici** (inizialmente pari a **209** nell'area di studio);
- Analisi di **rischio** ovvero la definizione del livello di vulnerabilità dello stato dei CI rispetto alle pressioni individuate con relativo rischio di non raggiungimento dell'obiettivo di stato e l'eventuale designazione di Corpi Idrici Fortemente Modificati (CIFM);
- Definizione della rete di monitoraggio.

Il D.lgs. 152/2006 prevede, inoltre, la definizione di reti monitoraggio diverse (per parametri, frequenze e cicli di campionamento) in funzione della classe di rischio dei corpi idrici:

- **Monitoraggio di sorveglianza (S)** per i corpi idrici non a rischio e probabilmente a rischio (almeno un campionamento/ 6 anni) ;
- **Monitoraggio operativo (O)** per i corpi idrici a rischio e probabilmente a rischio (un campionamento / 3 anni per le componenti biologiche e un campionamento / anno per gli elementi fisico-chimici e chimici);
- **Monitoraggio di indagine (I)** richiesto in casi specifici qualora non siano conosciute le cause del mancato raggiungimento degli obiettivi o in caso di inquinamento accidentale;
- **Rete nucleo (RN)**: per i CI individuati come siti di riferimento rientra nel monitoraggio di sorveglianza (ciclo di monitoraggio triennale).

I parametri e i componenti indagati e che concorrono alla definizione di stato ecologico e stato chimico possono essere riassunti dalla seguente Tabella 11:

**TABELLA 11** - Parametri e componenti indagati nella rete considerata

COMPONENTE	INDICE	RETE CONSIDERATA IN VDA
Macrobenthos	STAR ICMi	S RN
Diatomee	ICMi	S RN
Macrofite	IBMR	RN
Fauna ittica	(N)ISECI	non applicato in VDA in seguito a report con motivazioni
Elementi chimico-fisici a sostegno EQB		S RN
Elementi idromorfologici a sostegno EQB	IARI IQM (IDRAIM)	Corpo Idrico in stato ELEVATO (a conferma) RN / Siti riferimento
Elementi chimici in elenco priorità (tab. 1A DM 260/2010)		S O RN
Elementi chimici a sostegno (tab. 1B DM 260/2010)		S O RN

Di seguito è riportata la Figura che indica la Rete di Monitoraggio composta da 209 corpi idrici.



**Figura 7:** ubicazione delle Stazioni di monitoraggio e visualizzazione dei corpi idrici

### 3.5 Attività di monitoraggio – II Piano di Gestione 2016-2021 - periodo 2014-2019

A chiusura del primo sessennio di monitoraggio valido per il I Piano di Gestione, è stata avviata una revisione totale della rete di monitoraggio, sulla base anche di un aggiornamento dell'analisi delle pressioni, effettuata mediante:

- l' accorpamento di due o più corpi idrici, con l'eliminazione di 19 CI;

- lo spostamento dei confini dei CI tra uno e l'altro;
- la revisione delle codifiche;
- la revisione dell'elenco dei Corpi Idrici Fortemente Modificati (CIFM);
- raggruppamento dei CI (in base a categoria, obiettivo da raggiungere, categoria di rischio, pressioni).

La rete di monitoraggio attuale è quindi costituita da **168 Corpi Idrici**. I criteri (prioritariamente qualitativi) utilizzati per la revisione della rete sono stati:

1. uniformità delle pressioni sui corpi idrici;
2. valutazione dell'effettiva significatività delle pressioni;
3. valutazione delle pressioni maggiormente significative;
4. brevità dei corpi idrici individuati in precedenza;
5. migliore interpretazione dell'uso del suolo;
6. effettuazione di sopralluoghi mirati.

### 3.6 Database

Il punto di partenza del lavoro affrontato in questa tesi è un database, utilizzato da ARPA Valle d'Aosta per organizzare e rendere disponibile la base dati derivante dalle attività di monitoraggio e analisi. Il database è in continuo aggiornamento e considera anche le pressioni antropiche insistenti sui corsi d'acqua valdostani. I dati derivanti dal monitoraggio delle diverse componenti dell'ecosistema fluviale considerate ai fini del presente elaborato sono la fauna macrobentonica, diverse sostanze chimiche e la qualità morfologica. La continua attività di monitoraggio dei singoli corsi d'acqua ha permesso di ottenere un insieme di informazioni che si estendono all'intera Valle d'Aosta e quindi di valutare e classificare lo stato ambientale del reticolo idrografico regionale.

**Tabella 12** - descrizione dei metadati del database

DATO DI ORIGINE	NUMERO DI PARAMETRI CONSIDERATI	NUMERO DI RECORD	LUNGHEZZA SERIE STORICA
BENTHOS	82	1838	1997 - 2019
SOSTANZE CHIMICHE	183	10301	1997 - 2019
IQM	19	198	2010 - 2019
PRESSIONI	6	169	1997 - 2019

Questi dati sono stati forniti tramite tabelle Excel e poi riorganizzate, mediante l'utilizzo del programma Matlab, in quattro grandi matrici:

- 1) “BENTHOS – 1997-2019”, che considera solo i dati di presenza assenza dei diversi taxa di macroinvertebrati bentonici rilevati nel periodo 1997-2019;
- 2) “SOSTANZE CHIMICHE - 1997-2019”, che considera le concentrazioni misurate delle diverse sostanze chimiche nel periodo 1997-2019;
- 3) “IQM”, che considera l'Indice di Qualità Morfologica accompagnato dalle relative informazioni sulla funzionalità morfologica, artificialità e sulle variazioni morfologiche dei corsi d'acqua;
- 4) “PRESSIONI”, che riporta per ogni torrente le pressioni significative presenti, valutate e codificate ai sensi della normativa vigente.

La base dati derivante dal monitoraggio delle alghe Diatomee non è stata considerata perché ritenuta, nel complesso, meno rilevante dal punto di vista statistico rispetto agli altri parametri in termini di variabilità sia di specie all'interno degli elenchi floristici, sia di indici aggregati che ne derivano.

### **3.7 Analisi temporale dei macroinvertebrati bentonici**

Per prima cosa, mediante l'ausilio di Matlab, sono stati estratti i SITI di campionamento dalla matrice “BENTHOS – 1997-2019”. Questi sono stati suddivisi in tre categorie:

- SITI PRE 2010, ossia quelli attivi solo nel periodo 1997-2010;
- SITI POST 2010, ossia quelli attivi solo nel periodo 2010-2019;
- SITI PRE/POST 2010, ossia quelli attivi nel periodo 1997-2019;

Per ciascuno di essi è stato calcolato il numero di campionamenti effettuati. Dopodiché sono state calcolate con successiva mappatura, sempre per ogni sito di monitoraggio, la media e la deviazione standard degli indici IBE e STAR\_ICMi insieme ai sub-indici che compongono quest'ultimo, ossia gli indici ASPT,  $\text{Log}_{10}(\text{Sel\_EPTD}+1)$ , 1-GOLD, Numero Totale di famiglie, Numero di famiglie EPT e l'Indice di diversità di Shannon-Wiener. Per selezionare i siti con un maggior significato statistico sono stati effettuati i medesimi calcoli sopra citati considerando solo quelli con un numero di campionamenti superiore a 4: tale decisione è stata adottata per selezionare e valorizzare i siti di monitoraggio statisticamente più rilevanti in quanto caratterizzati da un numero significativo di

campionamenti distribuiti nel periodo temporale considerato, escludendo i dati derivanti da misure transitorie *spot* che potevano alterare la valutazione dei trend dei parametri rilevati .

L'azione successiva è stata quella di organizzare i dati di benthos in 17 gruppi faunistici:

- Plecotteri
- Efemerotteri
- Tricotteri
- Ditteri
- Coleotteri
- Crostacei
- Gasteropodi
- Bivalvi
- Tricladi
- Irudinei
- Oligocheti
- Nematomorfi
- Idracarini
- Nematodi
- Megaloptera
- Odonati
- Eterotteri

Tra i Plecotteri non è stato incluso il genere *Leuctra*, perché considerato meno sensibile ai limitanti ambientali rispetto all'intero ordine dei Plecotteri. Infatti, *Leuctra* è molto frequente e abbondante in tutto il reticolo idrografico monitorato ed alcune specie sopportano anche un certo grado di inquinamento.

Successivamente, sono state elaborate le serie temporali relative ai gruppi di macroinvertebrati bentonici sopra elencati. A tal fine sono state considerate, per ogni taxa, due colonne della matrice "BENTHOS – 1997-2019":

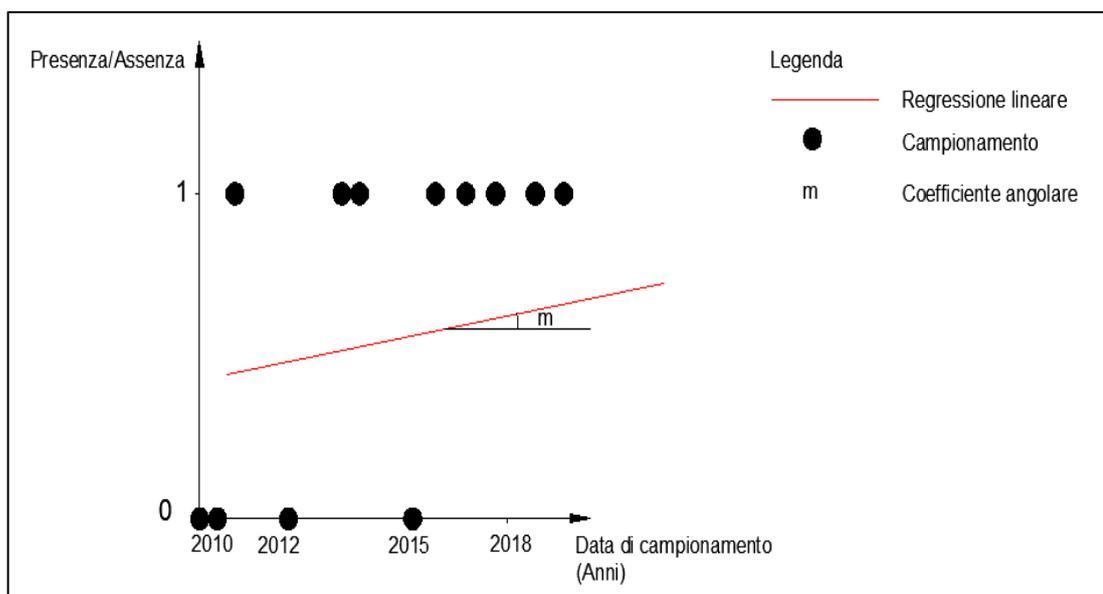
- "Presenza" per il periodo 1997-2010;
- "Numero individui" per il periodo 2010-2019.

Queste colonne rappresentano il numero di individui trovati in un dato campionamento. Il conteggio degli individui presenti è stato trasformato in un dato binario di presenza (1) o assenza (0) di un

dato taxa. Questo metodo ha consentito di creare serie temporali per ogni gruppo faunistico di benthos e valutare la sua presenza o assenza nel relativo periodo di campionamento.

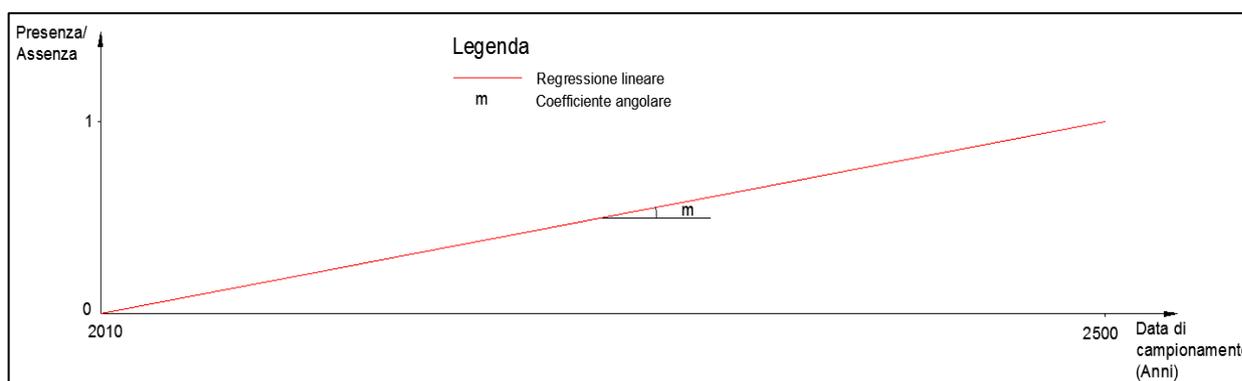
Dopodiché, in ogni sito di monitoraggio, per ogni gruppo faunistico, è stata calcolata anche la media e la deviazione standard.

Per comprendere meglio questa variabilità è stato calcolato il trend temporale (tramite regressione lineare) (vedere Figura 8) dei dati in ciascun sito di monitoraggio realizzando i grafici (Data di campionamento (anni) – Presenza/Assenza) per i 6 gruppi faunistici più significativi che presentano una discreta variabilità nel tempo.



**Figura 8** : esempio di correlazione lineare di dati campionati in un sito di monitoraggio

Utilizzando il coefficiente angolare trovato è stato calcolato il tempo necessario al taxa per passare da 0 (Assenza) a 1 (Presenza) (vedere Figura 9). Questo metodo ha permesso di quantificare il trend di crescita o decrescita dei singoli gruppi faunistici.



**Figura 9**: esempio di visualizzazione del trend temporale

### 3.8 Correlazioni lineari

Al fine di valutare il grado di relazione tra i Macroinvertebrati Bentonici e le Pressioni Antropiche si è stato calcolato l'indice di correlazione di Pearson o indice di correlazione lineare:

$$r = \frac{\sum [(x_i - \bar{x}) (y_i - \bar{y})]}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 * \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

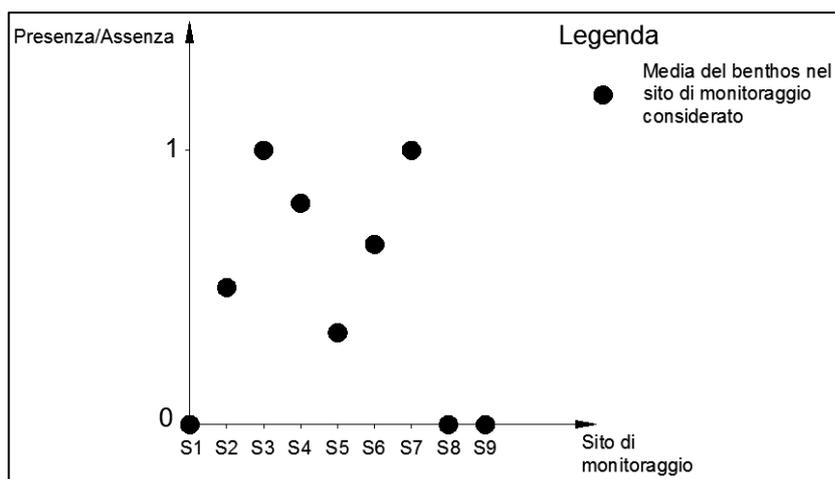
Esso può assumere valori compresi tra -1 e +1:

- quando l'indice è positivo, esiste una correlazione lineare diretta tra le due variabili osservate; la correlazione diretta è massima al raggiungimento del valore +1;
- quando l'indice è negativo, esiste una correlazione lineare inversa tra le due variabili osservate; la correlazione inversa è massima al raggiungimento del valore -1;
- quando l'indice è uguale a 0, le due variabili osservate non presentano alcuna correlazione lineare.

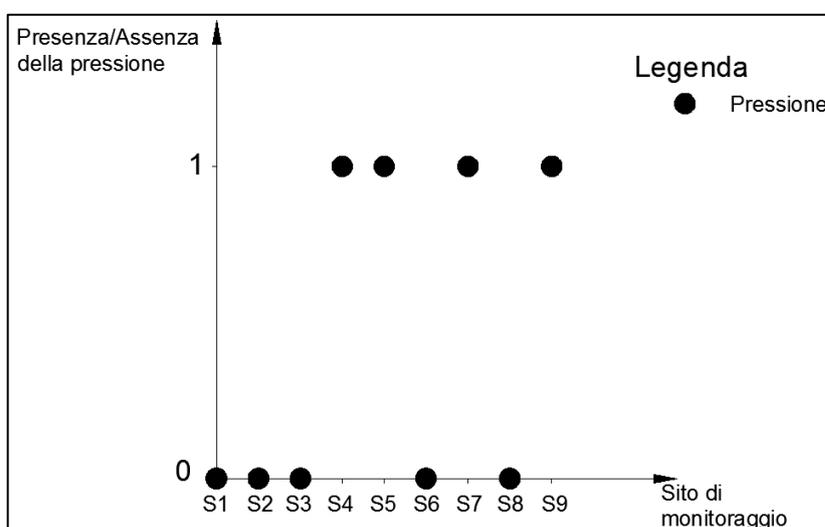
Le variabili considerate sono state:

- 1) vettore delle medie dei benthos per ciascun sito di monitoraggio (vedere Figura 10);
- 2) vettore delle pressioni (vedere Figura 11).

Il vettore delle pressioni è stato ricavato dalla matrice "Pressioni". La matrice è organizzata in questo modo: nelle colonne sono riportate le pressioni e nelle righe sono riportati i corsi d'acqua. La presenza/assenza è indicata con SI e NO. Quindi per creare il vettore si è sostituito SI con 1 che significa presente e NO con 0 che significa assente. Si precisa che sia il vettore delle medie dei benthos sia quello delle pressioni si riferiscono a tutte le stazioni presenti nel database. Inoltre quest'ultimo ha come valori solo 0 e 1 perché le pressioni sono state considerate costanti nel tempo e quindi ritenute presenti dal 1997.



**Figura 10:** esempio di vettore delle medie dei benthos



**Figura 11:** esempio di vettore delle pressioni

Quindi, ricavate queste due serie, è stato calcolato l'indice di correlazione tra esse. Questa operazione è stata anche eseguita per i 6 taxa di benthos che presentano variabilità nel tempo.

### 3.9 Analisi dei parametri chimici

L'analisi dei parametri chimici è stata condotta considerando l'andamento di ciascun parametro nel tempo rispetto al Limite di Quantificazione LOQ e ai limiti normativi o standard di qualità ambientale SQA, le cui definizioni sono di seguito riportate:

- SQA-MA è lo standard di qualità ambientale espresso come valore medio annuo;
- SQA-CMA è lo standard di qualità ambientale espresso come concentrazione massima ammissibile;
- LOQ è il limite di quantificazione, ossia il limite di concentrazione fino al quale è possibile ottenere strumentalmente una misura di tipo quantitativo.

Sono stati visualizzati gli andamenti nei singoli siti di monitoraggio. Per facilitare l'elaborazione sono stati realizzati i grafici corrispondenti ai siti attivi nel medesimo periodo considerato: nelle Figure 14 e 15 si nota la suddivisione in stazioni pre2010, post2010 e pre/post2010 (ovvero siti attivi nell'intero periodo 1997-2019). Da questa analisi sono state escluse per lo studio successivo le sostanze che non hanno presentato variazioni nell'intero periodo di misurazione e/o la cui concentrazione non presenta positività rispetto al LOQ. Non sono stati considerati lo SQA-MA e SQA-CMA perché i valori di concentrazione delle sostanze sono sempre inferiori ad essi. Le sostanze selezionate sono 5 metalli, 3 composti VOC, 6 nutrienti e 4 descrittori. Tali parametri sono stati selezionati in ragione dei seguenti criteri:

- sono stati monitorati su quasi tutti i siti di monitoraggio, per cui si dispone di un elevato numero di dati;
- i metalli e i VOC presentano delle positività rispetto al LOQ.

I 5 metalli sono:

- Arsenico;
- Cadmio;
- Cromo;
- Nichel;
- Piombo.

I 3 VOC sono:

- Tricloroetilene;
- Tetracloroetilene;
- Toluene.

I 6 nutrienti sono:

- Ammonio;
- Azoto nitroso;
- Azoto totale;
- Fosfati;
- Fosforo totale;
- Nitrati.

I 4 descrittori sono:

- BOD5;
- COD;
- Ossigeno disciolto;

- Ossigeno disciolto a saturazione (da calcolo).

Successivamente Considerando la grande mole di dati raccolta, si è scelto di effettuare anche una selezione dei corsi d'acqua. A tal fine sono stati considerati i 18 corsi d'acqua principali dove sono presenti almeno due siti di monitoraggio e quindi con un maggior numero di campionamenti. Questi sono:

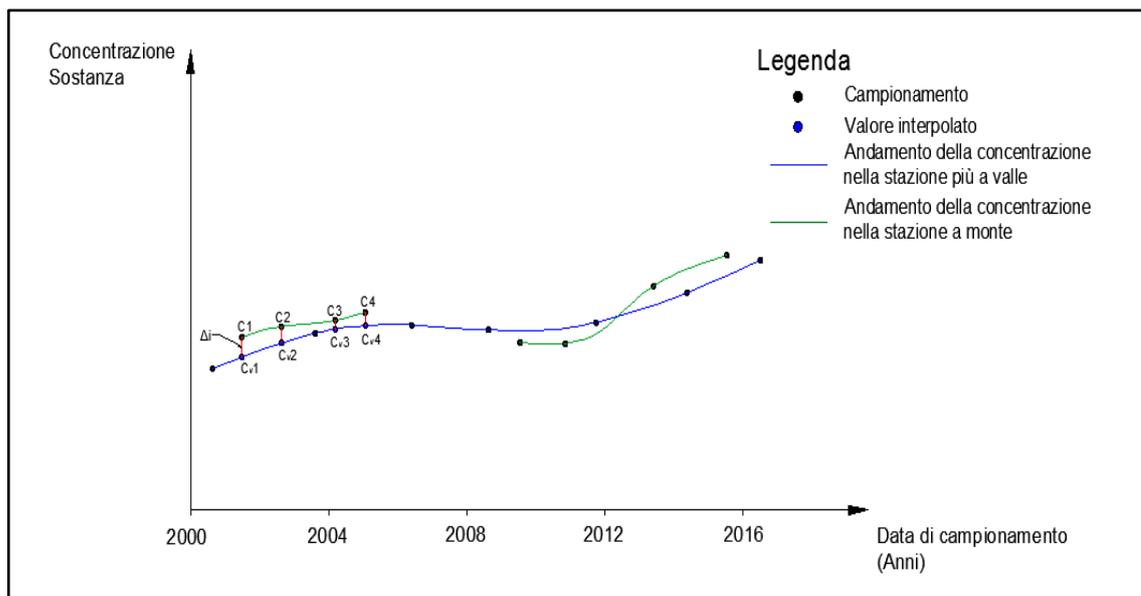
- Doire de Rhêmes;
- Doire de Valgrisenche;
- Torrent Ayasse;
- Torrent Buthier;
- Torrent Evançon;
- Torrent Grand Eyvia;
- Torrent Lys;
- Torrent Marmore;
- Torrent Savara;
- Torrent Chalamy;
- Torrent du Petite Monde;
- Torrent Buthier d'Ollomont;
- Torrent Artanavaz;
- Doire de Ferret;
- Doire de la Thuile;
- Torrent de Saint Barthélemy;
- Torrent d'Arpy;
- Dora Baltea.

Per i 18 torrenti selezionati sono stati plottati gli andamenti nel tempo delle sostanze per tutte le stazioni situate sul torrente considerato., è stato considerato l'andamento di ciascuna sostanza monitorata nel sito di monitoraggio più a valle del torrente stesso. Dopodiché sono stati considerati gli andamenti dei siti di monitoraggio posti più a monte e per ognuno di essi sono state eseguite le seguenti elaborazioni:

- interpolazione dei valori del sito di monitoraggio a monte nella curva dell'andamento del sito di monitoraggio più a valle;
- calcolo dei  $\Delta i$ , ossia il modulo delle differenze fra i valori del sito di monitoraggio a monte con i corrispondenti valori interpolati;

- calcolo della media e del massimo dei  $\Delta i$ ;
- calcolo della media dei rapporti fra i  $\Delta i$  e i valori interpolati corrispondenti;
- calcolo del minimo tra i rapporti fra i  $\Delta i$  e i valori interpolati corrispondenti;
- calcolo del massimo tra i rapporti fra i  $\Delta i$  e i valori interpolati corrispondenti.

Di seguito si propone un esempio teorico (vedere Figura 12) per illustrare in dettaglio i sei step di elaborazione suddetti.



**Figura 12:** analisi della concentrazione secondo il gradiente monte-valle

Per l'esempio si considera la curva blu e la curva verde a sinistra nel grafico sopra. Quest'ultima è composta da 4 campionamenti C1, C2, C3 e C4. Si ricavano i punti Cv1, Cv2, Cv3 e Cv4 mediante interpolazione. In seguito si calcolano i  $\Delta i$ :

$$\Delta 1 = C1 - Cv1 \quad \Delta 2 = C2 - Cv2 \quad \Delta 3 = C3 - Cv3 \quad \Delta 4 = C4 - Cv4$$

Infine si definiscono i 4 indici riportati di seguito:

- **media**( $|\Delta i| / Cv_i$ )
- **media** ( $\Delta i / Cv_i$ )
- **minimo**( $\Delta i / Cv_i$ )
- **massimo**( $\Delta i / Cv_i$ )

Questi sono stati calcolati per i seguenti composti:

- Ammonio;

- Azoto nitroso;
- Azoto totale;
- BOD5;
- COD;
- Fosfati;
- Fosforo totale;
- Nitrati;
- Ossigeno disciolto;
- Ossigeno disciolto a saturazione.

## **CAPITOLO 4 – RISULTATI**

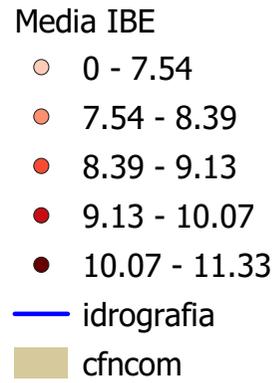
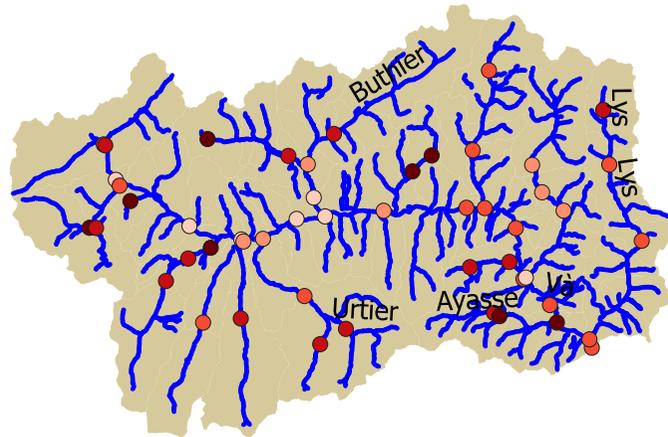
### **4.1 Distribuzione dei taxa di macrobenthos**

I risultati derivati dall'analisi temporale dei macroinvertebrati bentonici sono presentati nelle tavole successive. Nell'ordine sono:

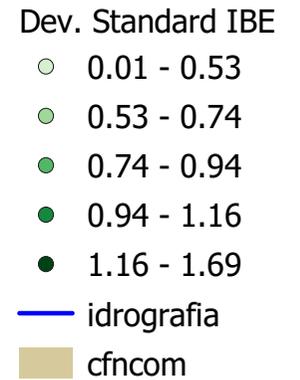
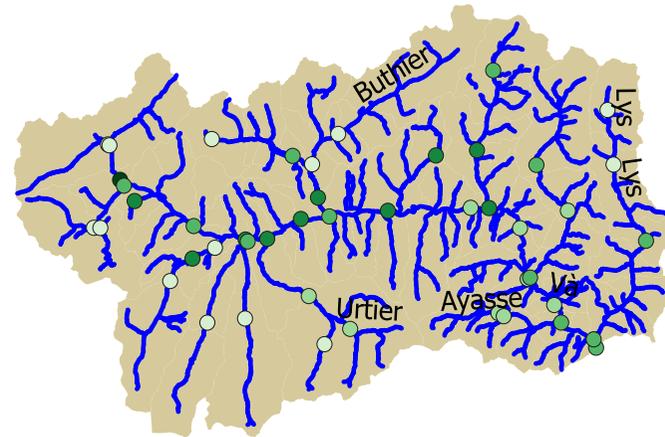
- Tavola 1: Media e Dev. Standard dell' Indice IBE e STAR\_ICMi;
- Tavola 2: Media e Dev. Standard dei Plecotteri senza il genere Leuctra e il genere Leuctra a sé stante;
- Tavola 3: Media e Dev. Standard dei Coleotteri e Tricladi;
- Tavola 4: Media e Dev. Standard dei Gasteropodi e Crostacei;
- Tavola 5: Media e Dev. Standard degli Oligocheti e Nematomorfi;
- Tavola 6: Media e Dev. Standard degli Idracarini e Bivalvi.

# TAVOLA 1

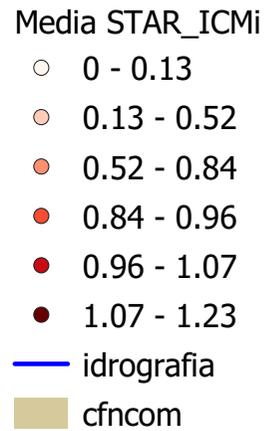
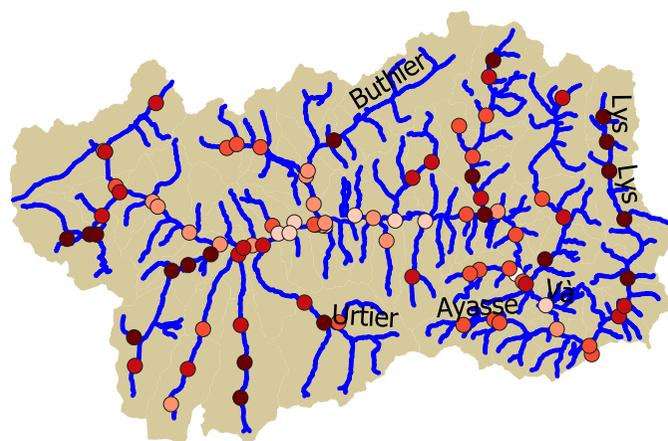
## A) Media IBE



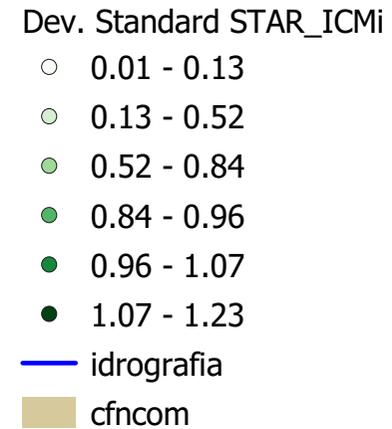
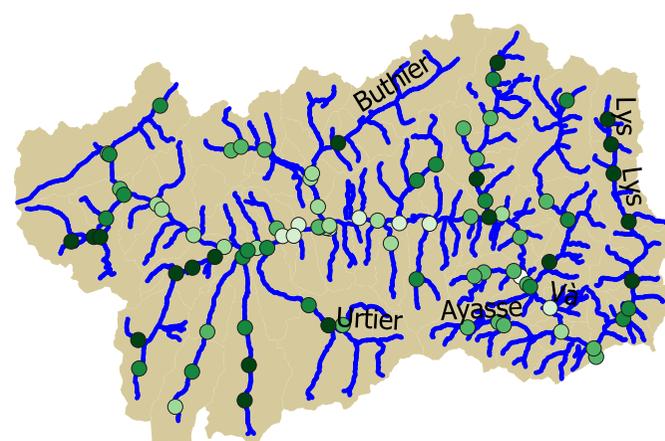
## B) Dev. Standard IBE



## C) Media STAR\_ICMi

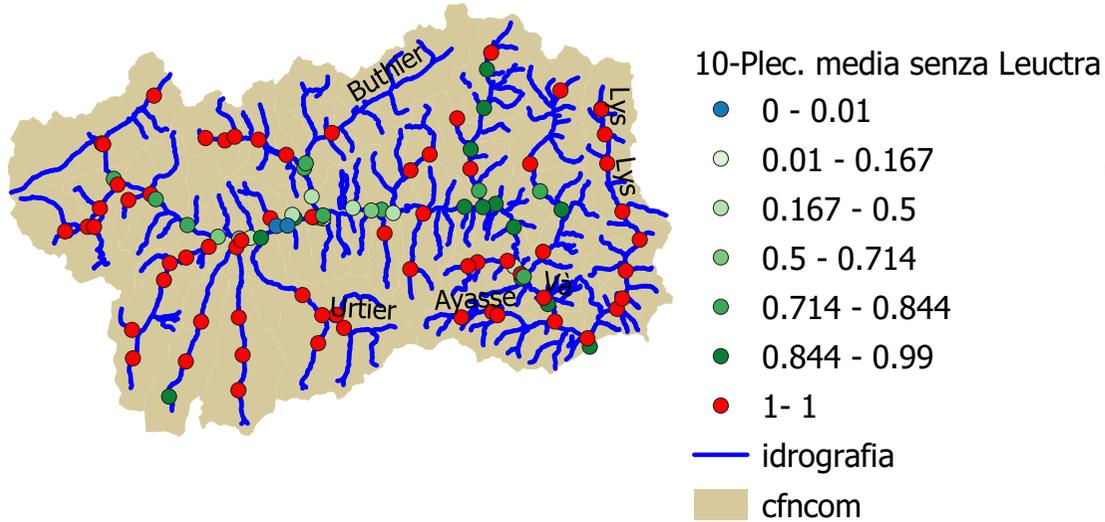


## D) Dev. Standard STAR\_ICMi

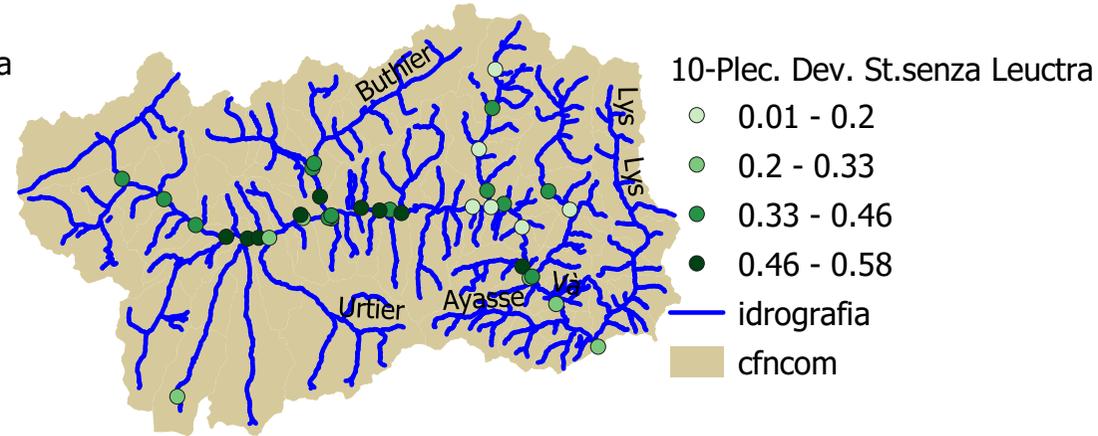


# TAVOLA 2

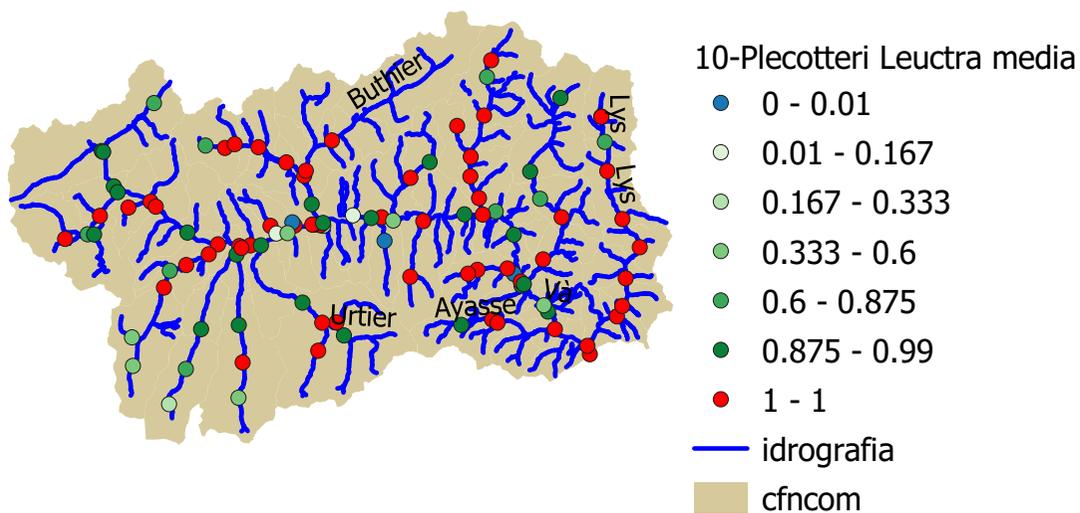
A) 10 - Plecotteri senza Leuctra Media



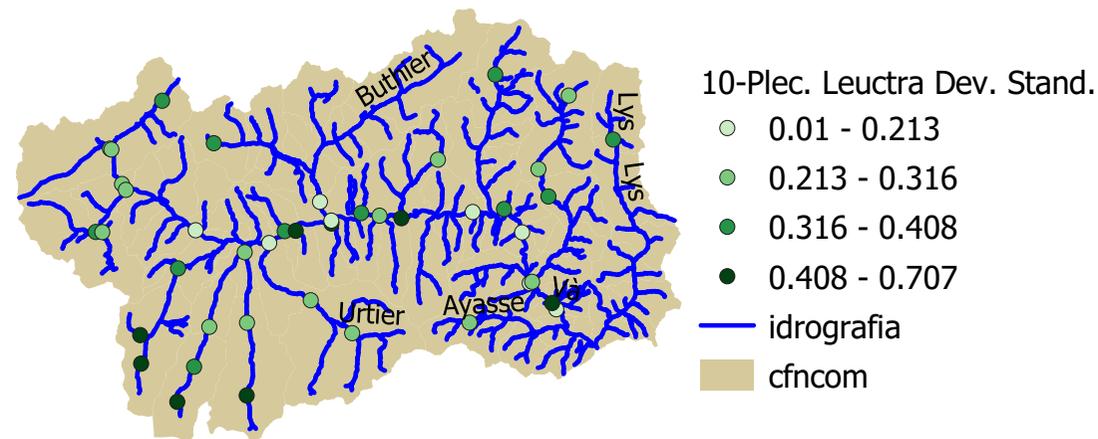
B) 10 - Plecotteri senza Leuctra Dev. Standard



C) 10 - Plecotteri Leuctra Media

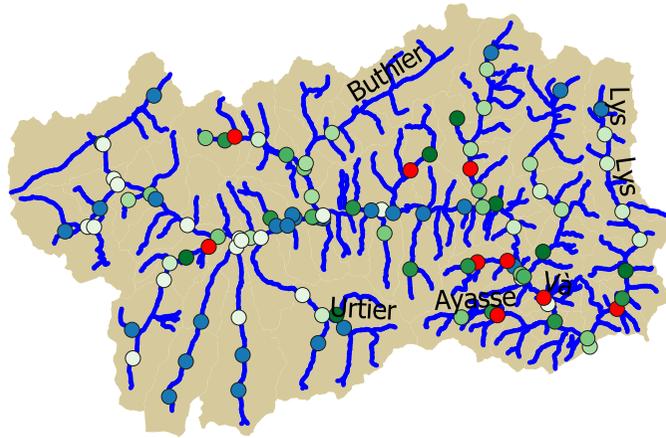


D) 10 - Plecotteri Leuctra Dev. Standard

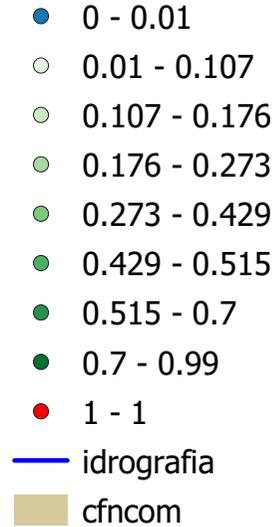


# TAVOLA 3

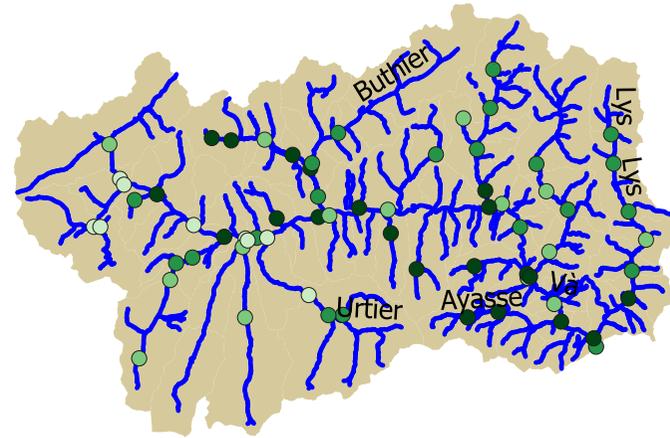
A) 14 - Coleotteri Media



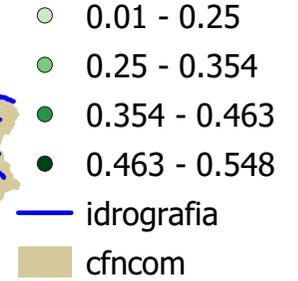
14-Coleotteri media



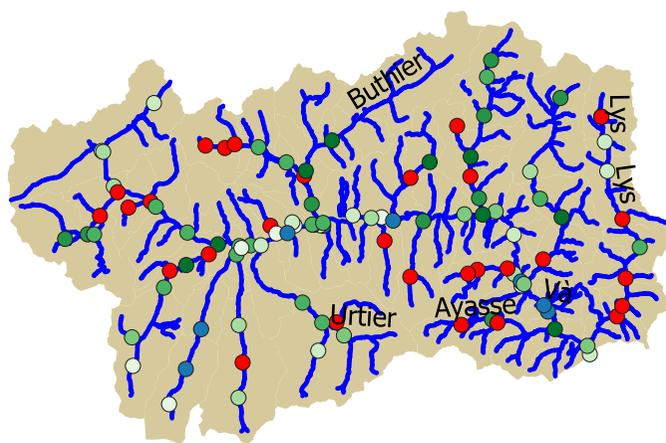
B) 14 - Coleotteri Dev. Standard



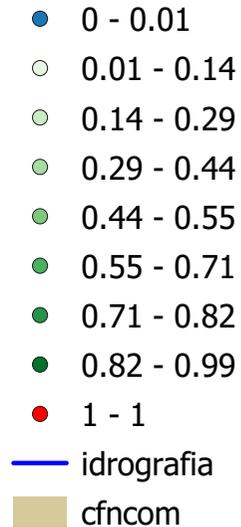
14-Coleotteri Dev. Standard



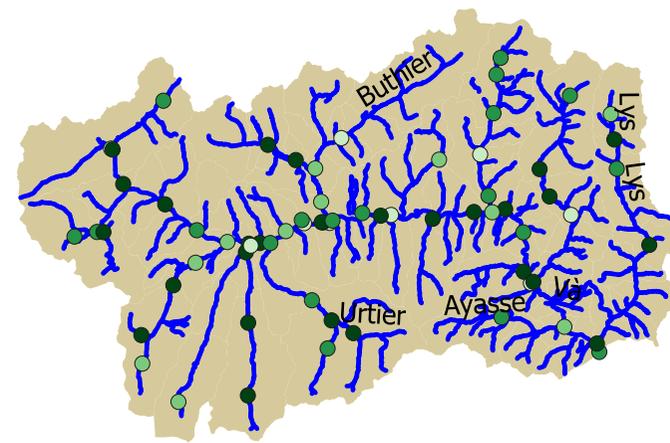
C) 18 - Tricladi Media



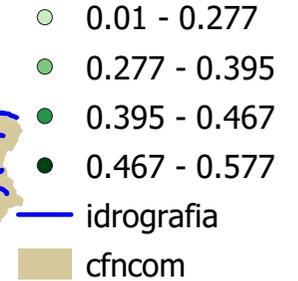
18 - Tricladi media



D) 18 - Tricladi Dev. Standard

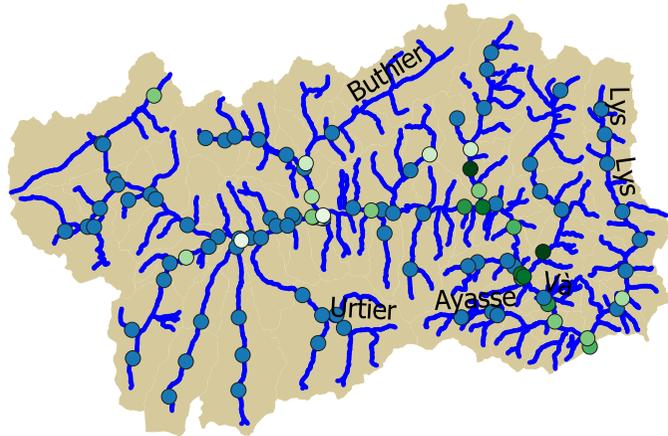


18 - Tricladi Dev. Standard

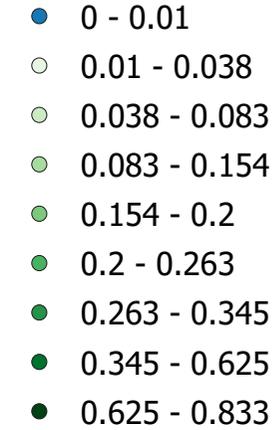


# TAVOLA 4

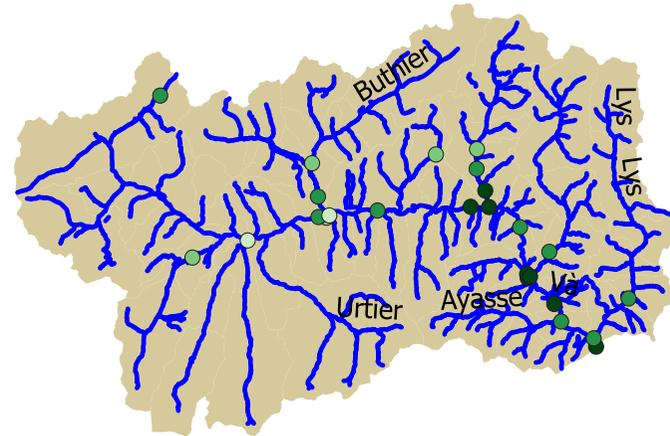
A) 16 - Gasteropodi Media



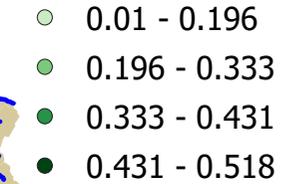
16 - Gasteropodi Media



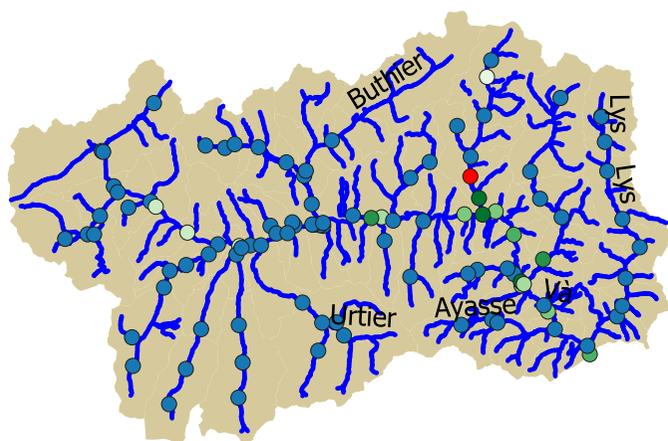
B) 16 - Gasteropodi Dev. Standard



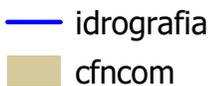
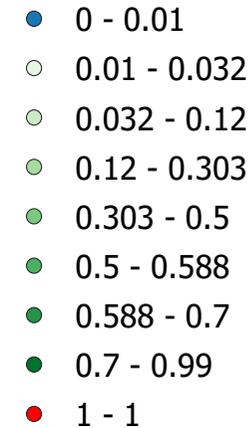
16 - Gasteropodi Dev. Stand.



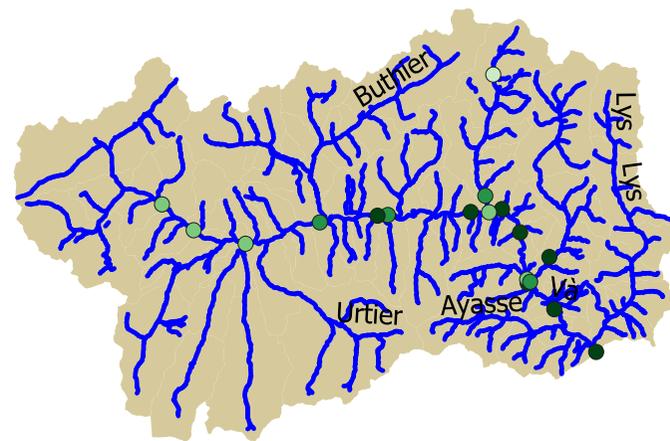
C) 15 - Crostacei Media



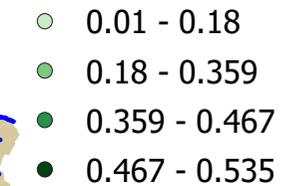
15 - Crostacei Media



D) 15 - Crostacei Dev. Standard

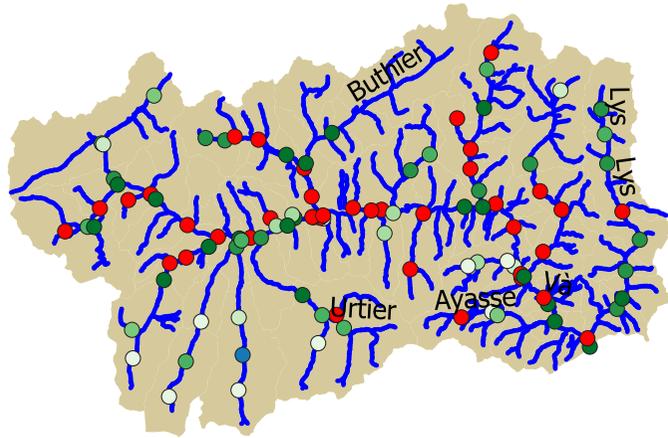


15 - Crostacei Dev. Standard

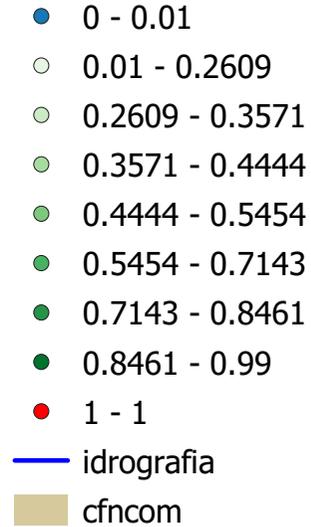


# TAVOLA 5

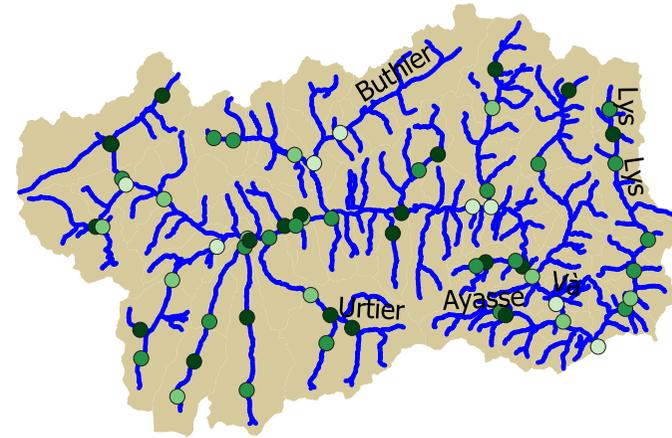
A) 20 - Oligocheti Media



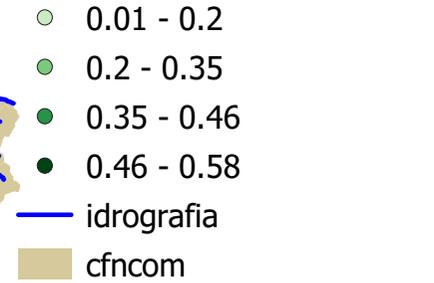
20 - Oligocheti Media



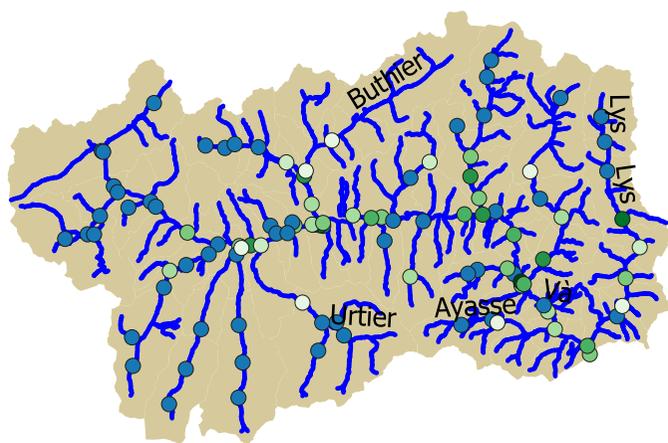
B) 20 - Oligocheti Dev. Standard



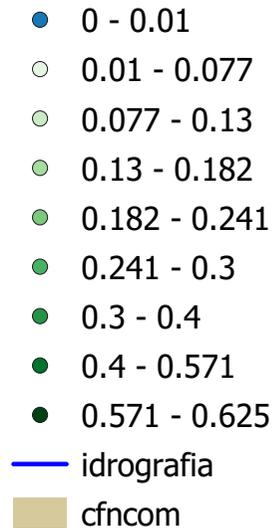
20 - Oligocheti Dev. Standard



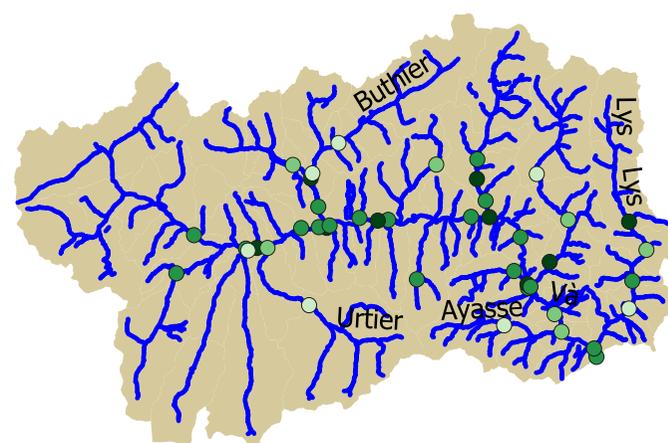
C) 21 - Nematomorfi Media



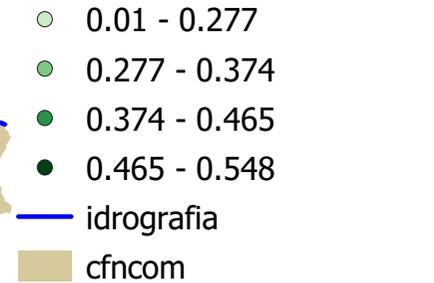
21 - Nematomorfi Media



D) 21 - Nematomorfi Dev. Standard

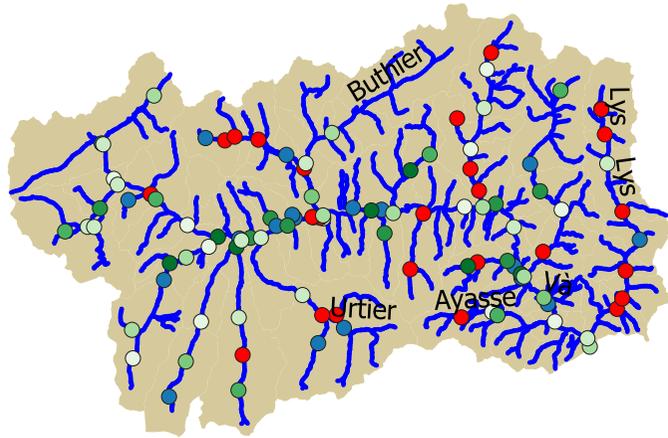


21 - Nematomorfi Dev. Stand.



# TAVOLA 6

A) 22 - Idracarini Media

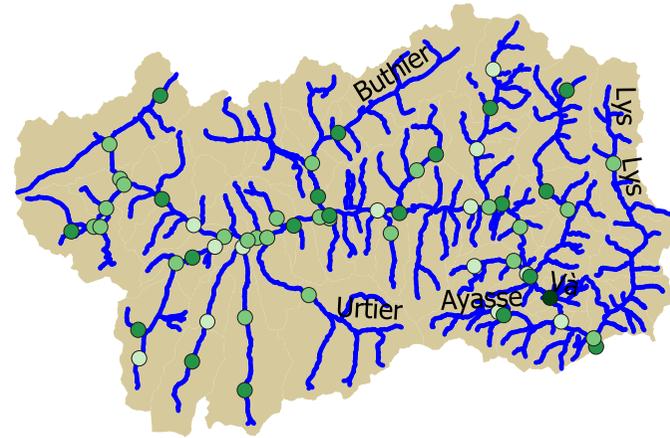


22 - Idracarini media

- 0 - 0.01
- 0.01 - 0.156
- 0.156 - 0.25
- 0.25 - 0.342
- 0.342 - 0.5
- 0.5 - 0.667
- 0.667 - 0.8
- 0.8 - 0.99
- 1 - 1

— idrografia  
■ cfncom

B) 22 - Idracarini Dev. Standard

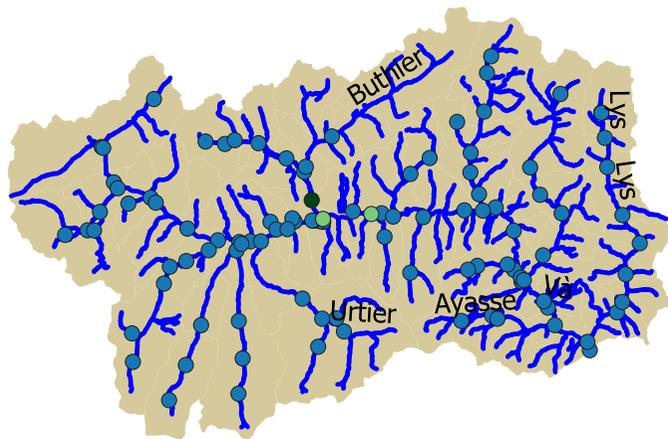


22 - Idracarini Dev. Standard

- 0.01 - 0.362
- 0.362 - 0.448
- 0.448 - 0.548
- 0.548 - 0.707

— idrografia  
■ cfncom

C) 17 - Bivalvi Media

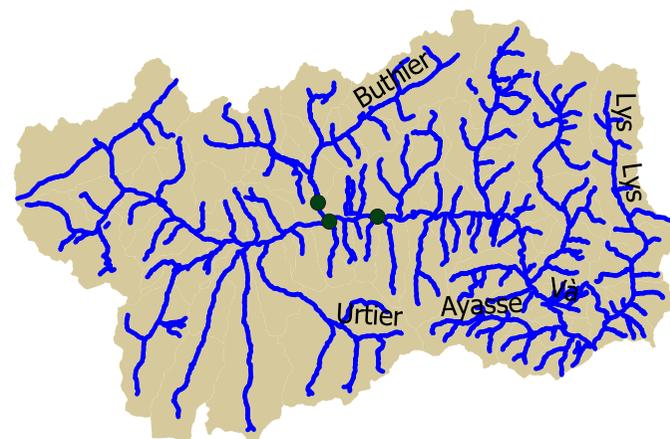


17 - Bivalvi Media

- 0 - 0.01
- 0.01 - 0.1
- 0.1 - 0.23

— idrografia  
■ cfncom

D) 17 - Bivalvi Dev. Standard



17 - Bivalvi Dev. Standard

- 0.01 - 0.43

— idrografia  
■ cfncom

## 4.2 Correlazione tra presenza di taxa di macrobenthos e pressioni sul reticolo idrografico

I risultati ottenuti dalla correlazione lineare fra i benthos e i fattori di pressioni sono visibili nella tabella seguente:

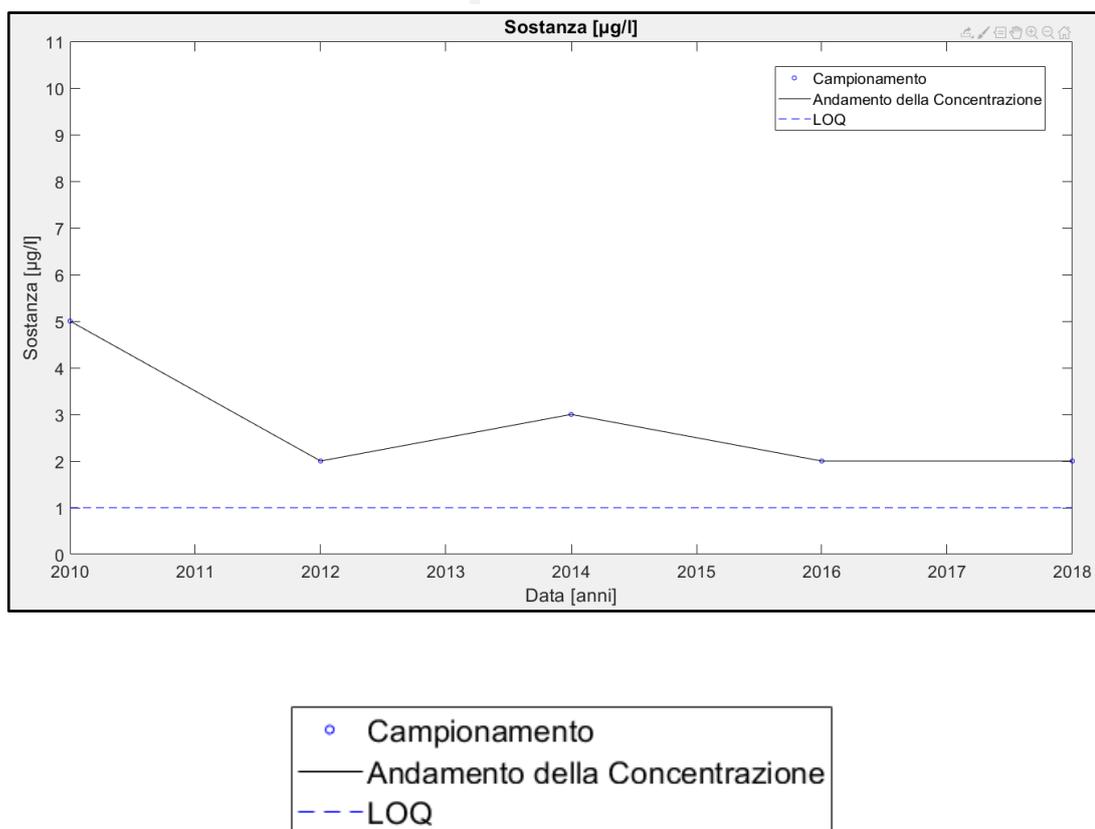
**Tabella 13** : Correlazione lineare tra benthos e fattori di pressione

Benthos	Scarichi di acque reflue urbane depurate	Prelievi uso irriguo	Prelievi uso idroelettrico Lunghezza tratto sotteso	Prelievi uso idroelettrico Q portata derivata	Alterazioni morfologiche – Alterazioni fisiche del canale/letto del corpo idrico	Alterazioni morfologiche – Dighe, barriere e chiuse
10-Plecotteri con Leuctra	0.116	-0.325	0.0302	0.0689	-0.365	-0.482
11-Efemerotteri	0.0303	0.0361	-0.146	0.028	-0.128	0.0319
12-Tricotteri	0.139	-0.028	0.0946	0.131	-0.193	-0.332
13-Ditteri	0.054	0.032	-0.13	0.053	-0.138	0.028
14-Coleotteri	-0.145	0.059	-0.112	-0.041	-0.203	-0.0428
15-Crostacei	0.241	0.0201	0.074	0.14	-0.0097	-0.064
16-Gasteropodi	0.211	0.125	0.069	0.094	-0.0117	0.0209
17-Bivalvi	0.258	-0.046	0.187	-0.0754	-0.0754	-0.0409
18-Tricladi	0.0349	-0.0109	0.0177	0.0227	-0.307	-0.169
19-Irudinei	0.219	-0.0461	0.153	-0.0754	0.164	-0.041
20-Oligocheti	0.289	-0.033	0.245	0.168	0.105	-0.036
21-Nematomorfi	0.235	-0.036	0.201	0.11	0.099	0.0008
22-Idracarini	-0.209	0.081	-0.041	-0.113	-0.191	-0.099
23-Nematodi	0.0176	-0.032	-0.058	-0.121	-0.113	-0.094
24-Megaloptera	0.054	-0.032	-0.075	-0.053	-0.0701	-0.028
25-Odonati	/	/	/	/	/	/
26-Eterotteri	/	/	/	/	/	/
10-Plecotteri senza Leuctra	0.0603	-0.28	-0.025	0.077	-0.361	-0.395
10-Plecotteri solo Leuctra	-0.241	0.122	-0.121	-0.137	-0.179	-0.028

In generale, le correlazioni ottenute sono mediamente molto basse. Si rileva una particolare sensibilità alle alterazioni morfologiche da parte di alcuni taxa. Questi risultati sono approfonditi nel Capitolo 5 – Discussione.

### 4.3 Andamento temporale dei dati chimici

La figura successiva e la relativa legenda rappresentano a titolo esemplificativo il grafico relativo ad un generico composto chimico con lo scopo di illustrare il significato delle diverse linee e dei codici cromatici associati.

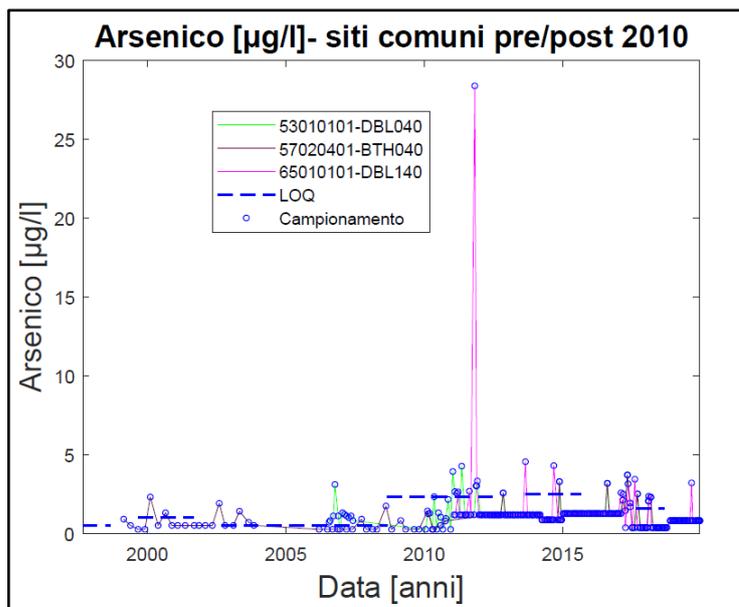


**Figura 13:** andamento della concentrazione di un generico composto chimico nel tempo – Grafico dimostrativo e relativa legenda

La legenda riportata sopra descrive il significato dei diversi elementi grafici utilizzati. Il punto blu indica il singolo campionamento effettuato, la linea tratteggiata blu (LOQ) indica il limite di quantificazione ed infine la linea nera indica l'andamento della concentrazione.

I grafici successivamente esposti rispettano la legenda indicata nella Figura 13. In seguito vengono mostrati i grafici relativi all'Arsenico, suddivisi in pre2010, post2010 e pre/post2010. Si è scelto questo elemento perché sono stati rilevati alcune positività al LOQ. Nella Figura 15 si possono notare molti punti allineati che indicano la convenzione  $LOQ/2$  e un punto superiore al LOQ che

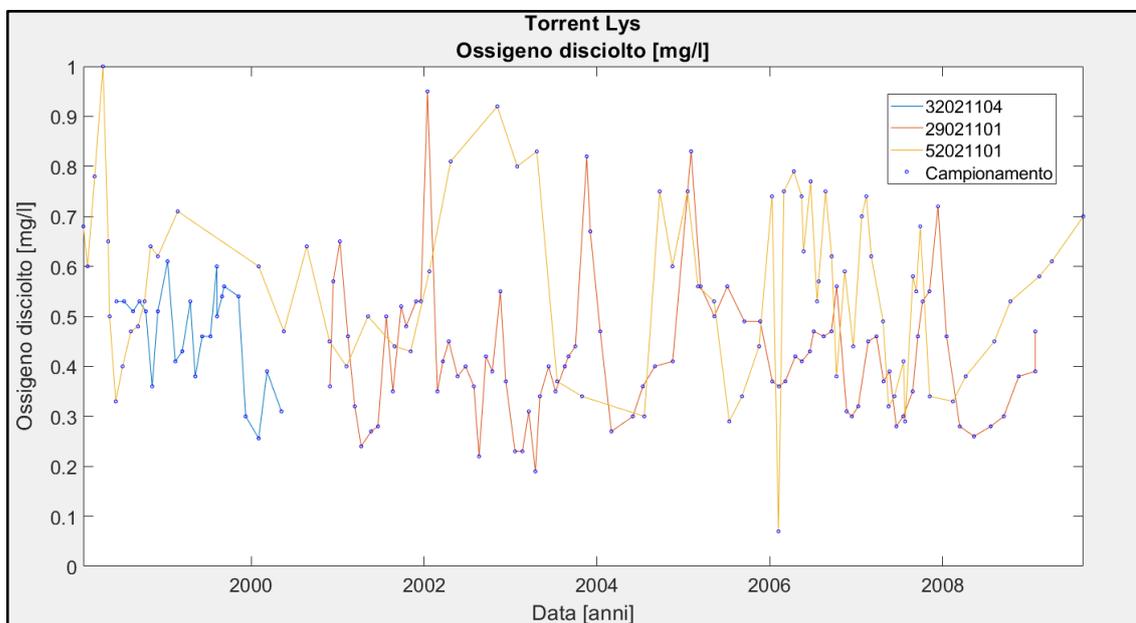




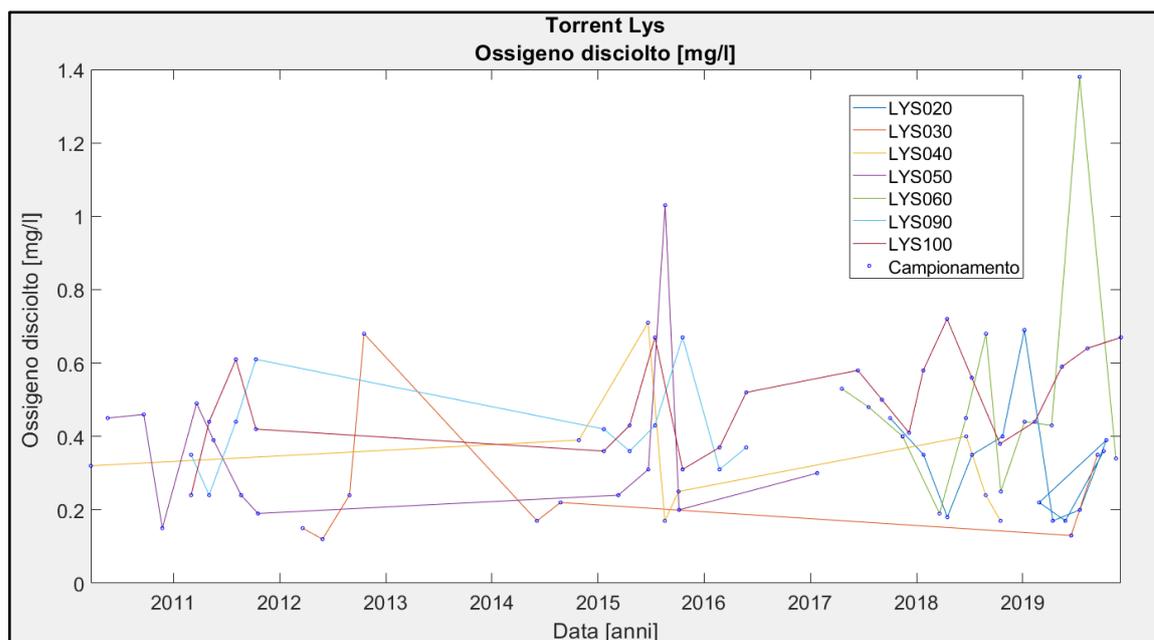
**Figura 16:** andamento dell'Arsenico nei siti di monitoraggio comuni pre/post 2010

#### 4.4 Correlazione monte-valle di un set di parametri chimici

Le due figure seguenti mostrano, a titolo esemplificativo, l'andamento dell'Ossigeno disciolto nelle stazioni situate sul Torrent Lys. Questi grafici si riferiscono alla rappresentazione dei trend monte-valle delle concentrazioni nel medesimo torrente, al fine di valutare una loro correlazione.



**Figura 17:** andamento dell' Ossigeno disciolto in 3 stazioni poste sul Torrent Lys nel periodo 2000-2010



**Figura 18:** andamento dell' Ossigeno disciolto in 7 stazioni poste sul Torrent Lys nel periodo 2010-2019

Si può osservare nel periodo pre 2010 (v. Figura 16) che il sito di monitoraggio posto più a valle 52021101 presenta, quasi sempre, concentrazioni più elevate rispetto alle stazioni poste a monte, 32021104 e 29021101. Un trend analogo si rileva per il periodo post 2010 (v. Figura 17: le stazioni poste più a valle (LYS060, LYS090 e LYS100) presentano quasi sempre concentrazioni più elevate rispetto alle stazioni situate a monte (LYS020, LYS030, LYS040 e LYS050).

Di seguito sono riportate le Tavole da 7 a 15 relative agli indici calcolati nell'ultimo step dello studio della correlazione monte-valle. Nell'ordine sono:

- Tavola 7: correlazione monte-valle dell'Ammonio;
- Tavola 8: correlazione monte-valle dell'Azoto nitroso;
- Tavola 9: correlazione monte-valle dell'Azoto totale;
- Tavola 10: correlazione monte-valle del BOD5;
- Tavola 11: correlazione monte-valle del COD;
- Tavola 12: correlazione monte-valle dei Fosfati;
- Tavola 13: correlazione monte-valle del Fosforo totale;
- Tavola 14: correlazione monte-valle dei Nitrati;
- Tavola 15: correlazione monte-valle dell'Ossigeno disciolto;
- Tavola 16: correlazione monte-valle dell'Ossigeno disciolto a saturazione.

# TAVOLA 7 - Ammonio

A) Media ((valoreassoluto(Deltai))/Cvallei)

Siti pre/post 2010

- △ 0 - 0.1
- ▲ 0.1 - 0.99
- ▲ 0.99 - 9.62

Siti post 2010

- 0 - 0.1
- 0.1 - 0.99
- 0.99 - 8.15

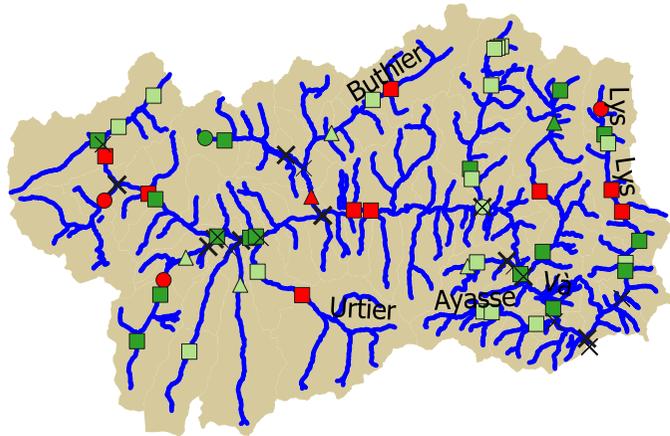
Siti pre 2010

- 0 - 0.1
- 0.1 - 0.99
- 0.99 - 5.08

× Siti a valle

— idrografia

■ cfncom



B) Media (Deltai/Cvallei)

Siti pre/post 2010

- △ -0.448 - -0.1
- ▲ -0.1 - 0.1
- ▲ 0.99 - 9.565

Siti post 2010

- -0.85 - -0.1
- -0.1 - 0.1
- 0.1 - 0.75
- 0.99 - 8.15

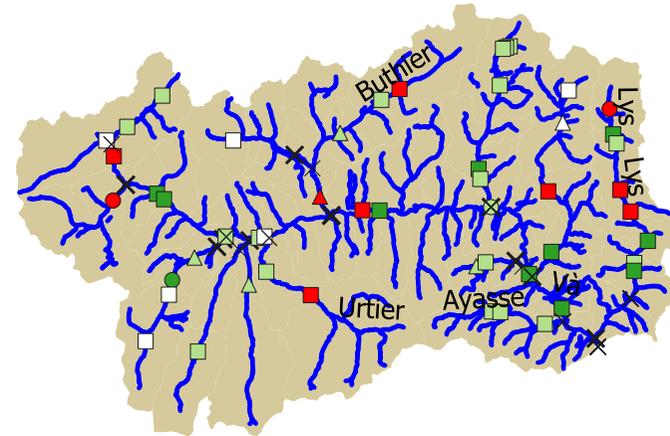
Siti pre 2010

- -0.1 - 0.1
- 0.1 - 0.99
- 0.99 - 5.08

× Siti a valle

— idrografia

■ cfncom



C) Minimo (Deltai/Cvallei)

Siti pre/post 2010

- △ -0.93 - -0.1
- ▲ -0.1 - 0

Siti post 2010

- -0.97 - -0.1
- -0.1 - 0

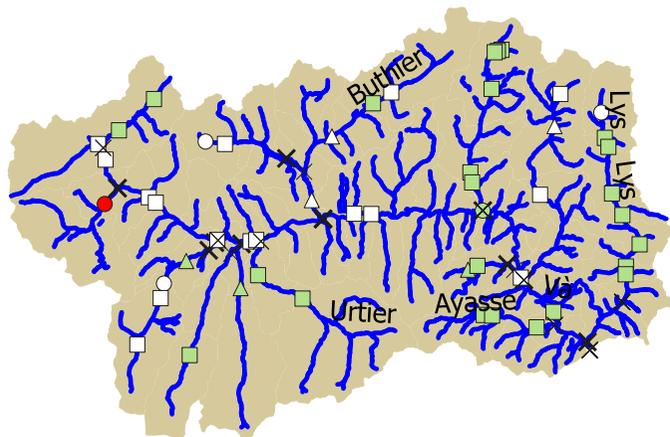
Siti pre 2010

- -0.89 - -0.1
- -0.1 - 0.1
- 0.99 - 5.08

× Siti a valle

— idrografia

■ cfncom



D) Massimo (Deltai/Cvallei)

Siti pre/post 2010

- ▲ 0 - 0.1
- ▲ 0.99 - 39

Siti post 2010

- -0.8 - -0.1
- -0.1 - 0.1
- 0.99 - 87

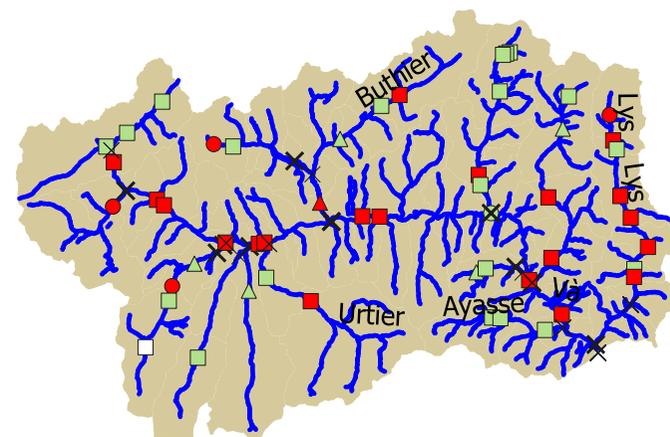
Siti pre 2010

- 0 - 0.1
- 0.99 - 55

× Siti a valle

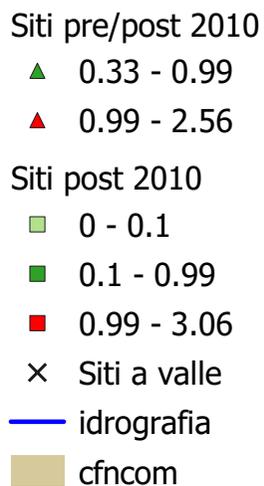
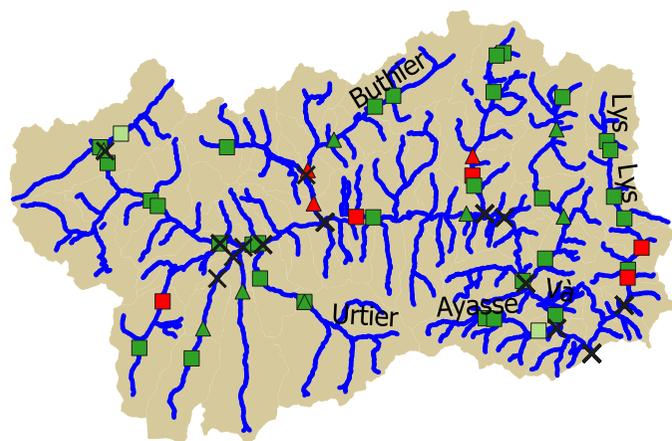
— idrografia

■ cfncom

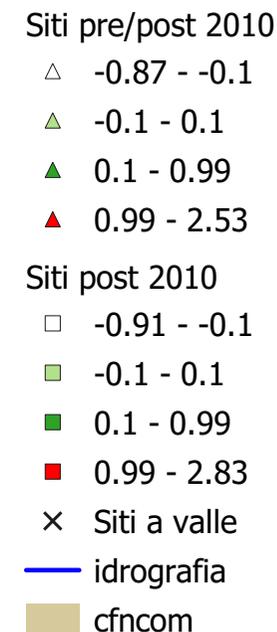
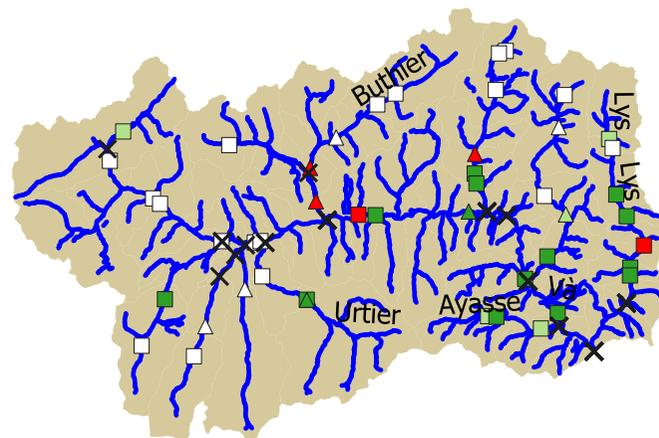


# TAVOLA 8 - Azoto nitroso

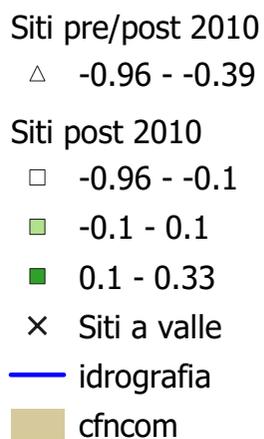
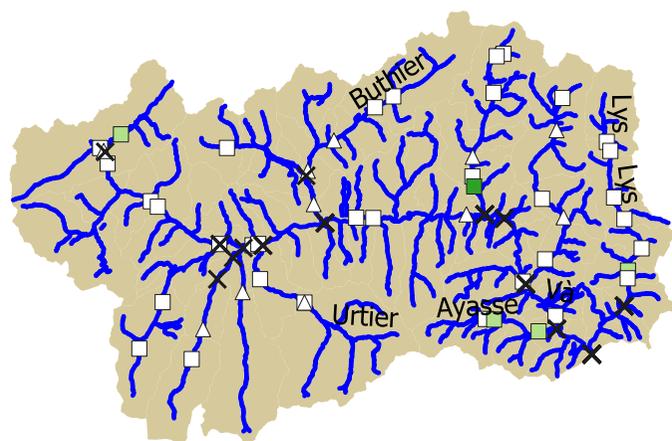
A) Media ((valoreassoluto(Delta*i*))/Cvallei)



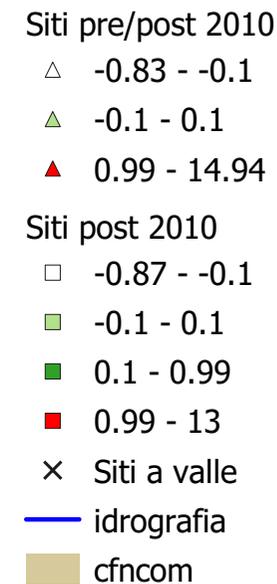
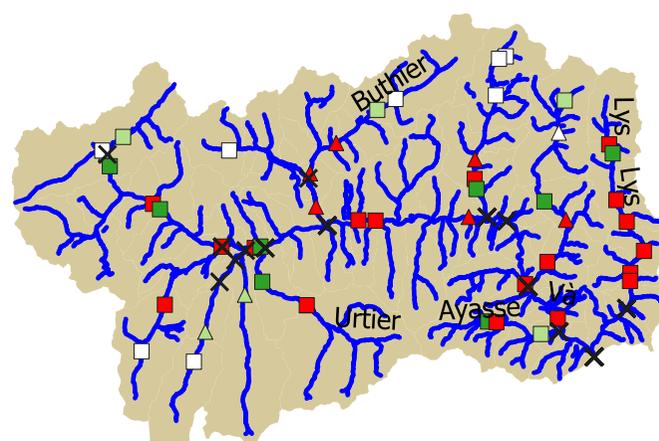
B) Media (Delta*i*/Cvallei)



C) Minimo (Delta*i*/Cvallei)

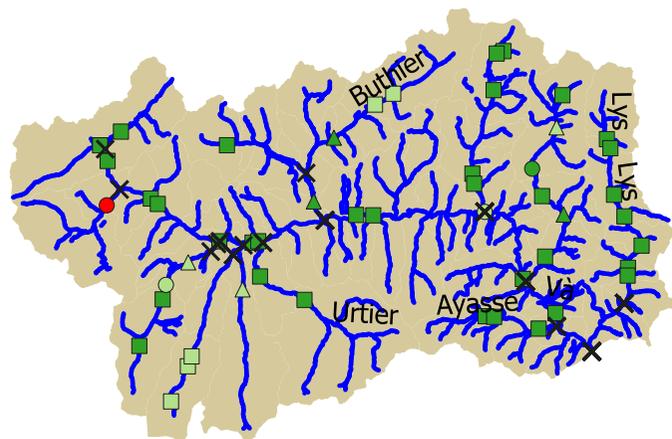


D) Massimo (Delta*i*/Cvallei)



# TAVOLA 9 - Azoto totale

A) Media ((valoreassoluto(Deltai))/Cvallei)



Siti pre/post 2010

- △ 0 - 0.1
- ▲ 0.1 - 0.81

Siti post 2010

- ◻ 0 - 0.1
- ◼ 0.1 - 0.98

Siti pre 2010

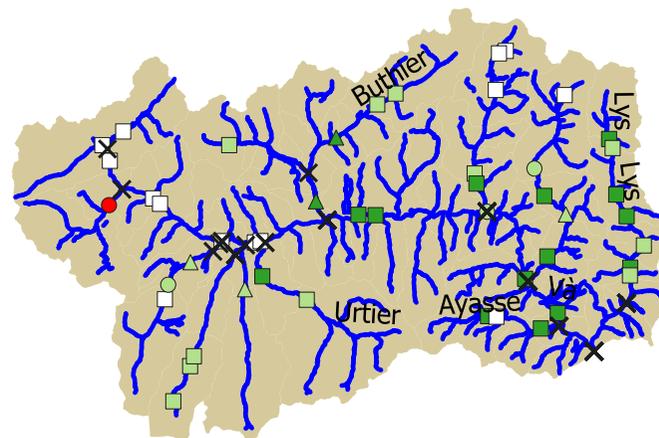
- 0 - 0.1
- 0.1 - 0.99
- 0.99 - 3

× Siti a valle

— idrografia

■ cfncom

B) Media (Deltai/Cvallei)



Siti pre/post 2010

- △ -0.08 - 0.1
- ▲ 0.1 - 0.71

Siti post 2010

- ◻ -0.4 - -0.1
- ◻ -0.1 - 0.1
- ◼ 0.1 - 0.86

Siti pre 2010

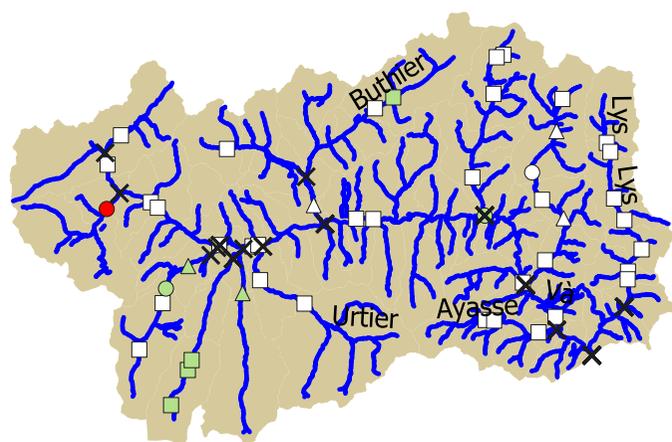
- 0 - 0.1
- 0.99 - 3

× Siti a valle

— idrografia

■ cfncom

C) Minimo (Deltai/Cvallei)



Siti pre/post 2010

- △ -0.85 - -0.1
- ▲ -0.1 - 0

Siti post 2010

- ◻ -0.81 - -0.1
- ◻ -0.1 - -0.13

Siti pre 2010

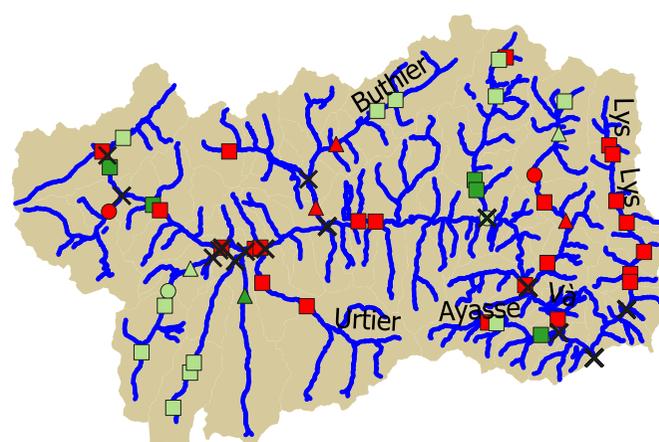
- -1 - -0.1
- -0.1 - 0.1
- 0.99 - 3

× Siti a valle

— idrografia

■ cfncom

D) Massimo (Deltai/Cvallei)



Siti pre/post 2010

- △ 0 - 0.1
- ▲ 0.1 - 0.99
- ▲ 0.99 - 5.08

Siti post 2010

- ◻ -0.1 - 0.1
- ◻ 0.1 - 0.99
- ◼ 0.99 - 4.88

Siti pre 2010

- 0 - 0.1
- 1 - 5.2

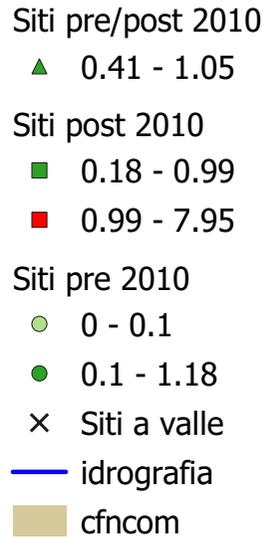
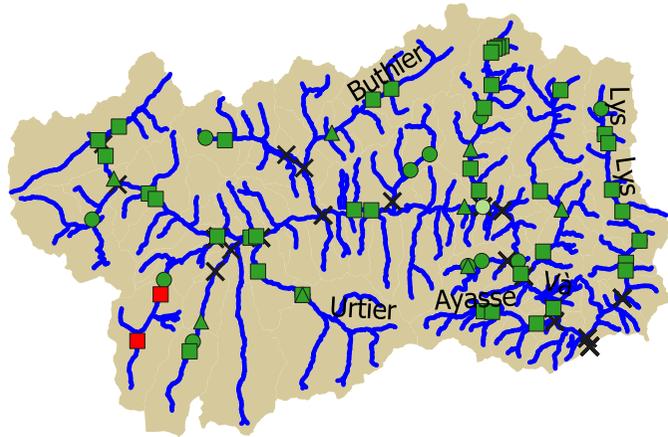
× Siti a valle

— idrografia

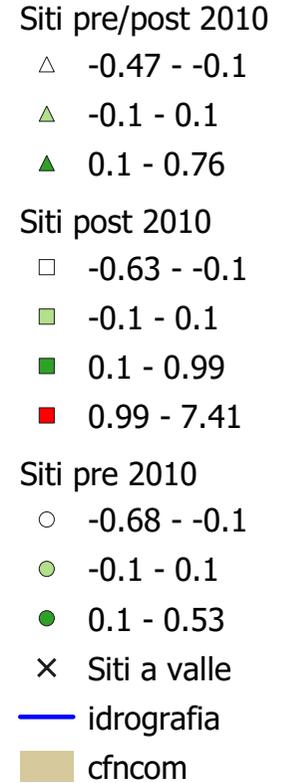
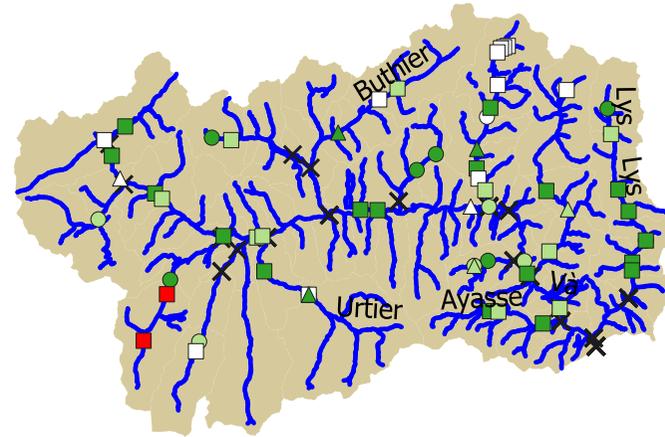
■ cfncom

# TAVOLA 10 - BOD5

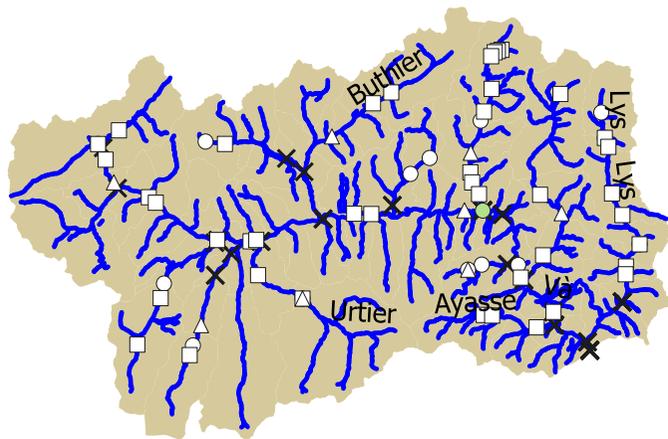
A) Media ((valoreassoluto(Deltai))/Cvallei)



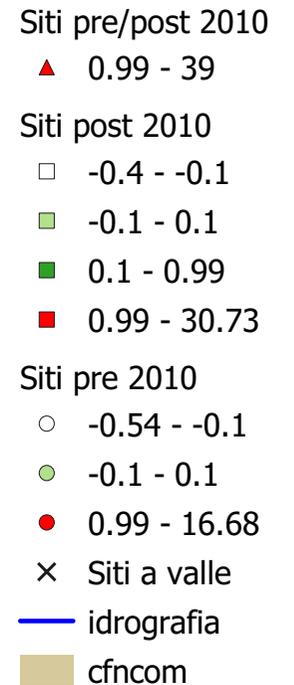
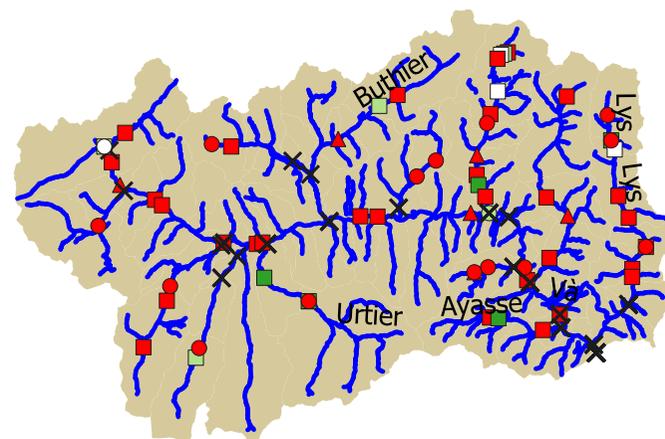
B) Media (Deltai/Cvallei)



C) Minimo (Deltai/Cvallei)

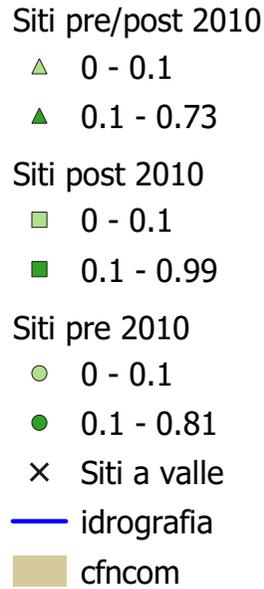
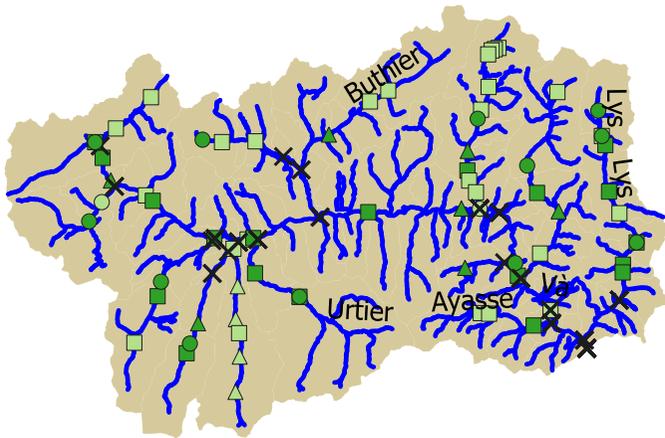


D) Massimo (Deltai/Cvallei)

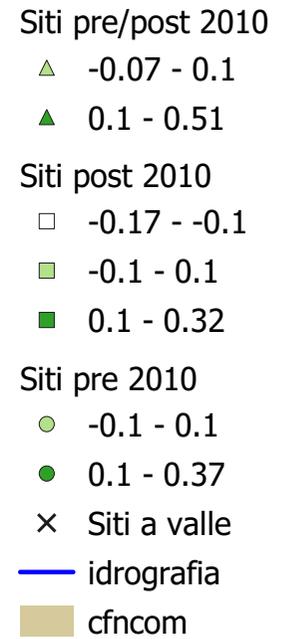
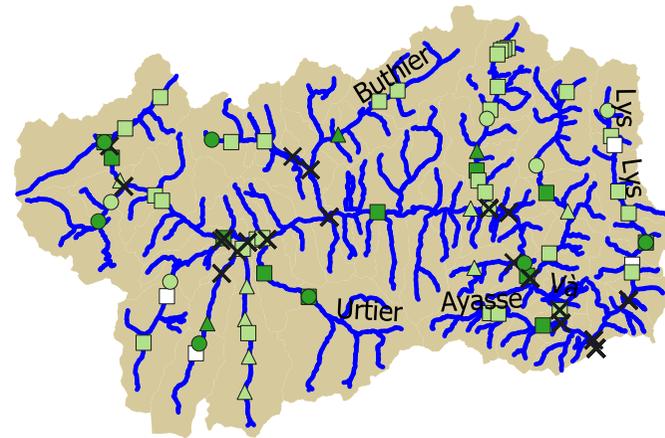


# TAVOLA 11 - COD

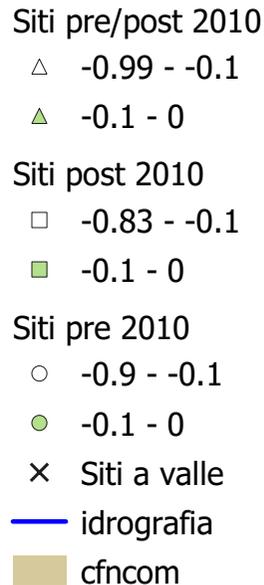
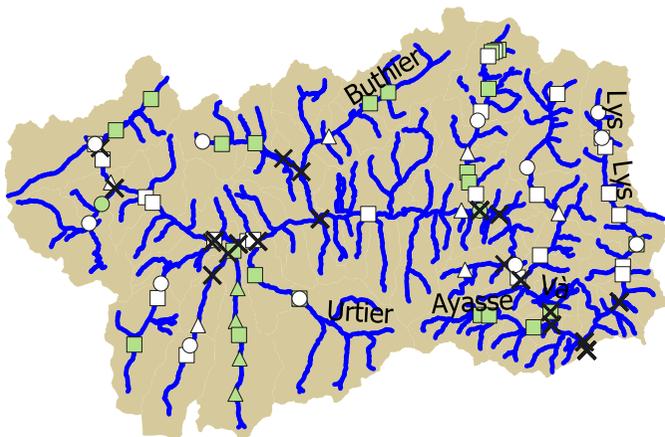
A) Media ((valoreassoluto(Delta<sub>i</sub>))/C<sub>vallei</sub>)



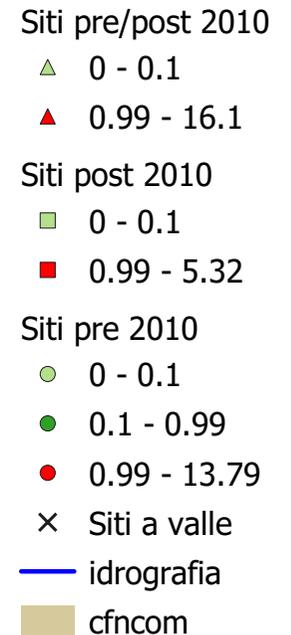
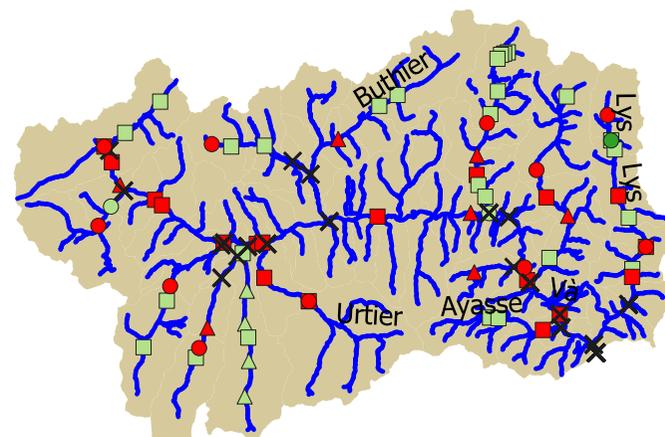
B) Media (Delta<sub>i</sub>/C<sub>vallei</sub>)



C) Minimo (Delta<sub>i</sub>/C<sub>vallei</sub>)

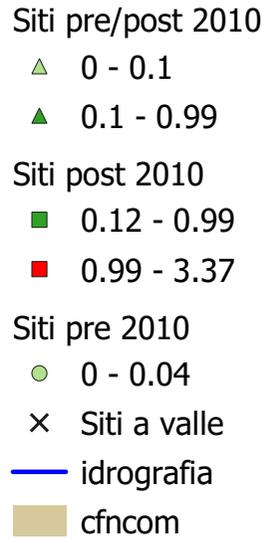
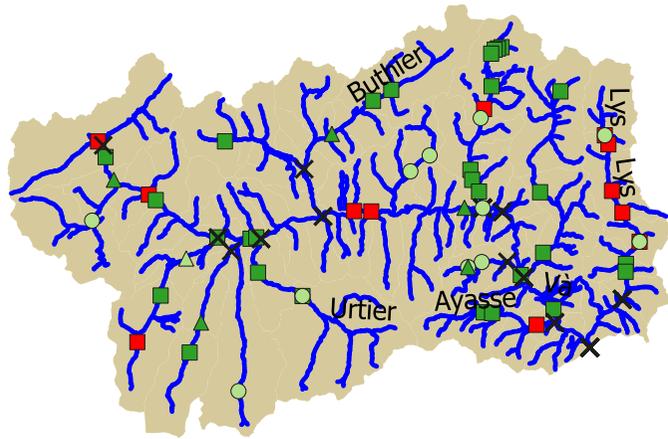


D) Massimo (Delta<sub>i</sub>/C<sub>vallei</sub>)

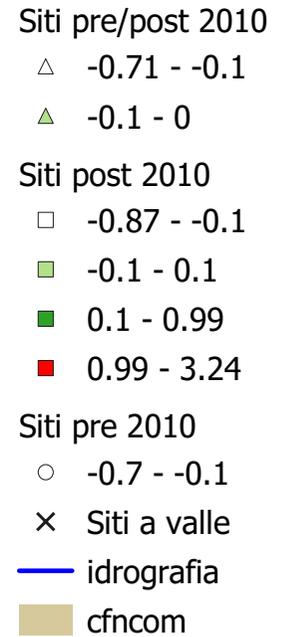
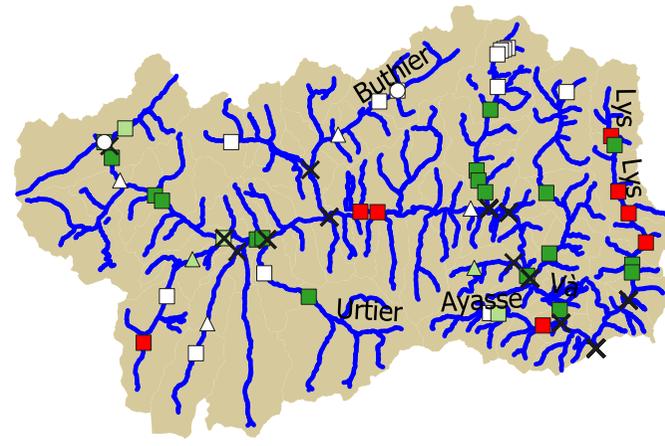


# TAVOLA 12 - Fosfati

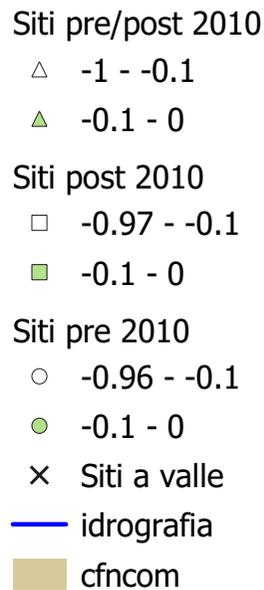
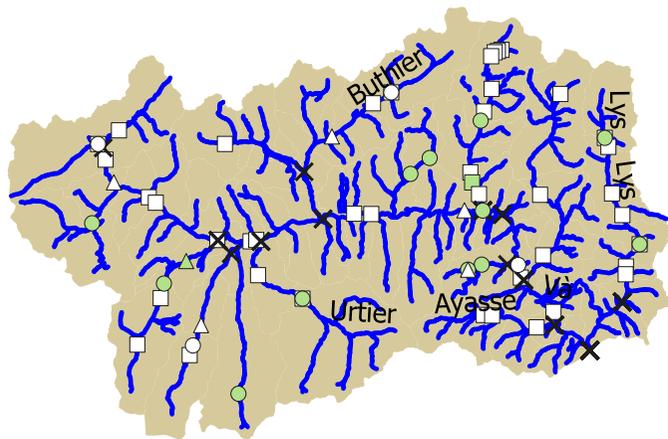
A) Media ((valoreassoluto(Deltai))/Cvallei)



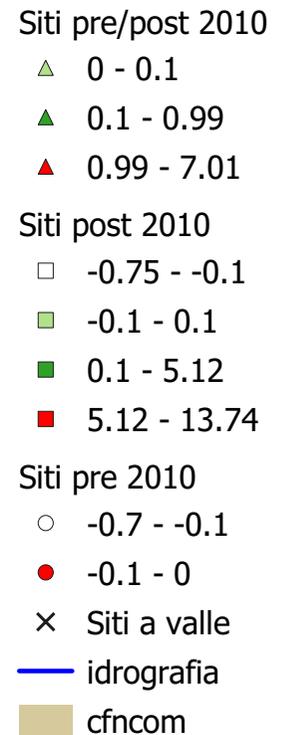
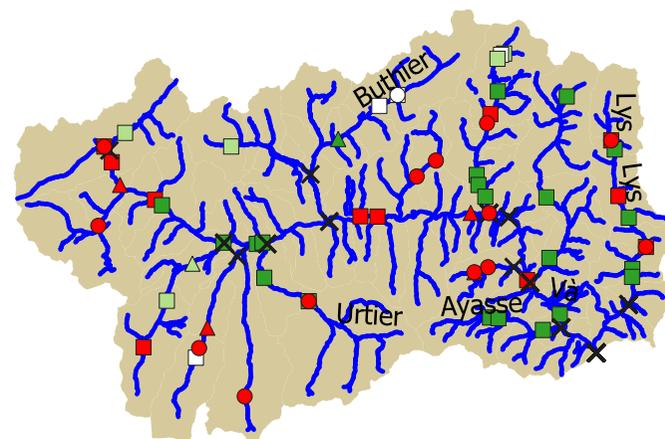
B) Media (Deltai/Cvallei)



C) Minimo (Deltai/Cvallei)

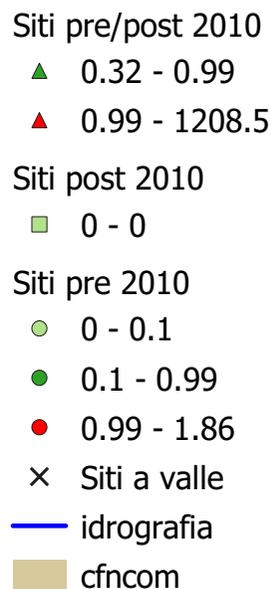
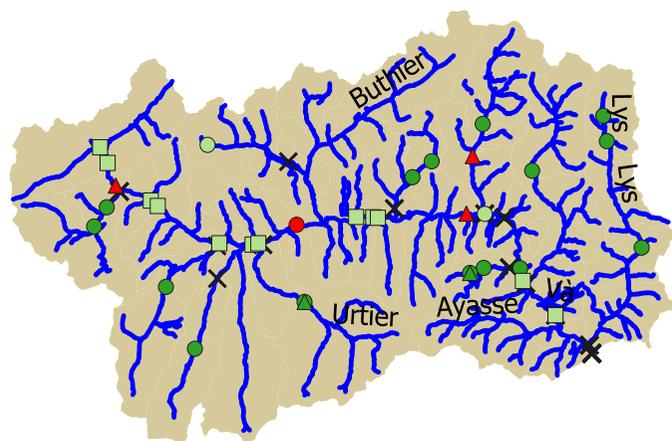


D) Massimo (Deltai/Cvallei)

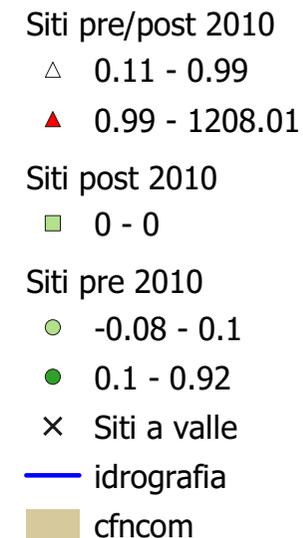
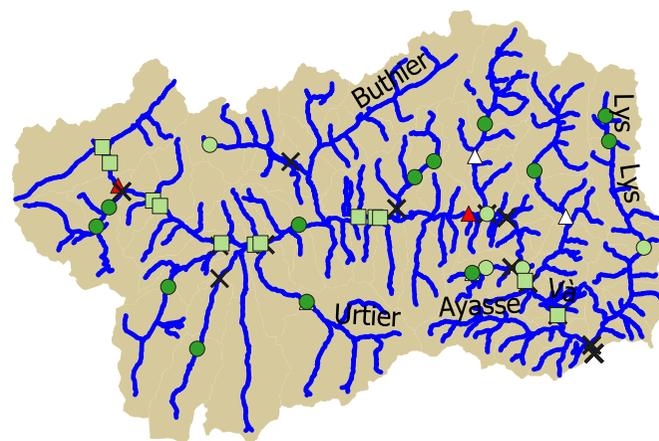


# TAVOLA 13 - Fosforo totale

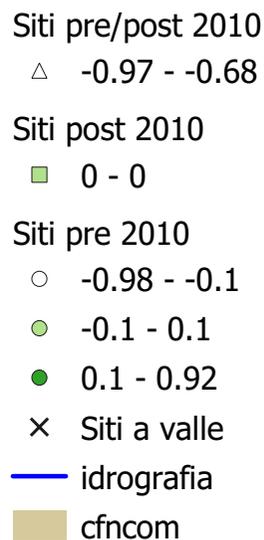
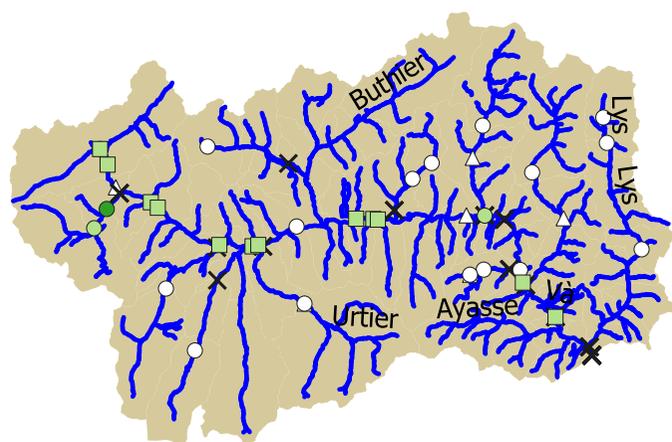
A) Media ((valoreassoluto(Delta<sub>i</sub>))/C<sub>vallei</sub>)



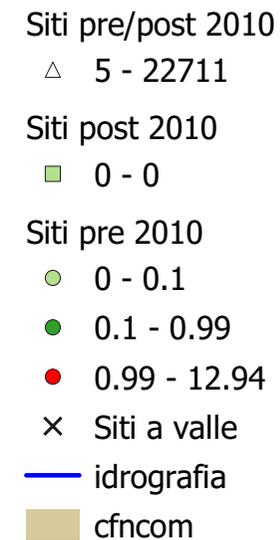
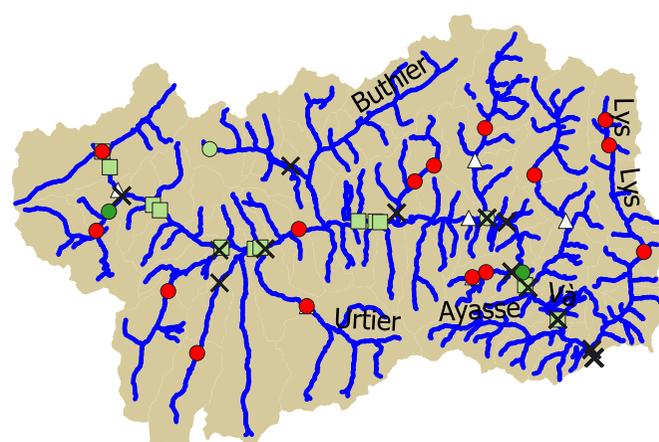
B) Media (Delta<sub>i</sub>/C<sub>vallei</sub>)



C) Minimo (Delta<sub>i</sub>/C<sub>vallei</sub>)

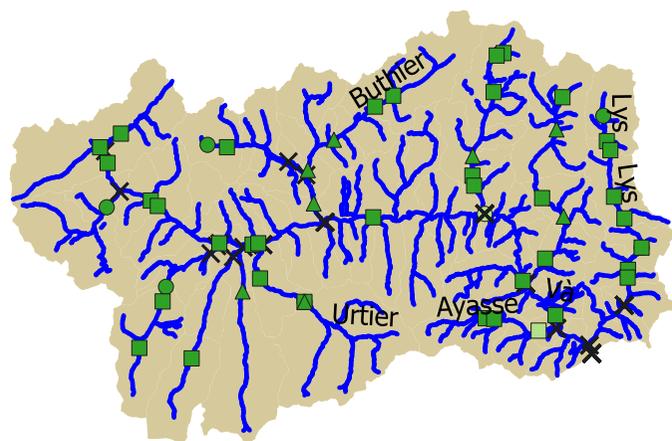


D) Massimo (Delta<sub>i</sub>/C<sub>vallei</sub>)



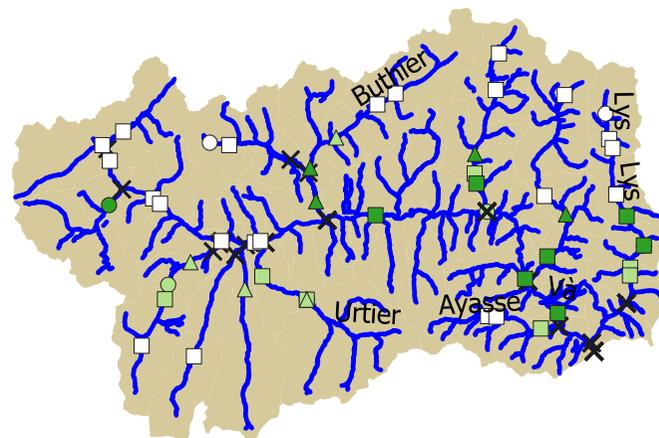
# TAVOLA 14 - Nitrati

A) Media ((valoreassoluto(Deltai))/Cvallei)



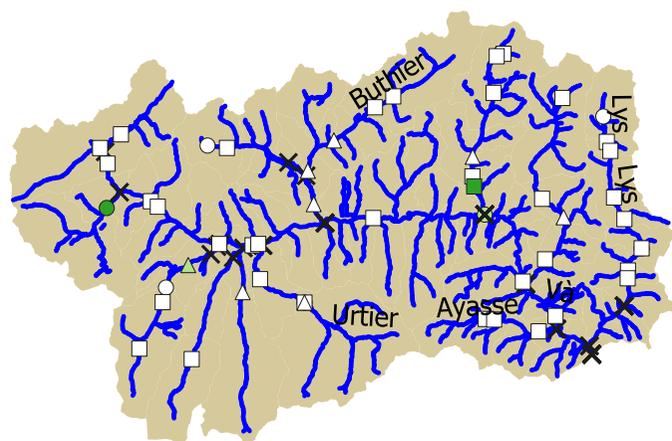
- Siti pre/post 2010
  - ▲ 0.1 - 0.71
- Siti post 2010
  - ◻ 0.09 - 0.1
  - 0.1 - 0.73
- Siti pre 2010
  - 0 - 0.1
  - 0.1 - 0.67
- × Siti a valle
- idrografia
- cfncom

B) Media (Deltai/Cvallei)



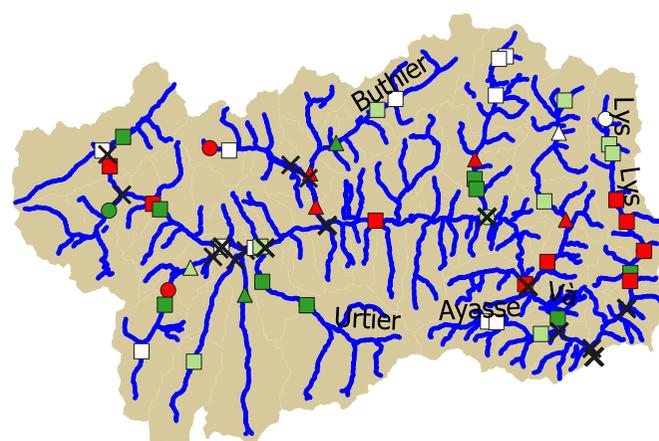
- Siti pre/post 2010
  - ▲ -0.1 - 0.1
  - ▲ 0.1 - 0.68
- Siti post 2010
  - ◻ -0.73 - -0.1
  - ◻ -0.1 - 0.1
  - 0.1 - 0.64
- Siti pre 2010
  - -0.5 - -0.1
  - -0.1 - 0.1
  - 0.1 - 0.32
- × Siti a valle
- idrografia
- cfncom

C) Minimo (Deltai/Cvallei)



- Siti pre/post 2010
  - △ -0.7 - -0.1
  - △ -0.1 - 0.03
- Siti post 2010
  - ◻ -0.98 - -0.1
  - 0.1 - 0.27
- Siti pre 2010
  - -0.91 - -0.1
  - -0.1 - 0.1
  - 0.1 - 0.32
- × Siti a valle
- idrografia
- cfncom

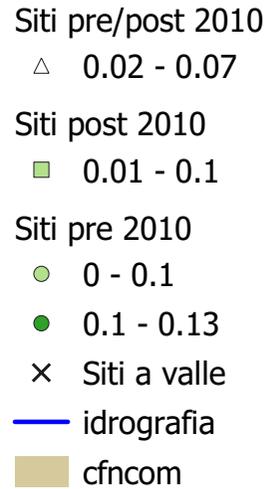
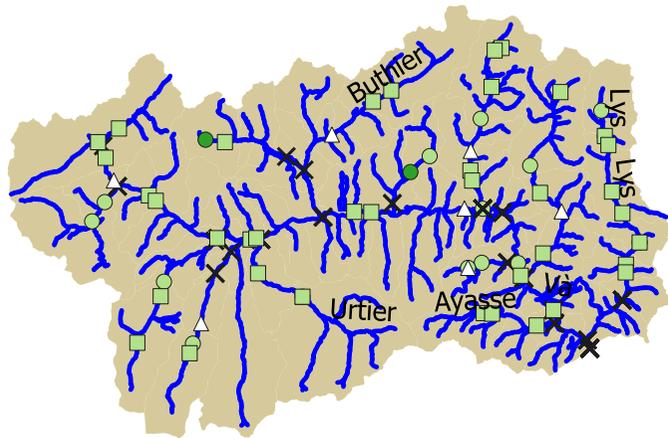
D) Massimo (Deltai/Cvallei)



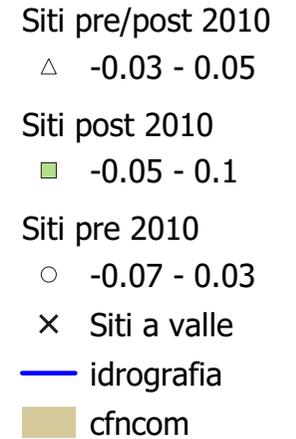
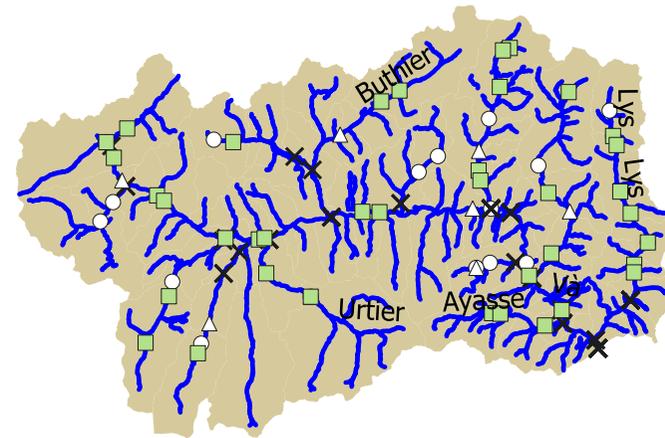
- Siti pre/post 2010
  - △ -0.31 - -0.1
  - △ -0.1 - 0.1
  - ▲ 0.1 - 0.99
  - ▲ 0.99 - 2.64
- Siti post 2010
  - ◻ -0.51 - -0.1
  - ◻ -0.1 - 0.1
  - 0.1 - 0.78
  - 0.78 - 9.2
- Siti pre 2010
  - -0.19 - -0.1
  - -0.1 - 0.1
  - 0.1 - 0.99
  - 0.99 - 5
- × Siti a valle
- idrografia
- cfncom

# TAVOLA 15 - Ossigeno disciolto a saturazione

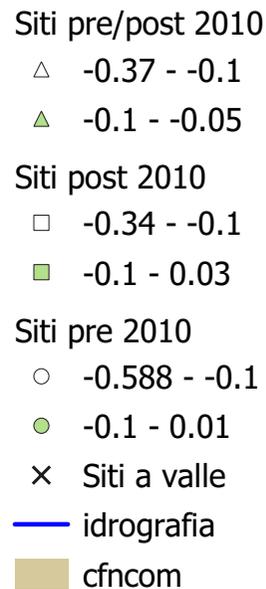
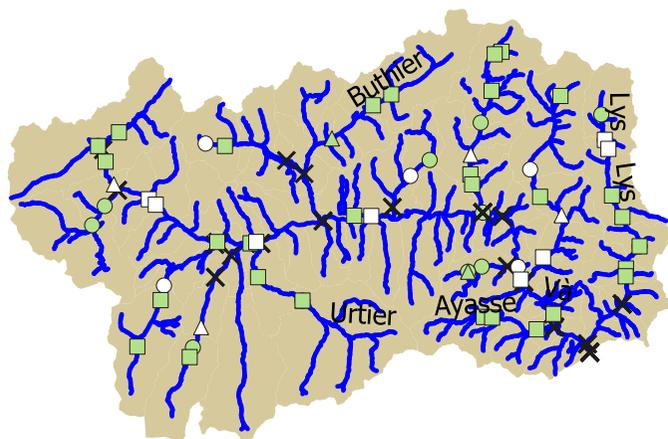
A) Media ((valore assoluto(Delta*t<sub>i</sub>*))/C*v<sub>vallei</sub>*)



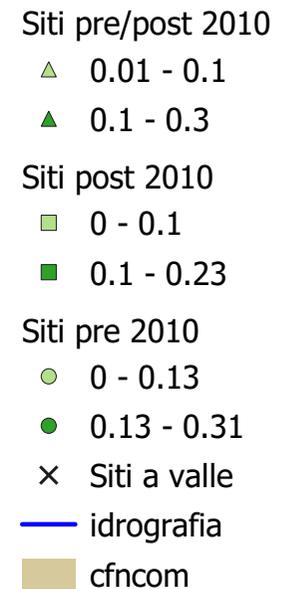
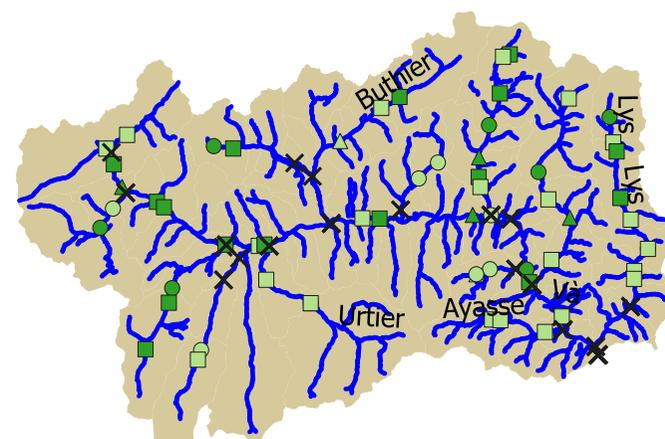
B) Media (Delta*t<sub>i</sub>*/C*v<sub>vallei</sub>*)



C) Minimo (Delta*t<sub>i</sub>*/C*v<sub>vallei</sub>*)

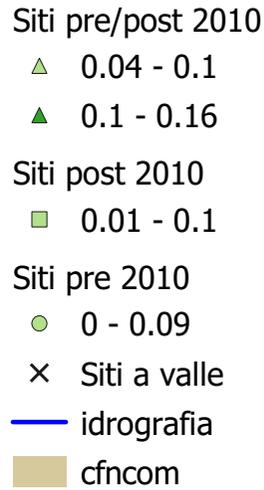
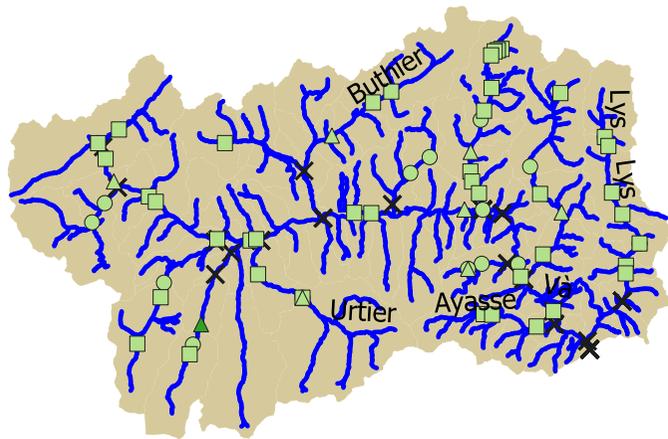


D) Massimo (Delta*t<sub>i</sub>*/C*v<sub>vallei</sub>*)

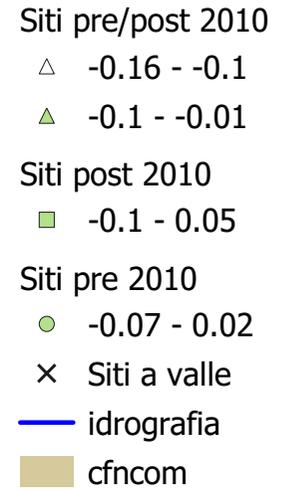
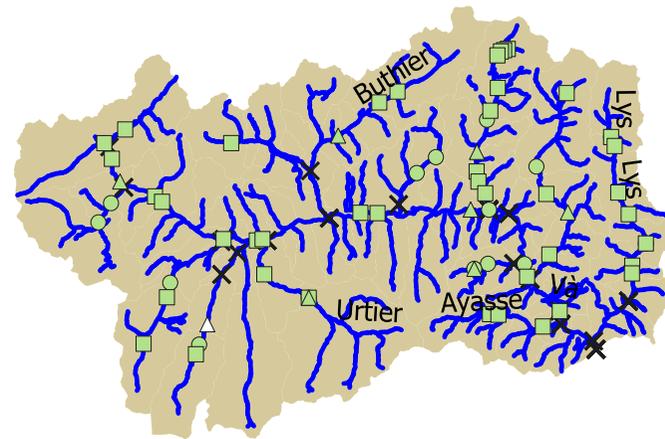


# TAVOLA 16 - Ossigeno disciolto

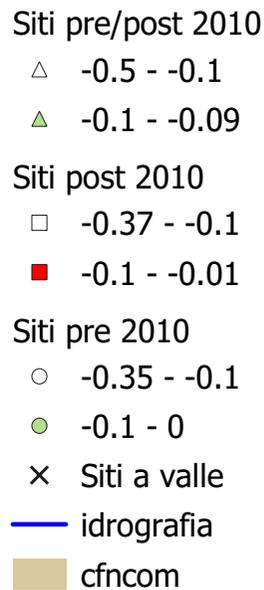
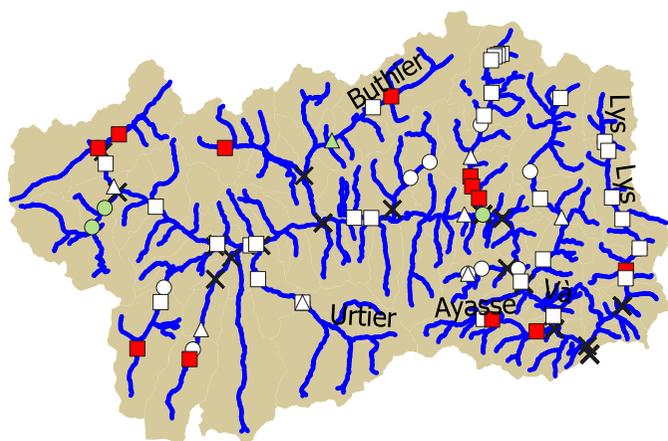
A) Media ((valore assoluto(Delta*t*))/C*v*allei)



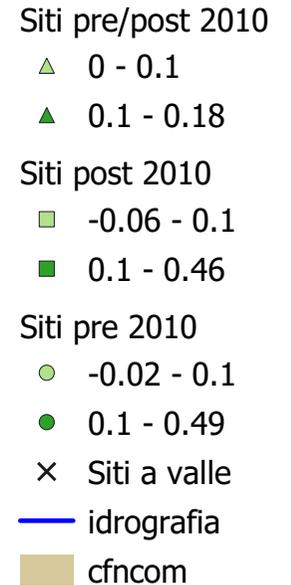
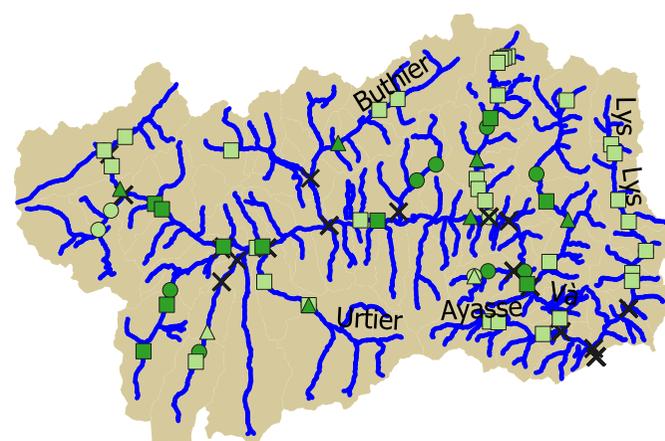
B) Media (Delta*t*/C*v*allei)



C) Minimo (Delta*t*/C*v*allei)



D) Massimo (Delta*t*/C*v*allei)



---

## CAPITOLO 5 – DISCUSSIONE

### 5.1 Analisi della presenza dei taxa di macroinvertebrati bentonici

In relazione ai valori di presenza assenza dei diversi gruppi faunistici di macrobenthos, i risultati ottenuti si possono interpretare considerando le peculiarità dei singoli gruppi faunistici. Ad esempio, il fatto che Ditteri, Tricotteri, Efemerotteri siano sempre presenti in ogni sito di monitoraggio dimostra la loro grande adattabilità e diffusione nella più ampia varietà di ambienti. Nel complesso questi taxa possiedono uno spettro di specializzazione ecologica ampio e differenziato e sono presenti in diverse condizioni di qualità delle acque superficiali. Al contrario, gli Efemerotteri rappresentano, nel complesso una frazione consistente della biomassa dei corsi d'acqua, costituiscono una delle componenti fondamentali della dieta di numerosi pesci e al loro interno si contano specie molto sensibili all'inquinamento, ma anche alcune che ne tollerano anche di consistenti (il genere *Baetis* è infatti piuttosto ubiquitario sul reticolo idrografico indagato).

I Plecotteri (escludendo il genere *Leuctra*) (vedere Tavola 2 Blocchi A e B) sono sempre presenti in tutte le stazioni ma, mostrano maggiore variabilità lungo la Dora Baltea, dove in alcuni tratti non sono sempre stati rilevati. Questi taxa sono più sensibili all'inquinamento organico e quindi al conseguente abbassamento dei livelli di ossigeno disciolto dovuto ai processi di decomposizione. Inoltre come illustrato nella Tabella 13, sono particolarmente sensibili alla presenza di alterazioni morfologiche (dighe, barriere, ecc.). Considerando l'intera base dati disponibile, questa informazione permette di dedurre che essi non sono sempre stati rilevati nella Dora Baltea, perché in quei tratti sono presenti molte opere artificiali che ne limitano la diffusione.

Tra i taxa bentonici che sono “sempre o quasi sempre assenti” mostrano una relativa importanza i Bivalvi, i Gasteropodi e i Crostacei. Infatti i Bivalvi (vedere Tavola 2 Blocchi C e D) sono sempre assenti tranne nel tratto di valle del torrente Buthier. Questi tendono in genere a colonizzare i tratti bassi dei fiumi, dove c'è una grande disponibilità di materia organica particolata fine, phytoplankton e batteri: in quei tratti del torrente Buthier sono presenti scarichi di acque reflue urbane, i quali immettono sostanza organica nel torrente favorendo probabilmente la colonizzazione occasionale di tali organismi. Questo è confermato da una discreta correlazione visibile nella Tabella 13. Al contrario, i Gasteropodi (Tavola 3 Blocchi A e B) si nutrono raschiando il periphyton dai substrati duri o dagli steli per mezzo di una radula: essi sono sempre assenti tranne a valle del Torrente Marmore, Torrente Evançon e nella Dora Baltea in corrispondenza dell'affluenza dei due torrenti. Questi risultati si possono interpretare come effetto della presenza di comunità maggiormente specializzate per colonizzare il periphyton e l'esistenza di scarichi di acque reflue urbane che immettono sostanza organica che favorisce lo sviluppo di vegetazione sommersa.

Questa ipotesi è confermata anche da una discreta correlazione tra i Gasteropodi e gli scarichi visibile nella Tabella 13. Infine, i Crostacei (Tavola 3 Blocchi C e D) sono caratterizzati da un regime alimentare misto, prevalentemente erbivoro e detritivoro, e talora carnivoro. Anch'essi sono sempre assenti tranne a valle del torrente Marmore, torrente Evançon e nella Dora Baltea in corrispondenza dell'affluenza dei due torrenti. Si ipotizza che la causa di questo fenomeno sia la stessa illustrata sopra per i Gasteropodi. Inoltre, la sola famiglia identificata nel reticolo (*Gammaridae*) colonizza i tratti medio-inferiori dei corsi d'acqua, prediligendo acque con velocità non troppo elevata. Tutti e tre i taxa sono quasi sempre assenti nella Dora Baltea, tranne in corrispondenza dell'affluenza dei torrenti sopra citati.

Gli altri taxa di benthos che hanno mostrato una variabilità spaziale consistente nel tempo, in quanto sono sempre o quasi sempre presenti in alcune stazioni oppure sempre o quasi sempre assenti in altre, suscitano molto interesse. Tra questi ci sono i Coleotteri (vedere Tavola 4 Blocchi A e B) che prediligono acque lente e poco profonde, con abbondanza di vegetazione e detrito organico. Sono quasi sempre presenti nel torrente Saint-Barthelemy, torrente Ayasse, torrente Chalamy, nelle stazioni di valle del torrente Lys e della Dora di Valgrisenche. Sono poco presenti nei torrenti Buthier, Artanavaz, Evançon e in Dora Baltea verso il confine regionale. Il gruppo faunistico è quasi sempre assente nella Doire de Rhêmes, nel torrente Grand d'Eyvia, nei tratti di monte della Dora di Valgrisenche e del torrente Lys, nella Doire de La Thuile e in Dora Baltea nel suo tratto occidentale. Complessivamente, si deduce che i Coleotteri sono più presenti nei torrenti situati nella porzione orientale della Valle d'Aosta e in stazioni con velocità di corrente minore, carico organico maggiore e con una maggiore abbondanza di vegetazione (principalmente con presenza di muschi) dovuta probabilmente a una quota inferiore.

I Tricladi (cfr. Tavola 4 Blocchi C e D) sono quasi sempre o sempre presenti tranne nella Doire de Rhêmes, in tratti della Dora Baltea e nei tratti di monte della Doire de Valgrisenche. Il torrente Lys alterna tratti a bassa frequenza ad altri dove il taxa è sempre presente. Si tratta di taxa abbastanza comuni in ambienti dulciacquicoli ricchi di vegetazione sommersa, dove predano piccoli crostacei e larve d'insetti. La loro assenza in alcune stazioni può essere determinata dalla presenza di alterazioni morfologiche, di cui risentono come dimostrato dalla discreta correlazione visibile nella Tabella 13.

Gli Oligocheti (Tavola 5 Blocchi A e B) sono quasi o sempre presenti tranne nella Doire de Rhêmes, Doire de Valgrisenche e nella Doire de Valsavarenche. Sono una classe di vermi cilindrici molto diffusa sulla terraferma e anche negli ambienti acquatici di acque correnti e stagnanti. L'animale può infossarsi in habitat con granulometria più fine, dove trova la sua indispensabile fonte di cibo: il detrito e i microorganismi in essi contenuti. Il motivo principale per cui è assente

nei torrenti citati è probabilmente la concentrazione di sostanza organica relativamente bassa. Questa affermazione è supportata dai risultati ottenuti nella Tabella 13 dove si nota anche una discreta correlazione con la presenza di scarichi di acque reflue urbane e di prelievi idroelettrici.

Gli Idracarini (vedere Tavola 5 Blocchi C e D) sono quasi sempre o sempre presenti tranne nella Doire de Rhêmes, Doire de Valgrisenche, torrent Grand Eyvia, in alcuni tratti del torrent Evançon e della Dora Baltea. Sono predatori di insetti acquatici, crostacei e altri acari ed utilizzano per la respirazione l'ossigeno disciolto nell'acqua.

I Nematomorfi (vedere Tavola 6 Blocchi A e B) sono quasi sempre o sempre presenti tranne nel torrente Buthier, a tratti nella Dora Baltea e in alcune zone del torrente Lys. I Nematomorfi sono imparentati con i Nematodi ma si distinguono per la fase adulta acquatica e per gli stadi larvali parassiti di artropodi.

Infine il genere *Leuctra* dell'ordine dei Plecotteri (vedere Tavola 2 Blocchi C e D) è quasi sempre o sempre presente tranne in due siti, situati nel tratto di monte della Doire de Rhêmes e della Doire de Valgrisenche.

Questi ultimi 6 gruppi faunistici (Plecotteri genere *Leuctra*, Coleotteri, Tricladi, Oligocheti, Nematomorfi e Idracarini) mostrano un trend debolmente positivo, per cui la loro presenza può essere considerata stabile.

## **5.2 Analisi della concentrazione degli inquinanti chimici**

Dall'analisi delle concentrazioni delle sostanze chimiche monitorate nel periodo di studio, si riscontra che gran parte di esse, a parte pochi composti di seguito riportati, non superano i limiti di legge nel periodo 1997-2019. Tra questi ci sono i metalli:

- l'Arsenico presenta positività tutti gli anni con una grande variabilità del LOQ;
- il Cadmio presenta positività tra il 1999-2014 con una grande variabilità del LOQ;
- il Cromo presenta positività tutti gli anni con LOQ non idonei solo nel 1999 e 2007;
- il Nichel presenta positività quasi tutti gli anni con LOQ non idonei solo nel 1999 e 2007;
- il Piombo presenta positività tutti gli anni con LOQ non idoneo solo nel 1999.

Inoltre presentano positività, anche alcuni VOC, pur non superando i limiti di legge:

- il Toluene presenta 2 positività, una nel 2011 e una nel 2019;
- il Tricloroetilene presenta 2 positività con LOQ molto variabile nel tempo;
- il Tetracloroetilene presenta 18 positività con LOQ molto variabile nel tempo.

Si ricorda che per questo lavoro di tesi sono stati utilizzati i limiti normativi più recenti (D.Lgs. 172/2015) e che nel corso degli anni i limiti di legge sono diventati sempre più restrittivi sia per raggiungere obiettivi ambientali più ambiziosi sia perché le tecniche analitiche sono migliorate.

Bisogna dunque tenere presente che i valori riscontrati in anni meno recenti fanno riferimento a metodi analitici con prestazioni inferiori. Infatti, per alcuni parametri, le concentrazioni venivano restituite con un'unità di misura anche di un ordine di grandezza superiore rispetto alla più recente utilizzata.

Convenzionalmente, per il calcolo della media annua, si utilizza la metà del valore del LOQ in caso di concentrazioni inferiori al limite di quantificazione stesso, per cui, nei casi sopra esposti, potrebbero risultare valori medi annui di concentrazione superiori al limite di legge più recente.

Per completezza di informazione, ad oggi, per molte delle sostanze o gruppi di sostanze che vengono ricercati, è previsto un LOQ analitico adeguato ( $LOQ < 30\% SQA-MA$ , in relazione ai requisiti minimi di prestazione fissati all'articolo 78-sexies del D.Lgs. 152/2006) o quantomeno inferiore all'SQA-MA. Al contrario, le sostanze che presentano un limite di quantificazione superiore all'SQA-MA di riferimento corrispondono a sette composti fitosanitari:

- **Endosulfan**
- **Esaclorobenzene**
- **Esaclorocicloesano**
- **Pentaclorobenzene**
- **Dicofol**
- **Cipermetrina**
- **Diclorvos**

Per quanto riguarda i LOQ non adeguati, bisogna segnalare, infine, come vi siano delle sostanze, tra le quali la Cipermetrina, per le quali, in base alla ricognizione sui metodi analitici effettuata da ISPRA nel 2017, non esiste una metodica che riesca a raggiungere il LOQ richiesto dalla Comunità europea, dal momento che il limite normativo (SQA-MA) è molto restrittivo.

### **5.3 Analisi della concentrazione secondo il gradiente monte-valle**

L'ultima parte dell'analisi svolta tratta l'ottimizzazione della rete di monitoraggio. A tal fine sono stati utilizzati i 4 indici, illustrati nel Capitolo 3 – Materiali e Metodi. Gli indici **media**( $|\Delta i|/ C_{vi}$ ) e **media** ( $\Delta i/ C_{vi}$ ) indicano rispettivamente la media assoluta e la media del rapporto  $\Delta i/ C_{vi}$ . Se quest'ultimo rapporto è circa 0, significa che le concentrazioni misurate nel sito a monte sono uguali alle concentrazioni misurate nel sito a valle; se è maggiore di 1, significa che le

concentrazioni misurate nel sito a monte sono maggiori di quelle misurate nel sito a valle; se è minore di 0, significa che le concentrazioni misurate nel sito a monte sono inferiori a quelle misurate nel sito a valle. Per completare il quadro d'informazioni sono stati aggiunti gli indici **massimo**( $\Delta i / C_{vi}$ ) e **minimo**( $\Delta i / C_{vi}$ ), che indicano rispettivamente il massimo e il minimo del rapporto. Senza di essi si potrebbe giungere a conclusioni errate. Per esempio, valori molto elevati dell'indice **media**( $\Delta i / C_{vi}$ ) possono derivare da valori elevati dell'indice **massimo**( $\Delta i / C_{vi}$ ).

Si può osservare per l'Ossigeno disciolto a saturazione e l'Ossigeno disciolto (vedere Tavola 15,16) che gli indici **media**( $|\Delta i| / C_{vi}$ ) e **media** ( $\Delta i / C_{vi}$ ) presentano valori molto bassi, la maggior parte compresi fra -0.1 e 0.1.

Le altre sostanze presentano valori leggermente più elevati, compresi tra 0.1 e 0.99 ad eccezione dell'Ammonio, dell'Azoto nitroso e dei Fosfati (vedere Tavola 7, 8 e 12) che presentano alcuni valori maggiori di 1.

Questo si può spiegare considerando gli altri due indici presenti nelle tavole, **massimo**( $\Delta i / C_{vi}$ ) e **minimo**( $\Delta i / C_{vi}$ ). Per l'Ammonio, l'Azoto nitroso e i Fosfati, si osservano valori dell'indice **massimo**( $\Delta i / C_{vi}$ ) molto maggiori di 1 e valori dell'indice **minimo**( $\Delta i / C_{vi}$ ) intorno a -1. Questo si può notare, per esempio a valle del Torrent Marmore e lungo la Dora Baltea, su cui insistono diversi scarichi di acque reflue urbane che verosimilmente contribuiscono in maniera significativa ad un aumento della loro concentrazione

Da questi risultati si deduce che 4 sostanze presentano valori di concentrazione molto simili tra monte e valle, mentre altre 4 sostanze presentano differenze più accentuate, anche a causa di pressioni antropiche che contribuiscono all'aumento di concentrazione nei tratti di valle. Questi risultati potrebbero essere utili per impostare un'attività di ottimizzazione della rete di monitoraggio regionale, individuando per le analisi chimico-fisiche un set di siti di a valle considerati sufficientemente rappresentativi dei trend rilevati finora a monte. Tali valutazioni necessitano di approfondimenti sito specifici non considerati all'interno del presente elaborato.

## **CAPITOLO 6 -CONCLUSIONI**

In seguito all'analisi dei Database forniti, si può concludere che le metodologie utilizzate per l'elaborazione hanno permesso di ottenere risultati molto interessanti. Si evidenzia un'elevata qualità dei corpi idrici valdostani sia dal punto di vista ecologico sia dal punto di vista chimico. Analizzando a livello di ordine e genere la comunità macrobentonica rilevata negli anni considerata si è rilevata una sostanziale stabilità della composizione dei popolamenti, una maggiore sensibilità alle alterazioni morfologiche ma anche una discreta correlazione con la presenza di scarichi di acque reflue urbane. Nel primo caso si può affermare che le modificazioni artificiali compromettono in alcuni casi gli habitat naturali normalmente colonizzati dal macrobenthos, mentre nel secondo caso è evidente come l'apporto di sostanza organica, entro certi limiti di concentrazione, permetta ad alcuni di questi taxa di nutrirsi, favorendone così la diffusione.

Un altro importante risultato raggiunto riguarda l'andamento dei trend di concentrazione dei parametri chimici secondo il gradiente monte – valle : in diversi torrenti (per es. il Torrent Marmore) , si può affermare che, per alcune sostanze, i livelli di concentrazione sono significativamente più elevati nei siti di monitoraggio posti nel tratto più a valle. Approfondendo l'analisi dei siti individuati nel corso della tesi, sarà possibile valutare a livello sito-specifico una possibile revisione dell'attuale conformazione della rete di monitoraggio riducendo potenzialmente sia i siti di campionamento sia la tipologia di sostanze da ricercare con un conseguente e significativo risparmio in termini economici.

**BIBLIOGRAFIA**

Buffagni A. & Erba S., (2004) A simple procedure to harmonize class boundaries of European assessment systems. Discussion paper for the intercalibration process – WFD CIS WG 2.A ECOSTAT, 6 February 2004, 21 pp.

Buffagni, A., Erba, S., Cazzola, M., Kemp, J.L., (2004). The AQEM multimetric system for the southern Italian Appennines: assessing the impact of water quality and habitat degradation on pool macroinvertebrates in Mediterranean rivers. *Hydrobiologia*, 516, 313-329.

Buffagni A. & Erba S., (2007). Macroinvertebrati acquatici e direttiva 2000/60/EC (WFD) , *Notiziario dei Metodi Analitici*, marzo 2007 (1): 94-100.

Buffagni A., Erba S., (2008). Definizione dello stato ecologico dei fiumi 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 24-46.

Gerbore J., (2010). Tesi di Laurea Magistrale: Waterlab, sviluppo di un sistema per la gestione dei dati ambientali relativi alle acque. POLITECNICO DI TORINO, III Facoltà di Ingegneria dell'Informazione, corso di Laurea in Ingegneria Informatica.

Ghetti P. F., (1997). Manuale di applicazione. Indice Biotico Esteso (I.B.E.). I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti. Provincia Autonoma di Trento, 222 pp.

CEMAGREF. Étude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux. Rapport Q. E. Lyon- A. F. Bassin Rhône- Méditerranée Corse. Lyon: CEMAGREF; 1982.

ISSN (2009) Metodo per la valutazione dello stato ecologico delle acque correnti: comunità diatomiche; Rapporti ISTISAN 09/19.

Leiconte C, Coste M, Prygiel J, Ector L. Le logiciel OMNIDIA version 2, une puissante base de données pour les inventaires de diatomées et pour le calcul des indices diatomiqués européens Cryptogamie. *Algologie* 1999;20:132-4.

Rott E, Pfister P, van Dam H, Pipp E, Pall K, Binder N, Ortler K. Indikationslisten für Aufwuchsalgen in Österreichischen Fließgewässern, Teil 2: Trophieindikation und autökologische

Anmerkungen Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Wien: Wasserwirtschaftskataster; 1999.

APAT (2007) Protocollo di campionamento ed analisi per le diatomee bentoniche dei corsi d'acqua italiani. In "Metodi Biologici per le acque. Parte I". Manuali e Linee Guida APAT. Roma

Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea N. L327 del 22/12/2000. 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. 71 pp.

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Decreto Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 8 novembre 2010, n. 260. Regolamento recante «Criteri tecnici per la classificazione dello stato ecologico 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 decreto legislativo medesimo». 190 pp.

Fenoglio S., Bo T., (2009). Lineamenti di ecologia fluviale, Città Studi Edizioni 252pp.

AA.VV. - (2003) - Coordinatore scientifico: MERCALLI L. Atlante climatico della Valle d'Aosta - Collana "Memorie dell'Atmosfera" 2, SMS Editore, 405 pp.

### **Siti web (consultati nei mesi di ottobre e novembre 2020)**

ARPAVDA, Metodi biologici – Diatomee e Indice ICMi descrizione della comunità e del metodo <http://www.arpa.vda.it/en/ambiente-naturale/acqua/ambacqa03diatomee-e-indice-icmi-descrizione-della-comunita-e-del-metodo/1056-metodi-biologici/1359-1359-diatomee-e-indice-icmi-descrizione-della-comunita-e-del-metodo>

ARPAVDA, Metodi Biologici – Macroinvertebrati e Indice STAR\_ICMi descrizione della comunità e del metodo <http://www.arpa.vda.it/en/ambiente-naturale/acqua/ambacqa04macroinvertebrati-e-indice-star-icmi-descrizione-della-comunita-e-del-metodo/1056-metodi-biologici/1361-1361-macroinvertebrati-e-indice-staricmi-descrizione-della-comunita-e-del-metodo>

ARPAVDA, Elementi di qualità idromorfologica –

<https://www.arpa.vda.it/it/acqua/acque-superficiali/acque-correnti/metodi-idromorfologici>

ARPAVDA, Valutazione della qualità biologica delle acque mediante analisi del macrobenthos (IBE- Indice Biotico Estes)

<http://www.arpa.vda.it/it/pubblicazioni/item/1198-1198-valutazione-della-qualita-biologica-delle-acque-mediante-analisi-del-macro-benthos-ibe-indice-biotico-esteso>

ARPAVDA, rsa2011-AMB\_ACQ\_004 Livello di inquinamento dai Macrodescrittori per lo stato ecologico (LIMEco)

[https://www.arpa.vda.it/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1553%3Arsa2011-ambacq004-livello-di-inquinamento-dai-macrodescrittori-per-lo-stato-ecologico-limeco&catid=1069&lang=it](https://www.arpa.vda.it/index.php?option=com_content&view=article&id=1553%3Arsa2011-ambacq004-livello-di-inquinamento-dai-macrodescrittori-per-lo-stato-ecologico-limeco&catid=1069&lang=it)

ARPAVDA, Acque superficiali

<https://www.arpa.vda.it/it/acqua/acque-superficiali/le-acque-superficiali>

ARPAVDA, Acque superficiali e reflue

[https://www.arpa.vda.it/images/stories/ARPA/RSA\\_web/rsa2003/4a-acque1.pdf](https://www.arpa.vda.it/images/stories/ARPA/RSA_web/rsa2003/4a-acque1.pdf)

Piano di Tutela delle Acque (PTA) della Regione Autonoma Valle d'Aosta, Allegato G –

[http://appweb.regione.vda.it/dbweb/pta/faqpta.nsf/Allegato\\_DMV.pdf?Openfileresource](http://appweb.regione.vda.it/dbweb/pta/faqpta.nsf/Allegato_DMV.pdf?Openfileresource)

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE, Piano di Gestione del distretto idrografico del fiume PO

<https://va.minambiente.it/it-IT/Oggetti/Info/1432>

## **ALLEGATO 1**

### **Pressioni potenzialmente significative a carico delle acque superficiali in Valle d'Aosta**

Nelle tabelle successive sono riportati per ogni pressione ritenuta significativa i criteri di individuazione, le soglie di individuazione della significatività potenziale e i risultati ottenuti dall'analisi effettuata per il passaggio dalla potenziale significatività alla significatività effettiva.

Tipo di corpo idrico	Acque superficiali															
Codice WISE	<b>1.1 Puntuale – Scarichi di acque reflue urbane depurate</b>															
<p>           Criterio di identificazione della pressione e definizione delle soglie di significatività potenziale         </p>	<p>           Comprende gli impianti di depurazione con le seguenti potenzialità:            &lt; 2.000 AE            2.000-10.000 AE            10.000-15.000 AE            15.000-150.000 AE            &gt;150.000 AE         </p> <p>           La pressione indotta dalla presenza degli impianti di depurazione è valutata rapportando l'entità dello scarico alla Portata Media Naturalizzata ricostruita sulla base della serie storica più attendibile a disposizione.         </p> <p>           Il rapporto tra portata media del corpo idrico e la portata dello scarico (<math>Q_{CI}/Q_{SC}</math>) consente di collocare ogni pressione in una delle classi successive e di riconoscere la significatività in caso di appartenenza alla classe 4 o 5.         </p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>Assenza scarichi:</td> <td>classe 1</td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td><math>Q_{CI}/Q_{SC} &gt; 1000</math></td> <td>classe 2</td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td><math>100 &gt; Q_{CI}/Q_{SC} \leq 1000</math></td> <td>classe 3</td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td><u><math>10 &gt; Q_{CI}/Q_{SC} \leq 100</math></u></td> <td><u>classe 4</u></td> <td><u>pressione significativa</u></td> </tr> <tr> <td><u><math>Q_{CI}/Q_{SC} \leq 10</math></u></td> <td><u>classe 5</u></td> <td><u>pressione significativa</u></td> </tr> </table> <p>           In mancanza di dati misurati, le portate scaricate sono stimate in base alla potenzialità (espressa in Abitanti Equivalenti) degli impianti di depurazione attraverso un fattore di conversione, pari a 1 A.E. = 250 l/giorno. Per il calcolo della portata complessiva scaricata sono considerati gli scarichi diretti nel corpo idrico e gli scarichi indiretti recapitanti in acque superficiali non tipizzate del bacino ad esso afferente, utilizzando la seguente formula:         </p> <p style="text-align: center;"> <b>AE TOT: AE totali diretti su corpo idrico + (AE totali su bacino non recapitanti/2)</b> </p> <p>           Tutti i metodi di calcolo e gli attributi di caratterizzazione di questa pressione devono fare riferimento a quanto utilizzato per i questionari per la direttiva 271/91/CEE e dovranno essere espressamente dichiarati. In caso di disponibilità di informazioni specifiche relative gli scarichi, queste possono essere utilizzate per discriminare situazioni di incertezza in particolare se ricadenti nella classe 4. Per le fosse Imhoff e i piccoli depuratori (&lt;500 AE) indipendentemente dalla loro localizzazione rispetto agli agglomerati:         </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se è noto il punto di scarico andranno valutate come pressioni puntuali e la loro significatività è valutata su base giudizio esperto.</li> </ul> <p>           se invece i loro scarichi risultano difficili da localizzare, saranno considerati come rientranti nella pressione 2.6 (scarichi non allacciati alla fognatura), quindi tra le pressioni diffuse.         </p>	Assenza scarichi:	classe 1	pressione non significativa	$Q_{CI}/Q_{SC} > 1000$	classe 2	pressione non significativa	$100 > Q_{CI}/Q_{SC} \leq 1000$	classe 3	pressione non significativa	<u><math>10 &gt; Q_{CI}/Q_{SC} \leq 100</math></u>	<u>classe 4</u>	<u>pressione significativa</u>	<u><math>Q_{CI}/Q_{SC} \leq 10</math></u>	<u>classe 5</u>	<u>pressione significativa</u>
Assenza scarichi:	classe 1	pressione non significativa														
$Q_{CI}/Q_{SC} > 1000$	classe 2	pressione non significativa														
$100 > Q_{CI}/Q_{SC} \leq 1000$	classe 3	pressione non significativa														
<u><math>10 &gt; Q_{CI}/Q_{SC} \leq 100</math></u>	<u>classe 4</u>	<u>pressione significativa</u>														
<u><math>Q_{CI}/Q_{SC} \leq 10</math></u>	<u>classe 5</u>	<u>pressione significativa</u>														
<p>           Risultato analisi per conferma effettiva significatività         </p>	<p> <b>Pressione significativa (30 corpi idrici)</b> </p>															

Tipo di corpo idrico	Acque superficiali															
Codice WISE	<b>1.2 Puntuale – Sfiatori di piena</b>															
<p>                     Criterio di identificazione della pressione e definizione delle soglie di significatività potenziale                 </p>	<p>                     Qualora siano disponibili i dati che caratterizzano il funzionamento degli sfiatori di piena, tale pressione è considerata nelle tipologie puntuali e la significatività potenziale è valutata in funzione della dimensione dell'agglomerato sotteso e dalle caratteristiche idrologiche del corpo idrico recettore. E' stato proposto in via preliminare di effettuare una stima dell'apporto in termini di Volume (<math>Mm^3/anno</math>) e di carichi annui di NeP sul sotto-bacino sotteso e di valutare la significatività in termini di stima del volume annuo apportato dagli scaricatori di piena (<math>V_{scar}</math>) sulla base delle seguenti soglie:                 </p> <table border="0" data-bbox="555 618 1318 815"> <tr> <td>Assenza apporti</td> <td>classe 1</td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td><math>V_{scar} &lt; 0.05</math></td> <td>classe 2</td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td><math>0.05 &lt; V_{scar} \leq 0.2</math></td> <td><u>classe 3</u></td> <td><u>pressione significativa</u></td> </tr> <tr> <td><math>0.2 &lt; V_{scar} \leq 1</math></td> <td><u>classe 4</u></td> <td><u>pressione significativa</u></td> </tr> <tr> <td><math>V_{scar} &gt; 1</math></td> <td><u>classe 5</u></td> <td><u>pressione significativa</u></td> </tr> </table> <p>                     Criticità riscontrate: non essendo disponibili le portate degli sfiatori, né misurate né autorizzate, la pressione è stata valutata come pressione diffusa (codice WISE 2.10).                 </p>	Assenza apporti	classe 1	pressione non significativa	$V_{scar} < 0.05$	classe 2	pressione non significativa	$0.05 < V_{scar} \leq 0.2$	<u>classe 3</u>	<u>pressione significativa</u>	$0.2 < V_{scar} \leq 1$	<u>classe 4</u>	<u>pressione significativa</u>	$V_{scar} > 1$	<u>classe 5</u>	<u>pressione significativa</u>
Assenza apporti	classe 1	pressione non significativa														
$V_{scar} < 0.05$	classe 2	pressione non significativa														
$0.05 < V_{scar} \leq 0.2$	<u>classe 3</u>	<u>pressione significativa</u>														
$0.2 < V_{scar} \leq 1$	<u>classe 4</u>	<u>pressione significativa</u>														
$V_{scar} > 1$	<u>classe 5</u>	<u>pressione significativa</u>														
<p>                     Risultato analisi per conferma effettiva significatività                 </p>	<p>                     Pressione non significativa                 </p>															

Tipo di corpo idrico	Acque superficiali															
Codice WISE	<b>1.3 Puntuale – Scarichi acque reflue industriali IPPC</b> (soggetti ad autorizzazione integrata ambientale inclusi in E-PRTR o altro)															
Criterio di identificazione della pressione e definizione delle soglie di significatività potenziale	<p>Per l'analisi di significatività si fa riferimento agli stessi criteri utilizzati per gli scarichi civili e alle seguenti classi:</p> <table> <tr> <td>Assenza scarichi</td> <td>classe 1</td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td><math>Q_{CI}/Q_{SC} &gt; 500</math></td> <td>classe 2</td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td><math>50 &gt; Q_{CI}/Q_{SC} \geq 50</math></td> <td>classe 3</td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td><u><math>5 &gt; Q_{CI}/Q_{SC} \geq 5</math></u></td> <td><u>classe 4</u></td> <td><u>pressione significativa</u></td> </tr> <tr> <td><u><math>Q_{CI}/Q_{SC} \leq 5</math></u></td> <td><u>classe 5</u></td> <td><u>pressione significativa</u></td> </tr> </table> <p>Per questa tipologia di pressione occorre fare riferimento ai soli scarichi industriali recapitanti direttamente in corpo idrico e gli scarichi industriali indiretti recapitanti in acque superficiali non tipizzate del bacino ad esso afferente. Devono essere considerati anche gli scarichi da allevamenti ittici e agricoli e zootecnici se rientranti tra gli impianti IPPC.</p> <p>Per la portata del corpo idrico si rimanda a quanto riportato per la pressione 1.1. In mancanza di dati misurati delle portate scaricate, è utilizzata una procedura di calcolo basata sul numero di addetti, la tipologia di attività e i dati effettivi delle portate delle tipologie analoghe, oppure in base alle portate autorizzate, in assenza di quelle effettive (siano misurate o stimate).</p>	Assenza scarichi	classe 1	pressione non significativa	$Q_{CI}/Q_{SC} > 500$	classe 2	pressione non significativa	$50 > Q_{CI}/Q_{SC} \geq 50$	classe 3	pressione non significativa	<u><math>5 &gt; Q_{CI}/Q_{SC} \geq 5</math></u>	<u>classe 4</u>	<u>pressione significativa</u>	<u><math>Q_{CI}/Q_{SC} \leq 5</math></u>	<u>classe 5</u>	<u>pressione significativa</u>
Assenza scarichi	classe 1	pressione non significativa														
$Q_{CI}/Q_{SC} > 500$	classe 2	pressione non significativa														
$50 > Q_{CI}/Q_{SC} \geq 50$	classe 3	pressione non significativa														
<u><math>5 &gt; Q_{CI}/Q_{SC} \geq 5</math></u>	<u>classe 4</u>	<u>pressione significativa</u>														
<u><math>Q_{CI}/Q_{SC} \leq 5</math></u>	<u>classe 5</u>	<u>pressione significativa</u>														
Risultato analisi per conferma effettiva significatività	Pressione non significativa															

## Bibliografia

Tipo di corpo idrico	Acque superficiali															
Codice WISE	<b>1.4 Puntuale – Scarichi acque reflue industriali non IPPC</b> (non soggetti ad autorizzazione integrata ambientale)															
Criterio di identificazione della pressione e definizione delle soglie di significatività potenziale	<p>Per l'analisi di significatività si fa riferimento agli stessi criteri utilizzati per gli scarichi civili e alle seguenti classi:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Assenza scarichi</td> <td style="width: 20%;">classe 1</td> <td style="width: 50%;">pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td><math>Q_{CI}/Q_{SC} &gt; 500</math></td> <td>classe 2</td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td><math>50 &gt; Q_{CI}/Q_{SC} \leq 500</math></td> <td>classe 3</td> <td>pressione non significativa <u>5</u></td> </tr> <tr> <td><math>&gt; Q_{CI}/Q_{SC} \leq 50</math></td> <td><u>classe 4</u></td> <td><u>pressione significativa</u></td> </tr> <tr> <td><u><math>Q_{CI}/Q_{SC} \leq 5</math></u></td> <td><u>classe 5</u></td> <td><u>pressione significativa</u></td> </tr> </table> <p>Per questa tipologia di pressione occorre fare riferimento ai soli scarichi industriali recapitanti direttamente in corpo idrico e gli scarichi industriali indiretti recapitanti in acque superficiali non tipizzate del bacino ad esso afferente. Sono considerati anche gli scarichi da allevamenti ittici e agricoli e zootecnici se rientranti tra gli impianti non IPPC.</p> <p>Per la portata del corpo idrico si rimanda a quanto riportato per la pressione 1.1. In mancanza di dati misurati delle portate scaricate, è utilizzata una procedura di calcolo basata sul numero di addetti, la tipologia di attività e i dati effettivi delle portate delle tipologie analoghe, oppure in base alle portate autorizzate, in assenza di quelle effettive (siano misurate o stimate).</p>	Assenza scarichi	classe 1	pressione non significativa	$Q_{CI}/Q_{SC} > 500$	classe 2	pressione non significativa	$50 > Q_{CI}/Q_{SC} \leq 500$	classe 3	pressione non significativa <u>5</u>	$> Q_{CI}/Q_{SC} \leq 50$	<u>classe 4</u>	<u>pressione significativa</u>	<u><math>Q_{CI}/Q_{SC} \leq 5</math></u>	<u>classe 5</u>	<u>pressione significativa</u>
Assenza scarichi	classe 1	pressione non significativa														
$Q_{CI}/Q_{SC} > 500$	classe 2	pressione non significativa														
$50 > Q_{CI}/Q_{SC} \leq 500$	classe 3	pressione non significativa <u>5</u>														
$> Q_{CI}/Q_{SC} \leq 50$	<u>classe 4</u>	<u>pressione significativa</u>														
<u><math>Q_{CI}/Q_{SC} \leq 5</math></u>	<u>classe 5</u>	<u>pressione significativa</u>														
Risultato analisi per conferma effettiva significatività	Pressione non significativa															

## Bibliografia

Tipo di corpo idrico	Acque superficiali
Codice WISE	<b>1.5 Puntuale – Siti contaminati</b> (aree di contaminazione diretta per il corpo idrico)
Criterio di identificazione della pressione e definizione delle soglie di significatività potenziale	<p>I siti contaminati, potenzialmente contaminati e produttivi abbandonati sono da considerarsi nella tipologia delle pressioni puntuali, qualora siano fonte di contaminazione diretta per il corpo idrico superficiale considerato e all'interno di un <i>buffer</i> ad una distanza minima dal corpo idrico.</p> <p>E' stato proposto indicativamente di fissare tale distanza minima dal corpo a circa 500 m, che può quindi variare, se necessario, sulla base della tipologia di corpo idrico analizzato.</p> <p>La presenza di un sito contaminato di dimensioni maggiori di 1000 m<sup>2</sup> costituisce una pressione significativa potenziale per il corpo idrico su cui insiste. La significatività è assegnata sulla base del giudizio esperto adeguatamente motivato.</p> <p>In <u>Valle d'Aosta</u> nel 2016 la significatività della pressione era stata dichiarata effettiva per il corpo idrico (0942wva, Torrent Evançon), dovuto a contaminazione da idrocarburi a Champoluc. Il problema è stato in seguito risolto e, ad agosto 2017, il sito è stato dichiarato non contaminato.</p>
Risultato analisi per conferma effettiva significatività	Pressione non significativa

Tipo di corpo idrico	Acque superficiali
Codice WISE	<b>1.6 Puntuale – Siti per lo smaltimento dei rifiuti</b> (discariche)
Criterio di identificazione della pressione e definizione delle soglie di significatività potenziale	<p>La presenza di un sito per lo smaltimento dei rifiuti (discariche) costituisce una pressione significativa potenziale qualora sia fonte di contaminazione diretta per il corpo idrico superficiale considerato e all'interno di un buffer ad una distanza minima dal corpo idrico di circa 500 m.</p> <p>La significatività è assegnata sulla base del giudizio esperto adeguatamente motivato.</p>
Risultato analisi per conferma effettiva significatività	Pressione non significativa

Tipo di corpo idrico	Acque superficiali															
Codice WISE	<b>2.1 Diffusa – Dilavamento urbano (run off)</b>															
<p>           Criterio di identificazione della pressione e definizione delle soglie di significatività potenziale         </p>	<p>           La pressione è valutata a scala di corpo idrico attraverso l'indicatore USO URBANO DEL SUOLO. Tale indicatore è costruito calcolando l'estensione percentuale delle aree ad uso urbano e industriale all'interno del bacino afferente al singolo corpo idrico (v. annesso 2.1), senza tener conto dei bacini afferenti ai corpi idrici di monte. L'individuazione delle superfici ad uso urbano e industriale è effettuata sulla base della carta di uso del suolo Corine Land Cover nella versione più aggiornata e, in particolare, isolando le seguenti classi:         </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Urban fabric / Zone urbanizzate di tipo residenziale,</li> <li>- Industrial, commercial and transport units / Zone industriali, commerciali ed infrastrutturali</li> </ul> <p> <i><b>La Regione Valle d'Aosta, a partire dall'analisi effettuata nell'ambito del Programma Europeo Corine Land Cover, ha realizzato uno <u>strumento di analisi e monitoraggio dell'uso del suolo</u> (v. Annesso 2.1), omogeneo su tutto il territorio e condiviso tramite il Geoportale, che è stato usato in sostituzione del Corine Land Cover.</b></i> </p> <p>           Per la definizione di significatività potenziale della pressione è adottata la seguente classificazione:         </p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">classe 1</td> <td style="width: 35%;"><math>&lt;5\%</math></td> <td style="width: 50%;">pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td>classe 2</td> <td><math>\geq 5\% \text{ e } &lt; 10\%</math></td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td>classe 3</td> <td><math>\geq 10\% \text{ e } &lt; 20\%</math></td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td>classe 4</td> <td><math>\geq 20\% \text{ e } &lt; 30\%</math></td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td><u>classe 5</u></td> <td><u><math>\geq 30\%</math></u></td> <td><u>pressione significativa</u></td> </tr> </table> <p>           La pressione è giudicata potenzialmente significativa per valori dell'indicatore compresi nella classe 5, cioè con il raggiungimento o superamento della soglia del 30%. Tale soglia è abbassata al 20% qualora venissero caratterizzate pressioni concorrenti della tipologia 2.2 con entità vicina alla significatività, cioè al verificarsi di una o entrambe le seguenti condizioni:         </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- USO AGRICOLO DEL SUOLO tra 40% e 70%;</li> <li>- SURPLUS DI AZOTO tra 50 kgN/ha*anno e 100 kgN/ha*anno.</li> </ul>	classe 1	$<5\%$	pressione non significativa	classe 2	$\geq 5\% \text{ e } < 10\%$	pressione non significativa	classe 3	$\geq 10\% \text{ e } < 20\%$	pressione non significativa	classe 4	$\geq 20\% \text{ e } < 30\%$	pressione non significativa	<u>classe 5</u>	<u><math>\geq 30\%</math></u>	<u>pressione significativa</u>
classe 1	$<5\%$	pressione non significativa														
classe 2	$\geq 5\% \text{ e } < 10\%$	pressione non significativa														
classe 3	$\geq 10\% \text{ e } < 20\%$	pressione non significativa														
classe 4	$\geq 20\% \text{ e } < 30\%$	pressione non significativa														
<u>classe 5</u>	<u><math>\geq 30\%</math></u>	<u>pressione significativa</u>														
	<p> <i><b>Per la metodologia utilizzata in Valle d'Aosta nella definizione del <u>Surplus di azoto</u> si rimanda all'Annesso 2.1.</b></i> </p>															
Risultato analisi per conferma effettiva significatività	Pressione non significativa															

Tipo di corpo idrico	Acque superficiali															
Codice WISE	<b>2.2 Diffusa – Dilavamento terreni agricoli (agricoltura)</b>															
<p>           Criterio di identificazione della pressione e definizione delle soglie di significatività potenziale         </p>	<p>           La pressione è valutata a scala di corpo idrico attraverso due indicatori:         </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'indicatore USO AGRICOLO DEL SUOLO, per la caratterizzazione delle pressioni e degli impatti legati all'uso di prodotti fitosanitari e alla contaminazione da nitrati di origine agrozootecnica;</li> <li>- l'indicatore SURPLUS DIAZOTO, per la caratterizzazione delle pressioni e degli impatti legati alla contaminazione da nitrati di origine agrozootecnica.</li> </ul> <p>           Tali indicatori di significatività sono valutati in maniera distinta e indipendente l'uno dall'altro, al fine di caratterizzare la presenza di una o di entrambe le sotto-tipologie di pressione sopra individuate.         </p> <p> <u>USO AGRICOLO DEL SUOLO</u> </p> <p>           Tale indicatore è costruito calcolando l'estensione percentuale delle aree ad agricoltura all'interno del bacino afferente al singolo corpo idrico (v. annesso 2.1), senza tener conto dei bacini afferenti ai corpi idrici di monte. L'individuazione delle superfici ad uso agricolo è effettuata sulla base della carta di uso del suolo Corine Land Cover più aggiornata, e in particolare isolando le seguenti classi: 2.1. Arable land / Seminativi e 2.2. Permanent crops / Colture permanenti.         </p> <p> <i><b>La Regione Valle d'Aosta, a partire dall'analisi effettuata nell'ambito del Programma Europeo Corine Land Cover, ha realizzato uno <u>strumento di analisi e monitoraggio dell'uso del suolo</u> (v. Annesso 2.1), omogeneo su tutto il territorio e condiviso tramite il Geoportale, che è stato usato in sostituzione del Corine Land Cover.</b></i> </p> <p>           Per la definizione di significatività potenziale della pressione è adottata la seguente classificazione:         </p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 15%;">classe 1</td> <td style="width: 45%; text-align: center;">&lt;20%</td> <td style="width: 40%;">pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td>classe 2</td> <td style="text-align: center;">≥20% e &lt;40%</td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td>classe 3</td> <td style="text-align: center;">≥40% e &lt;70%</td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td><u>classe 4</u></td> <td style="text-align: center;"><u>≥70% e &lt;90%</u></td> <td><u>pressione significativa</u></td> </tr> <tr> <td><u>classe 5</u></td> <td style="text-align: center;"><u>≥90%</u></td> <td><u>pressione significativa</u></td> </tr> </table>	classe 1	<20%	pressione non significativa	classe 2	≥20% e <40%	pressione non significativa	classe 3	≥40% e <70%	pressione non significativa	<u>classe 4</u>	<u>≥70% e &lt;90%</u>	<u>pressione significativa</u>	<u>classe 5</u>	<u>≥90%</u>	<u>pressione significativa</u>
classe 1	<20%	pressione non significativa														
classe 2	≥20% e <40%	pressione non significativa														
classe 3	≥40% e <70%	pressione non significativa														
<u>classe 4</u>	<u>≥70% e &lt;90%</u>	<u>pressione significativa</u>														
<u>classe 5</u>	<u>≥90%</u>	<u>pressione significativa</u>														

	<p>La pressione è giudicata potenzialmente significativa per valori dell'indicatore compresi nella classe 4 o 5, cioè con il raggiungimento o superamento della soglia del 70%.</p> <p><u>SURPLUS DI AZOTO</u></p> <p>Tale indicatore è costruito calcolando il carico ettariale di azoto apportato al terreno con la concimazione organica e minerale e che eccede le asportazioni effettuate attraverso il raccolto. Tale carico è stimato con riferimento al bacino idrografico afferente al singolo corpo idrico. Per la definizione di significatività potenziale della pressione è adottata la seguente classificazione:</p> <table data-bbox="555 613 1331 824"> <tr> <td>classe1</td> <td>&lt;20kgN/ha*anno</td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td>classe2</td> <td>≥20e&lt;50kgN/ha*anno</td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td>classe3</td> <td>≥50e&lt;100kgN/ha*anno</td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td><u>classe4</u></td> <td><u>≥100 e &lt;200 kgN/ha*anno</u></td> <td><u>pressione significativa</u></td> </tr> <tr> <td><u>classe5</u></td> <td><u>≥200kgN/ha*anno</u></td> <td><u>pressione significativa</u></td> </tr> </table> <p>La pressione è giudicata potenzialmente significativa per valori dell'indicatore compresi nelle classi 4 e 5, cioè con il raggiungimento o superamento della soglia dei 100 kgN/ha*anno.</p> <p>Pur garantendo le finalità condivise a livello distrettuale, per le valutazioni del carico di azoto la Valle d'Aosta, come altre Regioni, ha effettuato il calcolo applicando una metodologia diversa in funzione delle specificità territoriali e dei dati storici disponibili. <b><i>Per la metodologia utilizzata in Valle d'Aosta nella definizione del carico di azoto si rimanda all'Annesso 2.1.</i></b></p>	classe1	<20kgN/ha*anno	pressione non significativa	classe2	≥20e<50kgN/ha*anno	pressione non significativa	classe3	≥50e<100kgN/ha*anno	pressione non significativa	<u>classe4</u>	<u>≥100 e &lt;200 kgN/ha*anno</u>	<u>pressione significativa</u>	<u>classe5</u>	<u>≥200kgN/ha*anno</u>	<u>pressione significativa</u>
classe1	<20kgN/ha*anno	pressione non significativa														
classe2	≥20e<50kgN/ha*anno	pressione non significativa														
classe3	≥50e<100kgN/ha*anno	pressione non significativa														
<u>classe4</u>	<u>≥100 e &lt;200 kgN/ha*anno</u>	<u>pressione significativa</u>														
<u>classe5</u>	<u>≥200kgN/ha*anno</u>	<u>pressione significativa</u>														
<p>Risultato analisi per conferma effettiva significatività</p>	<p>Pressione non significativa</p>															

Tipo di corpo idrico	Acque superficiali															
Codice WISE	<b>2.6 Diffusa – Scarichi non allacciati alla fognatura</b>															
Criterio di identificazione della pressione e definizione delle soglie di significatività potenziale	<p>La pressione è valutata a scala di corpo idrico attraverso l'indicatore CARICOPOTENZIALE DIAZOTO PER UNITÀ DI AREA. L'indicatore è costruito sulla base dei dati ISTAT 2011 e sulla identificazione degli agglomerati, definiti ai sensi della Direttiva 91/271/CEE quali unità fondamentali di riferimento per il collettamento delle acque reflue. In alternativa ai dati aggiornati saranno utilizzati i dati delle medesime fonti più recenti a disposizione. Incrociando la mappa delle sezioni censuarie ISTAT con la mappa degli agglomerati sono identificate le aree completamente coltate e le aree non coltate, e ricavata per ciascuna una stima della popolazione residente. Si assume che tutta la popolazione comunale residente nelle aree comprese in agglomerato sia allacciata a fognatura, mentre la popolazione residente nelle aree esterne all'agglomerato sia priva di allacciamento.</p> <p>Per le fosse Imhoff e i piccoli depuratori (&lt;500 AE) indipendentemente dalla loro localizzazione rispetto agli agglomerati:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se è noto il punto di scarico sono valutate come pressioni puntuali (Cod. 1.1) e la loro significatività è valutata su base giudizio esperto</li> <li>- se invece i loro scarichi risultano difficili da localizzare, sono considerati sotto questa pressione diffusa.</li> </ul> <p>In base alla geometria dei bacini afferenti (v. annesso 2.1) ai corpi idrici superficiali e alle porzioni di aree non allacciate comprese, è stimato, per ciascun bacino, il totale della popolazione residente non allacciata. Il carico ettariale (derivante dalla popolazione non allacciata) associato a ciascun bacino è stato stimato applicando un fattore di conversione pari a 4,7 kgN/anno per abitante e dividendo il carico risultante per la superficie del bacino. Per la definizione di significatività potenziale della pressione è adottata la seguente classificazione:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">classe 1</td> <td style="width: 50%;"><math>\leq 1 \text{ kgN/ha*anno}</math></td> <td style="width: 40%;">pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td>classe 2</td> <td><math>&gt; 1 \text{ e } \leq 150 \text{ kgN/ha*anno}</math></td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td>classe 3</td> <td><math>&gt; 150 \text{ e } \leq 300 \text{ kgN/ha*anno}</math></td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td><u>classe 4</u></td> <td><u><math>&gt; 300 \text{ e } \leq 500 \text{ kgN/ha*anno}</math></u></td> <td><u>pressione significativa</u></td> </tr> <tr> <td><u>classe 5</u></td> <td><u><math>&gt; 500 \text{ kgN/ha*anno}</math></u></td> <td><u>pressione significativa</u></td> </tr> </table> <p>La pressione è giudicata potenzialmente significativa per valori dell'indicatore compresi nella classe 4 o 5, cioè con il raggiungimento o superamento della soglia dei 300 kgN/ha*anno.</p>	classe 1	$\leq 1 \text{ kgN/ha*anno}$	pressione non significativa	classe 2	$> 1 \text{ e } \leq 150 \text{ kgN/ha*anno}$	pressione non significativa	classe 3	$> 150 \text{ e } \leq 300 \text{ kgN/ha*anno}$	pressione non significativa	<u>classe 4</u>	<u><math>&gt; 300 \text{ e } \leq 500 \text{ kgN/ha*anno}</math></u>	<u>pressione significativa</u>	<u>classe 5</u>	<u><math>&gt; 500 \text{ kgN/ha*anno}</math></u>	<u>pressione significativa</u>
classe 1	$\leq 1 \text{ kgN/ha*anno}$	pressione non significativa														
classe 2	$> 1 \text{ e } \leq 150 \text{ kgN/ha*anno}$	pressione non significativa														
classe 3	$> 150 \text{ e } \leq 300 \text{ kgN/ha*anno}$	pressione non significativa														
<u>classe 4</u>	<u><math>&gt; 300 \text{ e } \leq 500 \text{ kgN/ha*anno}</math></u>	<u>pressione significativa</u>														
<u>classe 5</u>	<u><math>&gt; 500 \text{ kgN/ha*anno}</math></u>	<u>pressione significativa</u>														
Risultato analisi per conferma effettiva significatività	Pressione non significativa															

Tipo di corpo idrico	Acque superficiali															
Codice WISE	<b>2.10 Diffusa – Altro: Sforatori di piena</b>															
Criterio di identificazione della pressione e definizione delle soglie di significatività potenziale	<p>La significatività potenziale è valutata in funzione della dimensione dell'agglomerato sotteso e delle caratteristiche idrologiche del corpo idrico recettore. In assenza di dati, la pressione è considerata significativa qualora il rapporto tra gli AE serviti da rete fognaria nell'agglomerato e la portata media annua naturalizzata del corso d'acquarecettore degli scarichi di acque di sfioro sia superiore a un valore di 10.000, quindi:</p> $\frac{AE}{QCI} > 10.000$															
	<p>Nel caso di disponibilità di dati è stata effettuata una stima dell'apporto in termini di Volume (Mm<sup>3</sup>/anno) e di carichi annui di N e P sul sotto-bacino sotteso e valutata la significatività in termini di stima del volume annuo apportato dagli scaricatori di piena (Vscar) sulla base delle seguenti soglie:</p> <table> <tr> <td>Assenza apporti</td> <td>classe 1</td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td>Vscar &lt; 0.05</td> <td>classe 2</td> <td>pressione non significativa</td> </tr> <tr> <td><u>0.05 &lt; Vscar ≤ 0.2</u></td> <td><u>classe 3</u></td> <td><u>pressione significativa</u></td> </tr> <tr> <td><u>0.2 &lt; Vscar ≤ 1</u></td> <td><u>classe 4</u></td> <td><u>pressione significativa</u></td> </tr> <tr> <td><u>Vscar &gt; 1</u></td> <td><u>classe 5</u></td> <td><u>pressione significativa</u></td> </tr> </table> <p>Questa pressione è stata valutata come pressione diffusa e non puntuale (codice WISE 1.2) in quanto non sono disponibili i dati puntuali sulle portate degli sfioratori, né misurate né autorizzate.</p>	Assenza apporti	classe 1	pressione non significativa	Vscar < 0.05	classe 2	pressione non significativa	<u>0.05 &lt; Vscar ≤ 0.2</u>	<u>classe 3</u>	<u>pressione significativa</u>	<u>0.2 &lt; Vscar ≤ 1</u>	<u>classe 4</u>	<u>pressione significativa</u>	<u>Vscar &gt; 1</u>	<u>classe 5</u>	<u>pressione significativa</u>
Assenza apporti	classe 1	pressione non significativa														
Vscar < 0.05	classe 2	pressione non significativa														
<u>0.05 &lt; Vscar ≤ 0.2</u>	<u>classe 3</u>	<u>pressione significativa</u>														
<u>0.2 &lt; Vscar ≤ 1</u>	<u>classe 4</u>	<u>pressione significativa</u>														
<u>Vscar &gt; 1</u>	<u>classe 5</u>	<u>pressione significativa</u>														
Risultato analisi per conferma effettiva significatività	Pressione non significativa															

Tipo di corpo idrico	Acque superficiali
Codice WISE	<b>3 alt Prelievi/Diversione di portata – Altri usi</b>
<p>           Criterio di identificazione della pressione e definizione delle soglie di significatività potenziale         </p>	<p>           L'indicatore di tale pressione è dato dal rapporto tra la Portata massima derivabile per il periodo in esame e la Portata media mensile naturalizzata per il corpo idrico. In caso di mancanza del dato di portata media mensile naturalizzata, ci si può riferire ad un valore di portata media naturalizzata stagionale.         </p> <p>           La Portata massima derivabile è la somma delle portate massime derivabili, come deducibili dai disciplinari di tutte le concessioni di prelievo sul corpo idrico considerato (grandi derivazioni, piccole derivazioni) per il periodo in esame. Gli attingimenti e i prelievi discontinui o turnati non si considerano. Ai fini della significatività si considerano, convenzionalmente, discontinui i prelievi irrigui di portata massima inferiore a 50 l/s dei quali deve comunque essere indicato il numero e stimata l'incidenza in relazione alla loro numerosità e al tipo di scorrimento del corpo idrico (piccolo e medio piccolo). La pressione è valutata come potenzialmente significativa:         </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se il rapporto tra portata massima derivabile e la portata media naturalizzata del corpo idrico è <u>superiore al 50%</u>;</li> </ul> <p>           E' preso a riferimento il valore dell'indicatore per la stagione estiva (aprile-settembre) e per la stagione invernale.         </p> <p>           Ove se ne valuti l'opportunità, possono essere definiti significativi prelievi con criteri diversi più restrittivi, adeguatamente motivati.         </p> <p>           Le valutazioni condotte sulle portate concesse, qualora il dato esista e sia ritenuto attendibile e documentabile, possono essere affiancate da altre valutazioni.         </p> <p>           La valutazione è stata effettuata per i seguenti usi:         </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- antincendio,</li> <li>- civile,</li> <li>- igienico e assimilati,</li> <li>- industriale,</li> <li>- innevamento artificiale,</li> <li>- potabile,</li> <li>- zootecnico,</li> </ul> <p>           misto (idroelettrico e potabile, industriale e potabile, antincendio e irriguo).         </p>
<p>           Risultato analisi per conferma effettiva significatività         </p>	<p>           Pressione non significativa         </p>

Tipo di corpo idrico	Acque superficiali
Codice WISE	<b>3.6.1 Prelievi/Diversione di portata – Idroelettrico</b> (3.5, nuovo codice nel WFD Guidance vers. 6.0.2)
Criterio di identificazione della pressione e definizione delle soglie di significatività potenziale	<p>L'indicatore valuta solo la pressione del prelievo per uso idroelettrico (le alterazioni morfologiche causate dagli impianti idroelettrici sono valutati nella tipologia di pressione di livello 4) che comporta la sottrazione significativa di acqua dal corpo idrico per estesi tratti. Non è quindi applicabile ad impianti ad acqua fluente dal momento che si ritiene che essi non determinino sottrazione di acqua dell'alveo naturale, ma garantiscano la restituzione di quanto prelevato subito a valle del salto. Per valutare la significatività di questa tipologia di pressione si utilizzano i seguenti indicatori:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Portata media mensile naturalizzata per il corpo idrico</u>. In caso di mancanza del dato di portata media mensile naturalizzata, ci si può riferire ad un valore di portata media naturalizzata stagionale;</li> <li>- <u>Percentuale di lunghezza del corpo idrico sottesa dalle opere di derivazione</u> (distanza tra la sezione di presa e quella di restituzione);</li> <li>- <u>Portata massima derivabile</u>, il valore più elevato tra le portate massime derivabili, come deducibili dai disciplinari di tutte le concessioni di prelievo rilasciate sul corpo idrico (grandi e piccole derivazioni) dagli impianti incidenti sul corpo idrico.</li> </ul> <p>La pressione è valutata come potenzialmente significativa in presenza di prelievi la cui portata massima concessa <u>eccede la portata media naturalizzata del corpo idrico</u> e che, singolarmente o nel loro complesso, <u>comportano la sottensione di oltre il 30% dello stesso</u>.</p> <p>E' preso a riferimento il valore dell'indicatore per la stagione estiva (aprile-settembre) e per la stagione invernale.</p>
Risultato analisi per conferma effettiva significatività	<b>Pressione significativa</b> (82 corpi idrici)

Tipo di corpo idrico	Acque superficiali
Codice WISE	<b>4.1 Alterazioni morfologiche - Alterazioni fisiche del canale/letto del corpo idrico</b>
Criterio di identificazione della pressione e definizione delle soglie di significatività potenziale	<p>Le pressioni appartenenti a questa tipologia sono riferibili a modificazioni dell'alveo riconducibili sia a opere trasversali sia opere longitudinali; è stato, quindi, individuato un criterio che tiene conto di entrambi questi aspetti.</p> <p>Per quanto riguarda le opere trasversali, il criterio proposto per l'individuazione della magnitudo della pressione potenziale è dato dal rapporto tra la numerosità di tali opere e la lunghezza del corpo idrico.</p> <p>Per quanto riguarda invece le opere che possono interferire longitudinalmente con il corpo idrico l'indicatore di pressione è dato dal rapporto tra la lunghezza di corpo idrico interessato dalle opere longitudinali e la lunghezza totale del corpo idrico espresse in km.</p> <p>Pertanto la significatività potenziale di tale pressioni è definita al verificarsi di almeno una delle seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>numerosità/(lunghezza CI/100) &gt; 3 in montagna oppure &gt; 1 in pianura</u></li> <li>- <u>lunghezza tratto interessato da opere/lunghezza totale corpo idrico &gt; 50%</u></li> </ul> <p>Le soglie individuate fanno riferimento al DM n. 156/2013 “<i>Criteri tecnici per l'identificazione dei corpi idrici artificiali e fortemente modificati per le acque fluviali e lacustri per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs. 3 aprile 2006. n. 152</i>”, ed in particolare ai criteri di significatività individuati per le modificazioni idromorfologiche.</p> <p>In questa tipologia di pressione non si considerano le opere trasversali di maggiori dimensioni che sono valutate nella pressione 4.2; invece sono valutate le briglie di piccole dimensioni che non sono qualificate come barriere e chiuse. Come criterio di distinzione tra le due tipologie di pressione 4.1 e 4.2 si è assunto di inserire in questa pressione tutte le opere trasversali che non comportino alterazioni del trasporto solido a valle e, quindi, non costituiscano interruzioni continue della continuità longitudinale delle portate solide.</p>
Risultato analisi per conferma effettiva significatività	<b>Pressione significativa (57 corpi idrici)</b>

Tipo di corpo idrico	Acque superficiali
Codice WISE	<b>4.2 Alterazioni morfologiche - Dighe, barriere e chiuse</b>
Criterio di identificazione della pressione e definizione delle soglie di significatività potenziale	<p>L'indicatore individuato per tale pressione è dato dal rapporto tra la numerosità di tali opere e la lunghezza del corpo idrico espressa in km. La significatività della pressione è individuata, sulla base delle esperienze maturate dalle singole Amministrazioni, al verificarsi della seguente condizione: <u>numerosità/lunghezza CI &gt; 0,5</u></p> <p>In presenza di dighe, come definite dalla specifica normativa, l'esito dell'applicazione della metodologia è validato/corretto mediante giudizio esperto.</p> <p>In questa tipologia di pressione si considerano le opere trasversali di maggiori dimensioni che non sono state valutate nella pressione 4.1. Come criterio di distinzione si è deciso di inserire in questa pressione tutte le opere trasversali che possono comportare alterazioni del trasporto solido a valle e/o fenomeni di rigurgito a monte. Nel caso in cui sia presente una diga che origina a monte un corpo idrico "invaso artificiale", tale sbarramento è valutato come elemento di pressione per il corpo idrico "fiume" di valle.</p>
Risultato analisi per conferma effettiva significatività	<b>Pressione significativa (13 corpi idrici)</b>

Tipo di corpo idrico	Acque superficiali
Codice WISE	<b>4.4 Alterazioni morfologiche - Perdita fisica totale o parziale del corpo idrico</b>
Criterio di identificazione della pressione e definizione delle soglie di significatività potenziale	<p>La potenziale significatività di questa pressione è assegnata al corpo idrico attraverso il giudizio esperto adeguatamente motivato. In alcuni casi la presenza di tale tipologia di pressione è condizione per assumere quella pressione potenzialmente significativa per il corpo idrico interessato. Questa tipologia di pressione può avvenire anche per interventi di difesa idraulica. Si segnala in particolare che nel caso di diversioni sul reticolo secondario, per usi urbani (passaggio di una strada, costruzione di un parcheggio) o di difesa idraulica, si osserva la perdita completa di tratti di corpi idrici, fenomeni comuni in zone ad alta densità urbanistica.</p>
Risultato analisi per conferma effettiva significatività	Pressione non significativa