

Regione
PIEMONTE



Provincia
NOVARA

CONTRATTO DI *fiume* TORRENTE AGOGNA



All. C
dossier ambientale

a cura di



*Centro Italiano per la
Riqualificazione Fluviale*

PROVINCIA DI NOVARA

Assessorato alla Programmazione Territoriale e all'Urbanistica

Gruppo di Lavoro

ing. Giuseppe Baldo – CIRF (*coordinatore generale*)

ing. Giancarlo Gusmaroli - CIRF (*curatore del dossier*)

dott.ssa Alessandra Melucci - CIRF

dott. Bruno Boz - CIRF

contributo tecnico:

ing. Andrea Nardini - CIRF

ing. Andrea Goltara - CIRF

stagisti:

(*Università Federico II di Napoli – Facoltà di Ingegneria – CdL Ing. Ambientale*)

Mauro Lafratta

Rosa Pinto

OTTOBRE 2010

Sommario

1. PREMESSA	5
2. APPROCCIO METODOLOGICO GENERALE	6
2.1 CLASSIFICAZIONE INTEGRATA DELL'ECOSISTEMA FLUVIALE.....	6
2.1.1 <i>Perché classificare?</i>	6
2.1.2 <i>La metodologia di FLEA: presentazione e criteri generali</i>	8
2.1.3 <i>Definizione dell'albero dei valori</i>	11
2.1.3.1 Scelta degli attributi e degli indicatori	11
2.1.3.2 Definizione dello stato di riferimento	22
2.1.4 <i>Costruzione dell'indice relativo al valore dell'ecosistema fluviale</i>	24
2.1.4.1 Discretizzazione il corso d'acqua in tronchi omogenei.....	24
2.1.4.2 Definizione degli indici di valutazione: la Funzione Valore scalare	24
2.1.4.3 Discretizzazione in tratti omogenei per tutti gli indici di valutazione	26
2.1.4.4 Definizione del sistema di aggregazione degli indici di valutazione e classificazione	27
2.2 IL CONTRIBUTO DELLA PARTECIPAZIONE.....	28
3. APPLICAZIONE AL CASO DEL TORRENTE AGOGNA	29
3.1 FONTI.....	29
3.2 ATTRIBUTI, INDICATORI, STATO RIFERIMENTO.....	30
3.2.1 <i>Costruzione dell'albero dei valori</i>	30
3.2.2 <i>Definizione dei criteri di aggregazione degli indici di valutazione</i>	31
3.2.3 <i>Qualità chimico-fisica (IQ_{CF})</i>	33
3.2.3.1 Scelta dei sotto-attributi	33
3.2.3.2 Definizione di indici, indicatori e stato di riferimento	33
3.2.3.3 Aggregazione dei sub-indici	38
3.2.4 <i>Qualità biologico – ambientale (IQ_{BA})</i>	39
3.2.4.1 Scelta dei sotto-attributi	39
3.2.4.2 Definizione di indici, indicatori e stato di riferimento	39
3.2.4.3 Aggregazione dei sub-indici	47
3.2.5 <i>Qualità (idro)morfologica (IQ_{IM})</i>	48
3.2.5.1 Scelta dei sotto-attributi	48
3.2.5.2 Definizione di indici, indicatori e stato di riferimento	49
3.2.5.3 Aggregazione dei sub-indici	53
3.3 DEFINIZIONE TRATTI OMOGENEI	54
3.4 MAPPE DI CLASSIFICAZIONE.....	55
4. RISULTATI OTTENUTI	56
4.1 QUALITA' CHIMICO-FISICA DEL TORRENTE AGOGNA	56
4.2 QUALITA' BIOLOGICO-AMBIENTALE DEL TORRENTE AGOGNA	57
4.3 QUALITA' (IDRO)MORFOLOGICA DEL TORRENTE AGOGNA	58
4.4 STATO ECOLOGICO DEL TORRENTE AGOGNA	59
5. CONCLUSIONI.....	62
6. BIBLIOGRAFIA.....	63
7. APPENDICI	66

1. PREMESSA

Nel presente documento viene descritto l'approccio metodologico adottato per la conoscenza e classificazione ambientale del torrente Agogna (capitolo 2) e gli esiti di tale lavoro (capitolo 3), come attività preliminare e propedeutica alla definizione del Piano d'Azione per il miglioramento ambientale del corso d'acqua. Per ogni approfondimento relativo alla metodologia generale con cui viene sviluppato il processo di Contratto di Fiume per il torrente Agogna si fa riferimento alla documentazione precedentemente prodotta.

Saranno oggetto di successivi elaborati l'analisi della pianificazione vigente, l'analisi dei fattori causali dello stato ambientale e la valutazione dei trend di sviluppo dello stato ecologico in assenza di misure di riqualificazione, mitigazione e conservazione ambientale.

2. APPROCCIO METODOLOGICO GENERALE

2.1 CLASSIFICAZIONE INTEGRATA DELL'ECOSISTEMA FLUVIALE

2.1.1 Perché classificare?

La Riqualificazione Fluviale è un processo atto a migliorare lo stato ecologico complessivo di un corso d'acqua, con un'immagine obiettivo che tende in generale a quella descritta di seguito.

BOX 1 - La vision della Riqualificazione Fluviale

“Un fiume con spazio per divagare ed esondare in modo diffuso, non drammatico. Non avido di erodere, né sazio da sedimentare più di quanto asporti. Che non scenda in magra sotto la sua portata minima naturale, né mantenga una portata artificialmente costante. Con acqua pulita. Con vita acquatica e vegetazione riparia autoctone, abbondanti o parche secondo il fiume e il contesto ambientale. Un fiume in aperto rapporto con il paesaggio e l'uomo, non occulto o separato. Un fiume che possa esprimere il proprio carattere e bellezza. Un fiume che, secondo la specificità territoriale, mantenga una buona qualità dell'ecosistema, possibilmente uno stato di “selvaticità” (wilderness) da tutelare, o si concili con le aspettative e gli interessi umani di fruizione e uso delle risorse senza più essere una imprevedibile minaccia per insediamenti, infrastrutture e vite umane, ma sempre mantenendo un ecosistema in buona salute. Un fiume che permetta un miglioramento continuo della qualità della vita” (CIRF, 2006)

Per poter confrontare con altri pro e contro l'innegabile beneficio di mettere in atto azioni finalizzate al raggiungimento dello stato precedentemente descritto, nell'ambito tanto di uno studio quanto di un processo decisionale di pianificazione o di progettazione, è necessario misurarlo al pari degli altri obiettivi in gioco.

BOX 2 - Direttiva 2000/60 - articolo 5 - Caratteristiche del distretto idrografico, esame dell'impatto ambientale delle attività umane e analisi economica dell'utilizzo idrico

“[...] Gli Stati membri provvedono affinché, per ciascun distretto idrografico, o parte di distretto idrografico internazionale compreso nel loro territorio, siano effettuati, secondo le specifiche tecniche che figurano negli allegati II e III, e

completati entro quattro anni dall'entrata in vigore della presente direttiva: un'analisi delle caratteristiche del distretto, un esame dell'impatto delle attività umane sullo stato delle acque superficiali e sulle acque sotterranee, e un'analisi economica dell'utilizzo idrico. [...]"

La Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE) e il DLgs. 152/06 pongono indicazioni importanti in merito alla classificazione integrata dei corpi idrici (agli allegati II e III citati, che qui si omettono), ma di fatto in Italia, nonostante l'importante esperienza maturata a livello legislativo e tecnico in materia di monitoraggio e valutazione ambientale, ancora manca un recepimento operativo in grado di soddisfare pienamente i requisiti richiesti dalla Comunità Europea¹.

Gli ecosistemi fluviali sono realtà estremamente complesse, basate su equilibri fragili e regolate da numerose interazioni fra le componenti biotiche ed abiotiche: conseguentemente, la misura del loro stato di salute risulta un'operazione di notevole difficoltà e non univoca soluzione. L'*idea base* è stata quindi di applicare un metodo capace di classificare e rappresentare lo stato dell'ecosistema fluviale in modo semplice, il più possibile intuitivo, ma ecologicamente corretto, attraverso l'utilizzo di **indici relativi alle diverse componenti del sistema fluviale** e di un **indice di sintesi complessivo**.

“Conoscere l'ecosistema” significa non solo acquisire informazioni, classificare ed interpretare a diversi livelli e a diverse scale tutte le sue componenti, ma anche partire da queste informazioni per comprendere le dinamiche, i processi, i meccanismi e le interazioni spaziali e temporali che regolano i rapporti tra queste componenti (per soddisfare le esigenze di previsione e valutazione ex-post); significa saper dare risposte a quesiti quali: come influisce la qualità dell'acqua sulle comunità biologiche? Che influenza ha la vegetazione riparia sugli organismi acquatici e sull'evoluzione morfologica dell'alveo? Come vengono influenzati gli organismi animali e vegetali dalla presenza di opere artificiali o da variazioni forzate del regime idrologico? Come varia lo stato (biologico, morfologico, idrodinamico) del sistema fluviale a seguito dell'incisione dell'alveo o della sottrazione di un'area esondabile? E prima ancora: come sta l'ecosistema fluviale? Uno strumento valido e diffusamente utilizzato per descrivere con modalità speditive ed efficaci questi processi ambientali, per rendere intelligibili i dati raccolti, per fornire un'informazione omogenea e confrontabile e per permettere campagne di monitoraggio meno dispendiose è costituito dagli indicatori e indici ambientali.

Nell'analizzare e valutare sistemi complessi, come quelli ambientali, si avverte l'esigenza di individuare dei “fattori chiave” il cui studio consenta di acquisire tutte le informazioni necessarie e sufficienti per comprendere e, quindi, prevedere il comportamento del sistema complesso; tali fattori chiave altro non sono che indicatori (Minciardi e Rossi, 2001).

¹ Formalmente la Direttiva 60/2000/CE è stata recepita in Italia dal D.Lgs 152/06 e s.m.l; tuttavia manca un recepimento tecnicamente operativo, attualmente in fase di discussione in seno agli enti competenti e nell'ambito della ricerca.

Per quanto riguarda la valutazione dello stato degli ecosistemi fluviali, la letteratura scientifica offre oggi una panoramica molto ampia e variegata con proposte di indici e indicatori più o meno complessi che possono venire utilizzati per classificare lo stato dei corsi d'acqua nella molteplicità dei suoi aspetti; una vasta e completa raccolta degli indici disponibili per la valutazione del territorio fluviale, con indicazioni sintetiche circa il loro campo di utilizzo è ad esempio disponibile in Minciardi, 2004. Un numero così elevato di indici e metodi di monitoraggio nasce anche dalla necessità di valutare lo stato dell'ecosistema fluviale a varie scale spaziali: bacino idrografico, corridoio fluviale e corso idrico. Un altro motivo chiave per classificare, o forse il motivo principale nell'ottica della costruzione di un piano di azione, oltre a quello di misurare gli effetti ottenuti dall'implementazione delle azioni e di confrontare le scelte derivanti da diversi obiettivi, è quello di usare gli indici in modo diagnostico e cioè per capire quali attributi vanno migliorati poichè nello stato attuale non sono ai livelli dell'obiettivo di qualità: p.es. se la fauna ittica nel tratto x è scadente, si devono implementare le azioni a, b, c... per migliorarla.

2.1.2 La metodologia di FLEA: presentazione e criteri generali

BOX 3 - Valore Natura di un corso d'acqua

In sintesi, possiamo definire il *valore natura* di un corso d'acqua attraverso un indice che misuri lo scostamento fra le condizioni attuali e quelle di riferimento intese, nella accezione più generica, come prossime a quelle che il corso d'acqua avrebbe in assenza di impatti antropici significativi.

Più analiticamente possiamo dire che secondo l'approccio proposto il *valore natura* è specificato in un *albero dei valori* ramificato in due attributi principali, *integrità ecologica* (*salute*) e *rilevanza naturalistica*, a loro volta articolati in sub-attributi di dettaglio.

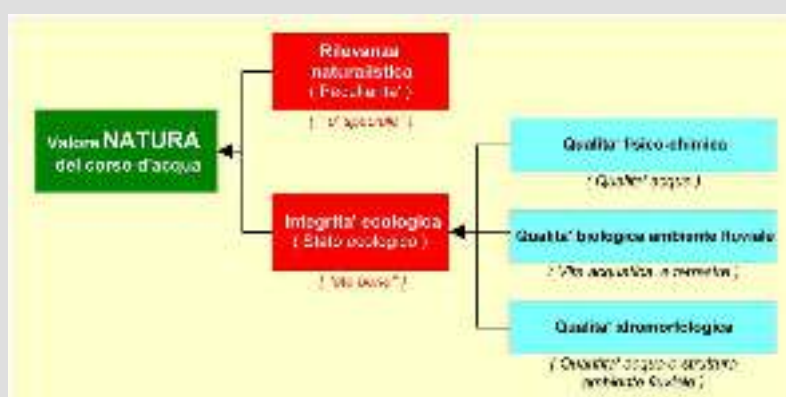


Fig. 1 - albero dei valori di FLEA

In questo lavoro si propone la metodologia **FLEA²** (FLuvial Ecosystem Assesment), sviluppata e già testata dal CIRF (Centro Italiano per la Riqualificazione Fluviale) in diversi corsi d'acqua con gradi di applicazione più o meno sofisticati, e sintesi di un approccio transdisciplinare alla conoscenza dei fiumi in grado di rappresentare con buona operatività ed efficacia il *valore natura* di un corso d'acqua. Si sottolinea come FLEA rappresenti una rielaborazione e parziale integrazione di concetti e metodi già presenti in altri approcci ed esperienze.

La motivazione alla base del lavoro che ha prodotto FLEA è stato il cercare di rispondere al quesito: *«come stabilire ed esprimere in modo sintetico, ma efficace, se/quanto un (tratto di) corso d'acqua sta bene o male guardandolo davvero con una visione integrata (soprattutto se a scala vasta: un bacino, una Regione ...)? E come giudicare quale (tratto di) corso d'acqua “vale di più” e merita più protezione per evitarne il degrado, o più interventi migliorativi?»*

Va osservato che rispondendo alla domanda *“quanto vale?”* un (tratto di) corso d'acqua, FLEA fornisce proprio l'informazione che per esempio una Valutazione Ambientale Strategica richiede per poter confrontare con cognizione di causa, in modo chiaro e misurabile, i pro e i contro di un piano territoriale (per es. di un Piano di Assetto Idrogeologico o di un Piano di Tutela) di fronte a quesiti del tipo: *“quanto ci costa in termini socio-economici conquistare un dato incremento di valore ambientale?”*; oppure *“quanto stiamo pagando in termini di perdita di natura, la messa in sicurezza di una data area?”*; o anche e più interessante *“quanto possiamo risparmiare in termini di costo di intervento per far fronte al rischio idraulico se conquistiamo più natura?”*.

Merita osservare fin d'ora le strette analogie –ma anche le differenze– con l'impostazione dello schema di classificazione proposto dalla Direttiva Quadro europea sulle acque e dal Dlgs. 152/06:

- **analogie:** prescindendo da sfumature terminologiche, l'*integrità ecologica* di FLEA comprende tutti gli elementi di qualità (ma con un maggior approfondimento) previsti dalla Direttiva per valutare lo stato ecologico;
- **differenze:** la Direttiva si limita a valutare se un corso d'acqua “sta bene”; non include la presenza di eventuali peculiarità (endemismi, emergenze geomorfologiche, habitat di particolare pregio ...) che possono però a ben vedere costituire a volte il valore principale di un dato tratto fluviale e giustificare l'adozione di misure di protezione (parchi, aree protette, SIC) o di specifiche pratiche gestionali. In altre parole, considera solo una parte del *valore natura*, “dimenticando” la *rilevanza naturalistica*. In FLEA inoltre si enfatizza la necessità di considerare l'intero corridoio fluviale (non solo l'alveo bagnato e le sue immediate adiacenze).

² Biologia Ambientale n°2/2008, in stampa

È importante precisare fin d'ora che nella valutazione FLEA dell'integrità ecologica, coerentemente con la Direttiva, viene effettuato un confronto con le "condizioni naturali" del corso d'acqua, il cosiddetto *stato di riferimento*. In altri termini, non si attribuisce ad un corso d'acqua (A) un valore maggiore di un altro (B) se A è più sinuoso, più ricco di vita, ecc., ma solo se lo stato attuale di A si rivela più vicino al proprio stato di riferimento di quanto succede per B (rispetto al proprio stato di riferimento, eventualmente diverso da quello di A). Precisamente, si definisce "*salute*" del fiume proprio la *vicinanza dello stato attuale allo stato di riferimento*. Considerata la centralità del concetto di salute, merita sottolinearne un'importante implicazione: un corso d'acqua, anche se povero di vita e di vegetazione riparia, con elevate concentrazioni di sostanze tossiche nelle acque, ecc. può ricevere un giudizio di salute ottimo, se tali condizioni corrispondono a quelle naturali; inversamente, la salute di un corso d'acqua più ricco di vita e con acque più pulite può essere giudicata compromessa se tali condizioni si discostano da quelle naturali. Questo concetto è applicabile a un intero corso d'acqua e ad ogni suo tratto.

Le fasi generali previste dalla metodologia sono:

- A. Definizione dell'*albero dei valori* (gerarchia di attributi).
- B. Costruzione dell'*indice dell'ecosistema*.

Di seguito si illustrano sinteticamente i passi chiave delle due fasi, che poi vengono descritte dettagliatamente nel paragrafo 2.1.3.1 (BOX 5).

A. Definizione dell'*albero dei valori* (gerarchia di attributi).

Consiste nella scelta degli attributi e degli indicatori utili per descrivere, nello specifico problema pianificatorio/decisionale, il *valore dell'ecosistema fluviale* in funzione del suo stato (ovvero dal valore assunto dalle variabili chiave scelte per descriverne lo stato)³, misurato o simulato. Più precisamente, ma schematicamente, i passi sono i seguenti:

- scelta di *attributi* rilevanti per descrivere lo stato dell'ecosistema fluviale, sintetizzati in un *albero dei valori* (si veda l'esempio di fig. 2, dove sono indicati gli attributi di livello superiore e di livello inferiore);
- definizione di un *indicatore* per descrivere matematicamente ogni attributo (ai fini della *misura di stato*);
- definizione di uno *stato di riferimento* per ogni indicatore e per ogni eventuale tipologia fluviale assunta dal fiume, che individua il "valore migliore" che ogni indicatore può assumere

B. Costruzione dell'*indice dell'ecosistema*.

³ Merita qui sottolineare la differenza tra "stato" e "valore" dell'ecosistema: il primo non contiene in sé un giudizio; il secondo invece viene attribuito proprio tramite un giudizio; l'albero dei valori vuole permettere di misurare il secondo; i singoli attributi foglia classificano invece lo stato.

Si tratta di aggregare in un unico indice i diversi indicatori selezionati; per questa sintesi si utilizza lo strumento matematico denominato Funzione Valore (si veda in proposito l'Appendice 1). Si procede secondo la sequenza di seguito sintetizzata:

- per ogni indicatore adottato, discretizzazione del corso d'acqua in *tronchi omogenei* (generalmente diversi da indicatore a indicatore);
- per ogni indicatore, definizione degli *indici di valutazione (di vicinanza)* che valutano appunto la vicinanza tra stato attuale e stato di riferimento per quell'indicatore; questa operazione contiene inevitabilmente un giudizio di valore soggettivo, ma esplicito, espresso da esperti (valore indice = 1 significa coincidenza tra stato attuale e di riferimento; valori inferiori segnalano un allontanamento dallo stato di riferimento che, nel caso peggiore, conduce al valore 0)⁴;
- successiva discretizzazione in *tratti* omogenei, ottenuti dall'intersezione di tutti i tronchi, validi per tutti gli indici di valutazione;
- costruzione e applicazione di un sistema di *aggregazione* degli indici di valutazione (nella maggior parte dei casi, ma non necessariamente, si tratta in pratica di somme pesate⁵) per ogni *tratto* di corso d'acqua capace di fornire *indici di sintesi*, sia a livello settoriale (es. sub-indice *vegetazione*) che complessivo (indice *Stato ecologico*)⁶.

La metodologia adottata nell'applicazione pilota al caso del torrente Agogna, coerente con la metodologia generale qui descritta, ma contenente anche elementi e soluzioni specifici, legati al contesto e allo stato delle conoscenze nell'area in esame, viene approfonditamente descritta, insieme ai risultati conseguiti, nei Capitoli 3 (Applicazione al caso del Torrente Agogna) e 4 (Risultati ottenuti).

2.1.3 Definizione dell'albero dei valori

2.1.3.1 Scelta degli attributi e degli indicatori

Questa fase prevede la scelta di una struttura gerarchica di attributi che rappresentino il valore dell'ecosistema fluviale. Ogni attributo può essere rappresentato da una serie di altri attributi organizzati in un albero di livello inferiore, fino ad arrivare ai cosiddetti "attributi-foglia",

⁴ Tale passo è svolto matematicamente mediante l'utilizzo di Funzioni Valore scalari – si veda l'Appendice 1

⁵ Il problema principale consiste nel metodo con il quale combinare le informazioni fornite dai diversi attributi in un singolo indice di valutazione (operazione che in questo metodo deve essere ripetuta più volte a cascata). Tale combinazione avviene, in presenza di variabili *dummy* (ossia variabili che possono assumere esclusivamente i valori 0 e 1), mediante operazioni di unione (operatore logico OR) o di intersezione (operatore logico AND) delle varie condizioni. Per variabili continue, la combinazione lineare pesata (Voogd, 1983) rappresenta il metodo più comune, ed è quello previsto anche nell'applicazione del metodo.

⁶ Tale passo è svolto matematicamente mediante l'utilizzo di Funzioni Valore multi-attributo – si veda l'Appendice 1

misurabili tramite opportuni indicatori, ad esempio la concentrazione di determinati contaminanti nell'acqua, il numero di specie, l'abbondanza di individui, il grado di autoctonia, ecc. (si veda come esempio l'albero dei valori di FLEA in fig. 2).

Gli attributi, ed i relativi indicatori, che compongono l'albero, devono rispettare i seguenti criteri:

- essere concettualmente soddisfacenti per descrivere il valore/stato dell'ecosistema fluviale in modo scientificamente corretto; devono cioè esprimere e interpretare chiaramente (e coerentemente con le attuali conoscenze scientifiche) strutture e processi dell'ecosistema; quando possibile si dovrebbero utilizzare indicatori ed indici già validati dalla comunità scientifica internazionale e già ampiamente utilizzati; va poi sottolineato che il nostro obiettivo non è di cercare bioindicatori⁷ per risalire a “che cosa sta impattando questo fiume”, bensì dire “come sta questo ecosistema”, dal punto di vista del suo valore di *esistenza e filantropico*;
- essere il più possibile coerenti con quanto richiesto dalla Direttiva Quadro sulle Acque (Direttiva CE/2000/60) e Dlgs. 152/06, per quanto consentito dal suo stato di attuazione, ancora molto ridotto;
- richiedere il minimo possibile in termini di dati da acquisire (pregressi e primari, cioè rilevati esplicitamente in campo), ovvero garantire la massima efficienza dell'informazione;
- devono esistere dati disponibili per valutarli nello stato attuale;
- deve essere possibile definirne lo stato di riferimento;
- deve essere possibile effettuarne una predizione (anche solo qualitativa) in base alle alternative pianificatorie/gestionali considerate;
- essere il più possibile rappresentabili, cioè comprensibili anche ai non esperti (che devono riuscire a capire perché una determinata situazione sia meglio di un'altra). A tal fine, andrebbe formulato un apposito questionario per verificare la comprensibilità dell'albero dei valori da parte dei “non-esperti” (in particolare dei portatori d'interesse coinvolti nello studio).

⁷ Organismi particolarmente sensibili (es. macroinvertebrati) che permettono lo studio di una modificazione ambientale, tipicamente l'inquinamento delle acque, poiché oltre una certa soglia di date variabili ambientali, ad esempio in presenza di determinate concentrazioni di inquinanti, subiscono variazioni evidenti e rilevabili del loro stato naturale (modificazioni morfologiche e/o fisiologiche o danni genetici)

La definizione dell'albero è tipicamente un processo iterativo, perché va aggiustata in base alle risposte ottenute dai portatori di interesse e ai dati disponibili.

Prima di addentrarsi nella descrizione della metodologia di classificazione adottata e dei risultati conseguiti, è utile chiarire perché si è adottato un nuovo indice invece di utilizzarne uno già disponibile in letteratura (pensiamo ad esempio a: IBE-Indice Biotico Esteso, LIM, SECA – Stato ecologico, IFF – Indice di Funzionalità Fluviale, RHS - River Habitat Survey e Caravaggio - nuova versione dell'RHS adatta a descrivere i corsi d'acqua dei paesi sud-europei, RCE - Riparian Channel and Environmental Inventory, SER-CON - System for Evaluating Rivers for Conservation, Riparian Evaluation and Site Assessment); ebbene, i motivi di questa scelta sono essenzialmente due, il primo di natura pratica ed il secondo di natura concettuale:

- nessuno degli indici appena citati risponde da solo alla nostra esigenza di compiere un'analisi integrata speditiva di un corso d'acqua esteso come quello in oggetto;
- nessuno di essi sembra in grado di poter essere utilizzato (senza aggiustamenti) per soddisfare all'esigenza di una classificazione integrata dei sistemi fluviali così come proposto dalla Direttiva Quadro europea sulle Acque (Dir. 60/2000/CE) e Dlgs. 152/06 di cui bisogna necessariamente tener conto nei nuovi strumenti di pianificazione; essa, infatti, individua uno schema preliminare per valutare lo stato ecologico integrato degli ecosistemi acquatici tenendo espressamente conto delle sue tre componenti: *biologica, idromorfologica, chimica e fisica*.

Questo schema preliminare va sostanzialmente con lo sviluppo e la messa a punto dell'insieme di indicatori ed indici più opportuno e basato sulla misura della distanza da uno "stato di riferimento". Tra le esperienze italiane pregresse, l'indice che per completezza degli aspetti considerati e per numero di applicazioni già realizzate poteva prestarsi bene ai nostri scopi era l'IFF -Indice di Funzionalità Fluviale (Siligardi et al., 2000). Tuttavia, il metodo, concepito un decennio prima della Direttiva, non ne soddisfa interamente le esigenze, in particolare poiché misura la funzionalità (anziché la naturalità) e non prevede il confronto con lo stato di riferimento naturale; per la sua applicazione inoltre si rende necessaria una laboriosa (se intesa a scala di intero reticolo provinciale) attività di compilazione di schede in campo. Più estesamente:

- non è concepito come vicinanza allo *stato di riferimento*: può dire che un fiume è in cattivo stato perché "ha scarsa funzionalità", anche se perfettamente naturale (ma naturalmente a bassa funzionalità); non soddisfa la Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE, che richiede il confronto con lo stato di riferimento;
- non comprende alcuni attributi chiave: qualità dell'acqua, regime idrico, fauna ittica,...;
- non è esplicito: non usa indicatori oggettivi, ma un sistema di punteggi poco trasparente e replicabile;
- non è modellizzabile (automaticamente calcolabile in funzione dei fattori causali).

Questa brevissima disanima non significa ovviamente che l'IFF sia un cattivo indice, ma solo che non è adatto al nostro scopo. Ciò detto, va chiarito che ogni qualvolta si possa utilizzare un indice esistente, per una qualche componente dell'albero generale, certamente vale la pena di farlo.

L'albero dei valori adottato per la classificazione dell'ecosistema fluviale del Torrente Agogna, origina da quanto sviluppato nel progetto STRARIFLU ("STRAtegia di RIqualificazione FLUviale" - è un progetto sviluppato nell'ambito del Piano di Tutela e Uso delle Acque della Regione Lombardia - allegato 13) e ne costituisce un'ulteriore evoluzione, denominata FLEA (Fluvial Ecosystem Assessment – CIRF, 2006). Rispetto a STRARIFLU, FLEA segue infatti in modo più puntuale e approfondito i dettami della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE, che definisce l'impianto generale attorno al quale occorrerà sviluppare, alla sua adozione in Italia, la classificazione integrata dei corsi d'acqua; l'impianto logico adottato in STRARIFLU era invece stato sviluppato per rispondere alla specifica esigenza operativa del Piano di Tutela e Uso delle Acque della Regione Lombardia, seppur già nell'ottica di una futura implementazione della suddetta Direttiva.

La Direttiva e FLEA prendono in considerazione l'ecosistema fluviale sulla base delle seguenti tre proprietà e le specificano mediante un articolato sistema di attributi:

- qualità chimico-fisica
- qualità biologica
- qualità idromorfologica

BOX 4 – La Direttiva Quadro sulle Acque

La Direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000 istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque e rappresenta uno dei più importanti strumenti per la gestione e tutela della risorsa idrica in Europa e un'occasione unica per rilanciare un governo integrato delle risorse idriche in Italia .

La Direttiva Quadro , introducendo il principio di “non deterioramento” dei corpi idrici e facendo propri i principi di precauzione, prevenzione e di “chi inquina paga”, obbliga gli Stati membri alla protezione delle acque superficiali interne, delle acque di transizione, delle acque costiere e sotterranee.

In particolare, il raggiungimento dell'obiettivo del “buono stato” ecologico e chimico delle acque entro il 2015 (con obiettivo intermedio di “stato sufficiente” al 2008) , deve essere raggiunto attraverso la gestione integrata di bacino, che tenga conto del ciclo delle acque, e non dei confini amministrativi di province, regioni o Stati, perseguendo l'ottimizzazione degli usi e promuovendo l'integrazione delle normative esistenti riguardanti l'acqua e gli ambienti che da questa dipendono.

Per valutare lo stato ecologico degli ecosistemi acquatici, la Direttiva propone uno schema preliminare che, a differenza dell'approccio basato solo sullo stato qualitativo e quantitativo delle acque, tiene espressamente conto delle sue tre componenti (come riportato in Allegato V della Direttiva): **biologica** (composizione ed abbondanza della flora acquatica, della fauna invertebrata bentonica e di quella ittica, intesa sia come struttura della comunità che come classi di età), **idromorfologica** (quantità e regime del flusso e sue connessioni con la falda, continuità longitudinale e trasversale, struttura e substrato dell'alveo e della zona riparia), **chimica e fisica** (temperatura, ossigenazione, pH, nutrienti ed inquinanti). Questo schema preliminare va sostanziato con lo sviluppo e la messa a punto dell'insieme di indicatori ed indici più opportuno e basato sulla misura della distanza da uno "stato di riferimento".

Gli Stati Membri vengono chiamati alla redazione di piani di gestione dei bacini idrografici attraverso la definizione delle loro caratteristiche, all'esame dell'impatto ambientale delle attività umane, all'analisi economica dell'utilizzo idrico, al monitoraggio dello stato delle acque superficiali e sotterranee e delle aree protette e soprattutto avviando concretamente le misure necessarie per impedire il deterioramento dello stato di tutti i corpi idrici superficiali e sotterranei.

L'aspetto strategico e culturale più rilevante è certamente l'introduzione all'art.14 dell'obbligo di redigere i Piani attraverso la partecipazione attiva di tutte le parti interessate all'attuazione della direttiva.

La figura seguente fornisce una visione d'insieme dello schema concettuale completo di FLEA, chiarendo quali siano gli elementi previsti dalla Direttiva e quali le integrazioni proposte. La figura mostra questi i tre attributi dello stato ecologico e quelli di livello inferiore utilizzati per dettagliarli, sino ad arrivare alle "foglie" dell'albero (gli ultimi attributi) e, nell'ultima colonna di destra, ad alcuni dei possibili indicatori atti a misurarli. Tale struttura, una volta corredata dagli algoritmi di calcolo di ciascun indicatore, può costituire una base soddisfacente per l'applicazione della Direttiva.

16

BOX 5 – gli attributi principali di FLEA

Qualità fisico-chimica

L'importanza della qualità dell'acqua non ha bisogno di spiegazioni. In effetti, è l'unico approccio tecnico finora utilizzato in tutti i paesi. Per la sua classificazione se ne esaminano:

- 1) *condizioni generali* – considerano i parametri principali (macrodescrittori), condizioni o sostanze normalmente presenti, ma un cui eccesso risulta dannoso agli organismi acquatici: condizioni termiche, di ossigenazione, acidificazione, carico organico, nutrienti. Per la loro valutazione può essere utilizzato un approccio del tipo di quello introdotto dal D.Lgs. 152/99 (LIM - Livello di Inquinamento Macrodescrittori);
- 2) *inquinanti sintetici specifici* – composti sintetici, non esistenti in natura (es. DDT, diossine, policlorobifenili), difficilmente biodegradabili e solitamente dannosi anche in concentrazioni molto basse;
- 3) *inquinanti non sintetici specifici* – composti non di sintesi (es. idrocarburi, metalli pesanti), presenti naturalmente ma in concentrazioni molto basse (livello di fondo naturale).

Qualità biologica dell'ambiente fluviale

Si riferisce allo stato delle comunità biologiche (animali e vegetali) viventi nel corso d'acqua, ma anche di quelle (terrestri ed acquatiche) presenti nelle fasce di territorio circostanti (corridoio fluviale):

- 4) *macroinvertebrati* – colonizzano tutti i tipi di substrato presenti nei corpi idrici; sono rappresentati da specie con una vasta gamma di adattamenti e di tolleranza agli inquinanti e alle condizioni ambientali. Occupano tutti i ruoli trofici dei consumatori e funzionano da filtratori, collettori, raschiatori, triturator, succhiatori, predatori; rappresentano uno dei sistemi autodepuranti fluviali; esercitano un ruolo importante nello sminuzzamento del detrito organico e come fonte di cibo per i pesci. Per questi motivi svolgono un ruolo fondamentale nel determinare la composizione di altre comunità acquatiche che costituiscono l'ecosistema fluviale. Analogamente alla fauna ittica, tali caratteristiche li rendono particolarmente adatti a funzionare da indicatori della qualità dell'ambiente in cui vivono. Per la valutazione di questo attributo sono già stati sviluppati appositi indici ai quali è opportuno riferirsi (la normativa italiana prevede l'IBE-Indice Biotico Esteso);
- 5) *fauna ittica* – anche l'importanza di questo attributo non necessita certo di spiegazioni. I popolamenti ittici italiani hanno subito pesanti alterazioni,

principalmente a causa dell'alterazione fisica degli ambienti fluviali (dighe, briglie, rettifiche, arginature, risagomature, ecc.), dell'introduzione di specie aliene e dei ripopolamenti. La composizione in specie dei pesci in un certo corso d'acqua dipende principalmente dall'area biogeografica in cui esso ricade e dalla sua storia evolutiva oltretutto, ovviamente, dalla qualità dell'acqua e dalla disponibilità del mosaico di habitat ad essi necessari. Sottoattributi rilevanti sono la presenza e abbondanza delle specie –indigene e aliene– e la struttura in classi d'età (che ci segnala l'efficacia della riproduzione);

- 6) *macrofite e fitobenthos* – per motivi pratici di economia dello sforzo conoscitivo (benefici derivanti dalla maggior informazione e costi aggiuntivi di monitoraggio), questi elementi, previsti dalla Direttiva, non sono prioritari. I metodi basati sul rilevamento delle macrofite (le piante superiori acquatiche, ma anche le erbacee pioniere di greto) e del fitobenthos (principalmente diatomee) attualmente disponibili presentano infatti due inconvenienti pratici: sono finalizzati a valutare il livello di trofia dell'acqua (già valutato con le analisi fisico-chimiche) e sono applicabili ad aree geografiche delimitate. La loro eventuale adozione potrebbe quindi essere rinviata ad una seconda fase di attuazione della Direttiva, dopo una verifica di opportunità;
- 7) *vegetazione terrestre*– si distingue innanzitutto la *vegetazione di tipo ripario* da quella *del corridoio fluviale (zonale)*. La prima è costituita da specie (es. salici, ontani) che riescono a colonizzare la fascia più vicina all'alveo grazie alle loro caratteristiche pioniere e alla capacità di resistere all'impeto della corrente e di sopportare lunghi periodi di sommersione. Poiché i loro fattori ecologici limitanti non sono di natura climatica, questa vegetazione è pressoché uguale a tutte le latitudini (si parla, appunto, di vegetazione “azonale”, non legata cioè ad una zona climatica). La vegetazione del corridoio, invece, rispondendo ai fattori climatici locali, differisce da zona a zona (è detta perciò “zonale”); essa costituisce quella fascia del corridoio fluviale che raccorda la fascia di vegetazione riparia con la vegetazione dei versanti (comprese le loro pendici). Per classificare adeguatamente i due sotto-attributi (vegetazione riparia e zonale) il metodo propone – per ciascuno di essi– l'*ampiezza* della rispettiva fascia, il grado di *copertura* del suolo e la vicinanza alla *struttura naturale* (stratificazione, disetaneità e composizione in specie, premiando le autoctone e penalizzando le esotiche).

Qualità idromorfologica

Gli elementi di qualità idromorfologica rappresentano la principale novità introdotta dalla Direttiva Quadro: per la prima volta, infatti, il legislatore, recependo istanze profondamente maturate nella comunità scientifica e nella società, riconosce che “per valutare lo stato ecologico di un fiume bisogna voltare

lo sguardo da esso” ed allargare l’indagine all’intero corridoio fluviale, ora riconosciuto come parte integrante del sistema fluviale, sia per il proprio valore intrinseco, sia per le numerose e fondamentali interazioni con il fiume stesso. Non è però facile individuare quali siano tali elementi in concreto. Ecco le idee elaborate in FLEA.

- 8) *regime idrologico* – Il regime idrologico classifica sia “quant’acqua passa” sia la sua distribuzione caratteristica nel tempo ed è influenzato dall’andamento delle precipitazioni, dalla copertura vegetale del bacino e, in maniera consistente, dalla gestione di serbatoi idrici artificiali o naturali regolati. Si noti che il requisito da soddisfare non è una sufficiente quantità *costante* di acqua (peraltro a volte priva di significato nei casi di corsi d’acqua non perenni, quali i molti riscontrabili nel nostro Sud), ma sono necessarie anche le variazioni di portata, con un andamento naturale (si ricordi che gli organismi fluviali si sono evoluti in milioni di anni in ambienti nei quali queste variazioni hanno svolto un ruolo rilevante). Indicatori utili per classificare il regime delle portate possono essere misure caratteristiche (ad es. percentili delle curve di durata) o, in mancanza di dati, si può ricorrere a indicatori indiretti basati sulla presenza di dighe, derivazioni e relative concessioni.
- 9) *continuità fluviale (longitudinale)* – La continuità longitudinale, sicuramente impedita dalla presenza di di barriere antropiche (briglie, traverse, dighe), consente **(a)** il trasporto solido verso valle (che influenza il ripascimento dei litorali e la stessa evoluzione morfologica dell’alveo, quindi la disponibilità di habitat) e **(b)** i movimenti degli organismi acquatici, sia verso valle che verso monte. Come si è già visto, l’accesso ai siti di riproduzione e la disponibilità di vie di fuga, anche se utilizzati solo periodicamente o sporadicamente, sono requisiti della massima importanza per il mantenimento nel tempo di popolamenti ittici sani ed equilibrati. Per misurare questo attributo si può ricorrere a indicatori indiretti (proxy) come la presenza, la frequenza e l’altezza di barriere trasversali e, dal punto di vista della fauna ittica, modularne l’importanza in base alla presenza o meno di adeguati passaggi per pesci;
- 10) *continuità fluviale (verticale)* – gli scambi iporreici tra acque superficiali e di falda rappresentano uno dei sistemi autodepuranti fluviali, tanto importante quanto misconosciuto: la zona iporreica. Inoltre la biomassa in essa incorporata (principalmente batterica e materia organica, fine e grossolana), mobilizzata dalle piene che sconvolgono il substrato, favorisce il recupero delle comunità di macroinvertebrati dopo gli eventi catastrofici. Il “motore” che induce gli scambi iporreici è rappresentato dalla sinuosità verticale (indotta dalle successioni buche-raschi e dagli ostacoli alla corrente, quali

massi e tronchi) e da quella laterale, oltre che, naturalmente, dall'assenza di cementificazione. Considerate le difficoltà pratiche di misurare gli *scambi iporreici*, per la loro valutazione è ipotizzabile il ricorso ad indicatori indiretti che rilevino, appunto, la sinuosità laterale e verticale;

- 11) *continuità fluviale (laterale)* – sebbene ancora poco noto al largo pubblico, nel mondo scientifico è ormai pienamente riconosciuto il ruolo morfologico e biologico determinante svolto dal rapporto tra il fiume e la sua piana, esercitato principalmente tramite le periodiche inondazioni. La piana inondata in occasione di eventi estremi (pluridecennali o centennali o più) svolge l'importante funzione di regolatore naturale dei deflussi principalmente attraverso l'effetto di laminazione delle piene: si noti che qui ci si riferisce sia al funzionamento naturale complessivo del reticolo idrografico (valore di esistenza), sia dal punto di vista antropico del problema di rischio (uso indiretto) dato che questa laminazione, a scala di bacino, ha effetti positivi. La porzione di piana inondata più frequentemente –mediamente una volta ogni due anni– è invece fondamentale per l'ecosistema nel suo complesso, la biodiversità, i cicli biogeochimici e l'abbattimento dei carichi di inquinanti, l'interazione con la falda, come anche per l'evoluzione geomorfologica. Considerata la sua molteplicità di funzioni, la classificazione della continuità laterale, anche se in forma schematica, richiede più attributi. La *superficie inondabile biennale*, considerata la frequenza dei rapporti fiume-piana e il ruolo morfogenetico della piena biennale (portata “dominante”), è un attributo di grande rilevanza ecologica. La *superficie inondabile duecentennale*, considerata la scarsa frequenza, ha una minor importanza ecologica, ma –influenzando la capacità di laminazione delle piene catastrofiche– è un fattore importante ai fini del regime idrologico complessivo (e del suo riflesso sull'obiettivo Sicurezza idraulica). La *varietà morfologica della piana*, all'origine del mosaico di microambienti, è determinante non solo per la biodiversità e il paesaggio, ma anche per l'insieme dei rapporti trofici, morfologici e idrodinamici tra il fiume e la piana. Le *zone umide perifericali*, sono particolarmente efficaci nell'intercettazione, elaborazione e abbattimento di nutrienti ed inquinanti provenienti dal territorio (zone filtro), nell'accrescere la biodiversità e –per i pesci– come habitat-rifugio in condizioni di piena e siti di riproduzione e di svezzamento di stadi giovanili (soprattutto quelle permanenti e periodicamente inondate).
- 12) *Condizioni morfologiche (mobilità laterale)* – una parte di territorio, oggi piana inondabile oppure terrazzo (quindi non interessato dalle esondazioni), potrebbe diventare “domani” alveo attivo, a seguito di erosione; o, al contrario, una porzione dell'alveo oggi attivo potrà “domani” ospitare sedimenti e costituire così una nuova barra che poi migrerà lungo il corso d'acqua. Un fiume dotato di un buon rapporto con la piana deve quindi

disporre di sufficiente spazio non solo per l'alveo attuale e le sue esondazioni, ma anche per tutti gli alvei che in futuro vorrà assumere, divagando. Questi processi sono essenziali per ottenere un equilibrio dinamico (con tutti i suoi aspetti positivi più volte sottolineati) e per permettere la giusta dissipazione di energia; essi sono d'altra parte essenziali anche per rinnovare gli habitat: i sedimenti presi in carico dalle sponde, infatti, trasportati e classati (selezionati in base alla granulometria), sedimentano in maniera e luoghi differenziati formando raschi, barre, aree di frega ed altri elementi morfologici di importanza ecologica. Questo tipo di rapporto con la piana –basato sui processi di erosione spondale e sedimentazione– condiziona la possibilità di evoluzione morfologica ed è quindi un requisito centrale per garantire la naturalità, anche futura, dell'ambiente fluviale. Può perciò essere classificato indirettamente dall'ampiezza della sua *fascia di mobilità funzionale* attuale –cioè della fascia di territorio non occupata da insediamenti o infrastrutture e non difesa da opere strutturali (es. difese spondali, pennelli, argini). Si tratta indubbiamente di uno degli attributi centrali, in quanto garantisce al fiume lo “spazio” di cui necessita non solo oggi, ma anche domani (è una “assicurazione” per il suo futuro);

- 13) *Condizioni morfologiche (equilibrio geomorfologico)* – classifica la tendenza dell'alveo a mantenere la propria struttura (tipologia fluviale, pendenza, larghezza, profondità, sinuosità, ecc.) nel tempo della scala di medio termine (o gestionale), pur modificandosi e variando continuamente il tracciato (equilibrio “dinamico”). I processi geomorfologici (erosione, trasporto e sedimentazione) costituiscono i meccanismi principali per la formazione dell'alveo, della piana inondabile, dei terrazzi e di altre strutture presenti nel bacino idrografico e nel corridoio fluviale. I corsi d'acqua e le loro piane inondabili, infatti, si assestano costantemente in funzione della quantità di acqua e di sedimenti fornita dal bacino idrografico. Stati di squilibrio, al contrario, inducono processi accelerati di riaggiustamento morfologico, con pesanti ripercussioni economiche ed ecologiche. L'equilibrio morfologico può essere meglio classificato con i sotto-attributi *equilibrio verticale* ed *equilibrio laterale*. Merita precisare che questo attributo si limita a rilevare se –nella scala temporale di medio termine– l'alveo è in equilibrio; in altre parole, un alveo può oggi trovarsi ad una quota inferiore a quella naturale (avendo subito storicamente un processo di incisione), ma essersi ormai assestato su un nuovo stato di equilibrio. In questo caso sarà considerato vicino allo stato di riferimento per l'attributo “equilibrio geomorfologico”; l'incisione storica subita sarà valutata, invece, dall'indicatore *quota dell'alveo* (relativo all'attributo “profilo altimetrico”: si veda più avanti) che rileverà uno scostamento dal suo stato di riferimento;

14) *condizioni morfologiche (morfologia dell'alveo)* – condiziona in maniera determinante l'intera struttura del sistema fluviale. Considerati i diversi aspetti implicati, è necessario scomporla in alcuni sotto-attributi: *tipo morfologico*, classifica il tipo attuale di alveo (*rettilineo, sinuoso, meandriforme, a canali intrecciati, anastomizzato, wandering*); *ampiezza alveo attivo*, è l'ampiezza dell'alveo a rive piene (*bankfull*) attuale (associata alla portata formativa, o dominante), una caratteristica chiave di qualsiasi alveo naturale; *profilo altimetrico*, il letto di molti alvei ha subito un fenomeno di incisione (i casi opposti, di sovralluvionamento, sono vere rarità, seppure non impossibili); si tratta evidentemente di una importante alterazione; essa inoltre induce una serie di conseguenze, tra le quali un "effetto canalizzazione" –con riduzione della diversità ambientale– e un innalzamento relativo della sua piana che vede ridursi la frequenza delle inondazioni (fino addirittura a divenire un terrazzo, non più inondabile), con la perdita delle funzioni legate al rapporto con la piana; *sinuosità tracciato*, gli alvei alluvionali tipicamente sono sinuosi; la riduzione della sinuosità è una delle alterazioni più frequenti (la sinuosità condiziona la formazione di buche, raschi, barre, fornendo habitat differenziati agli organismi acquatici, può essere rilevata da un indicatore definito, per un tronco fluviale di sufficiente lunghezza, come il rapporto tra la lunghezza del *thalweg* e quella della valle; *struttura e substrato*, comprende sia la forma della sezione trasversale (naturaliforme o, al contrario, resa più o meno geometrica da interventi antropici), sia la presenza degli elementi caratteristici di diversità ambientale a livello di mesoscala (ad es.: successioni buche-raschi negli alvei alluvionali, o cascatelle-pozze nei tratti montani) e di microscala (eterogeneità granulometrica).

Per una descrizione degli attributi e degli indicatori utilizzati nel presente lavoro si veda il cap. 3.2.

2.1.3.2 Definizione dello stato di riferimento

Coerentemente con l'approccio della Direttiva Quadro, lo stato delle diverse componenti dell'ecosistema fluviale viene valutato in base allo scostamento rispetto allo stato di riferimento relativo allo specifico tratto di corso d'acqua, ovvero alla tipologia a cui il corso d'acqua appartiene.

Lo stato di riferimento può essere definito tramite le seguenti linee complementari:

- a) approccio statistico/sperimentale: rilevare lo stato di corsi d'acqua simili (della medesima tipologia) poco o per nulla alterati da attività antropiche, e adottarne il valor medio quale stato di riferimento (questo approccio essenzialmente statistico è stato

ampiamente adottato in particolare in Gran Bretagna, grazie a una base di dati estremamente ampia);

- b) approccio basato sulla conoscenza dei processi dell'ecosistema: “si sa” (letteratura, studi specifici, parere degli esperti di settore) che una data condizione/specie/popolazione si può trovare in una dato ambiente (ovvero in una data ecoregione e tipologia fluviale); in realtà questo approccio è frutto di un'estrapolazione, anche se meno formalizzata, su un set di dati simile a quello usato nel metodo precedente, ma più ampio;
- c) indagine storica: si ricostruiscono le condizioni precedenti alle alterazioni antropiche basandosi su documenti di archivio (es. naturalisti ottocenteschi, mappe topografiche antiche, ecc.) o inchieste presso residenti, esperti di settore, fruitori di lunga data (per esempio i pescatori più anziani).

L'applicazione di ognuno di questi metodi si scontra comunque con diversi problemi, molti dei quali ancora oggetto di dibattito da parte della comunità scientifica europea nell'ambito del processo di applicazione della Direttiva Quadro:

- è difficile trovare corsi d'acqua e/o siti “inalterati” per utilizzarne i dati sperimentali;
- in generale, mancano i dati che vorremmo per calcolare gli indicatori nei siti e nel tempo desiderati;
- come stabilire che un corso d'acqua è (sufficientemente) “simile” ad un altro (problema della classificazione tipologica)?
- è difficile stabilire “quando” si può etichettare lo stato dell'ecosistema come “inalterato” (prima della rivoluzione industriale? nel medioevo? prima dei massicci interventi sul territorio da parte dei romani?) ;
- supponendo di riuscirci: nelle tipiche situazioni riscontrabili in Italia qualsiasi indice di “salute” (=vicinanza allo stato di riferimento) sarebbe probabilmente molto “schiacciato” (valori molto bassi e molto poco sensibili alle nostre azioni gestionali), perché in generale oggi i corsi d'acqua sono molto lontani dallo stato inalterato e per un insieme di cause, alcune delle quali diverse da quelle esplicitamente tenute in conto nel problema di pianificazione/gestione.

Nel presente lavoro si è utilizzato principalmente il metodo (b) semplificato, ovvero basato esclusivamente sul giudizio -esposto in forma qualitativa- di esperti di settore, ma senza l'utilizzo di una procedura rigorosa e formalizzata .

Per una descrizione dello stato di riferimento relativo agli indicatori individuati si rimanda al Cap. 3.2.

2.1.4 Costruzione dell'indice relativo al valore dell'ecosistema fluviale

Questa fase consiste nel sintetizzare in un unico indice i diversi indicatori selezionati nell'applicazione in esame.

2.1.4.1 Discretizzazione il corso d'acqua in tronchi omogenei

Ogni singolo indicatore non viene generalmente calcolato/misurato per l'intera asta fluviale, ma per tronchi⁸, con una partizione che può anche essere diversa per ogni indicatore o gruppo di indicatori. Ai fini della classificazione la suddivisione dipende in pratica dalla struttura dell'indicatore stesso e/o dalla densità delle stazioni di misura (si pensi ad esempio al calcolo del LIM).

L'informazione originale necessaria per determinare il valore di alcuni indicatori relativi al corso principale del fiume può comunque essere di tipo fisico-morfologico distribuito (es. spazio in cui il fiume può divagare, ampiezza fascia vegetata, presenza di sbarramenti che interrompono la continuità longitudinale), ottenibile da foto aeree, mappe, con ausilio di un GIS, ecc. Tuttavia, una volta elaborata questa informazione, l'indicatore va definito per ogni tronco.

Per una descrizione della discretizzazione adottata nel presente lavoro si veda il cap. 3.2.

2.1.4.2 Definizione degli indici di valutazione: la Funzione Valore scalare

Lo stato del corso d'acqua è misurato dal sistema di indicatori scelti. Per esprimere un giudizio di bontà o meno di tale stato occorre confrontare il valore di ogni indicatore con il corrispondente valore assunto nello *stato di riferimento*. Occorre, in altre parole, misurare la vicinanza tra lo stato in esame (reale misurato, oppure simulato) e lo stato di riferimento e associarvi un esplicito giudizio di valore. Quest'ultimo è rappresentabile matematicamente, come spiegato in seguito, tramite una Funzione Valore (FV)⁹. Occorre in sostanza esprimere il

⁸ Nel caso in cui l'albero dei valori preveda indicatori di carattere territoriale distribuito nel bacino (superficie forestata, frazione di territorio con un determinato uso del suolo, ecc.) la suddivisione può essere effettuata per aree (poligoni) omogenee, invece che per tronchi.

⁹ Funzione di Valore (FV), ovvero una funzione matematica che permette di associare un giudizio di valore ad un determinato stato dell'ecosistema; in realtà la scelta della forma della FV dovrebbe essere stabilita mediante una consultazione guidata di un gruppo di esperti. Nell'applicazione in esame si ritiene che la scelta effettuata sia comunque in grado di rappresentare la situazione degli ecosistemi fluviali; nel caso di una classificazione di maggior dettaglio e dotata di maggior disponibilità di dati, si potrà procedere ad utilizzare FV più complesse e condivise con un numero maggiore di esperti. Per approfondimenti sul tema delle FV si veda: *“Decidere l'ambiente con l'approccio partecipato. Una visione globale e indicazioni operative con enfasi sulla*

concetto che quando lo stato attuale/stimato coincide con quello di riferimento, la "soddisfazione" per l'ecosistema è massima, mentre diminuisce spostandosene. La FV ha proprio l'obiettivo di rappresentare come varia la "soddisfazione" associata al variare del valore assunto dall'indicatore.

In quale passo della procedura va formalizzata l'informazione relativa alla "vicinanza" rispetto allo stato di riferimento? Esistono diverse possibilità, ognuna con relativi pro e contro; in particolare le seguenti:

- a) può essere formalizzata in un passo ad hoc, definendo per ogni indicatore (di solito corrispondente al valore di una data variabile di stato) un corrispondente "indice di vicinanza" (o scostamento) rispetto allo stato di riferimento¹⁰; la FV viene poi costruita in funzione di questo indice di scostamento;
- b) può essere integrata nella definizione stessa dell'indicatore, già espresso come "distanza" del valore di una data variabile di stato rispetto al valore assunto nello stato di riferimento;
- c) può essere integrata nella costruzione della Funzione Valore, in cui la soddisfazione massima si avrà per valori della variabile di stato corrispondenti a quelli assunti nello stato di riferimento.

Semplificando molto, l'opzione b) ha il vantaggio di consentire una maggior generalità (flessibilità) nella formulazione, permettendo di costruire una sola Funzione Valore, valida indipendentemente dal valore assunto nello stato di riferimento; l'opzione a), se da un lato è quella che più appesantisce la procedura, imponendo un passo intermedio (con relative formalizzazioni) è quella con maggior valore "didattico", consentendo di suddividere più chiaramente, in particolare nell'ambito di un processo partecipativo/negoziale, la fase di "descrizione/simulazione dello stato del sistema" da quella della "attribuzione di un giudizio di valore a un dato stato"; l'opzione c) mantiene il vantaggio di suddividere chiaramente le due fasi, seppur implicando la costruzione di una diversa FV in corrispondenza di ogni tratto in cui vari lo stato di riferimento, o, in alternativa, la costruzione di una FV di tipo parametrico.

problematica acqua e un'esemplificazione sul fiume Taro di A.Nardini, Mazzanti editore (collezione CIRF), Mestre, 2005

¹⁰ Numerose sono le forme adottabili. Ad esempio, denotando con $i(A_k)$ il valore del generico indicatore (corrispondente all'alternativa k), con i^R il valore assunto nello stato di riferimento e con $I(A_k)$ l'indice di vicinanza:

$$I(A_k) = i^R - i(A_k);$$

oppure (per $i^R \neq 0$):

$$I(A_k) = i(A_k) / i^R;$$

oppure (per $i^* \neq i^R$ e con $|x|$ = valore assoluto di x e i^* estremo superiore -o inferiore, a seconda dei casi- della scala):

$$I(A_k) = i(A_k) - i^R \quad / \quad |i^* - i^R|$$

In questa applicazione al torrente Agogna è stato adottato l'approccio (c).

NOTA: coerenza interna

Ogni valore numerico di un *indice di valutazione* corrisponde a una particolare situazione descritta dai valori degli indicatori considerati. A questa situazione è associato un particolare grado di soddisfazione. E' del tutto possibile che situazioni diverse abbiano lo stesso valore numerico associato. Questo però deve implicare che il gruppo di interesse impattato le giudichi indifferenti in termini di soddisfazione. Inoltre, se la situazione A è preferita alla situazione B, allora il valore numerico dell'*indice* deve essere maggiore per la situazione A che per la B. Un *indice* per il quale ciò si verifica per tutte le possibili situazioni è qui denominato "internamente coerente". Perché sia rispettata questa condizione, la struttura matematica di un *indice di valutazione* deve essere quella di una Funzione Valore¹¹ (si veda l'Appendice 1).

NOTA: struttura della FV

La struttura della FV non è fissabile a priori una volta per tutte, ma una forma sufficientemente flessibile è la "additivo-moltiplicativa" (che comprende la classica additiva). La pesatura e le soglie dipendono dal particolare problema considerato (fiume, scala spaziale, alternative). In ogni caso, l'*indice* è una relazione matematica statica che, dato il valore di alcune delle variabili del sistema, fornisce il valore numerico di una cifra di merito.

2.1.4.3 Discretizzazione in tratti omogenei per tutti gli indici di valutazione

Per poter aggregare indicatori (o sub-indici) definiti su partizioni diverse del corso d'acqua (tronchi) in un indice di ordine superiore, occorre individuare prima di tutto una partizione comune (intersezione degli insiemi di tronchi - Fig. 3), che possiamo definire, per distinguerli dai precedenti, "tratti", e, per ogni indicatore, assegnare il valore corrispondente ad ogni tratto (ovvero quel valore corrispondente al tronco di cui il tratto in questione fa parte).

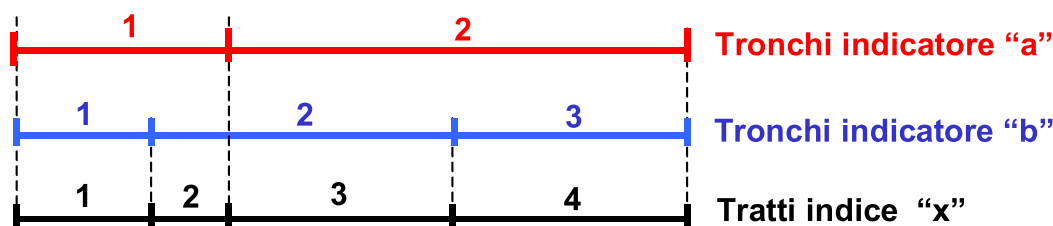


Fig. 3 – Individuazione dei "tratti" mediante intersezione dei "tronchi"

L'individuazione dei tratti è possibile solo quando siano definiti tutti i tronchi relativi ai singoli indicatori.

¹¹ Keeney and Raiffa [1976]; si veda anche Beinat [1997] per una rassegna bibliografica e interessanti contributi, e Beinat et al. [1994] per un buon esempio di applicazione.

2.1.4.4 Definizione del sistema di aggregazione degli indici di valutazione e classificazione

Una volta determinati i valori degli indicatori per ogni tronco ed attribuito il valore pertinente per ogni tratto, è possibile definire, per ogni tratto di corso d'acqua, un *indice di sintesi* relativo all'*ecosistema fluviale* nel suo complesso; per realizzare ciò occorre, per ogni tratto:

- aggregare gli indicatori associati ad un dato attributo foglia (es. *vegetazione fascia riparia* e *vegetazione di corridoio*) ottenendo un sub-indice settoriale (es. sub-indice *vegetazione terrestre*);
- aggregare i sub-indici settoriali risalendo i diversi livelli dell'albero, sino ad ottenere l'indice complessivo *indice Stato ecologico*

Può anche rendersi necessario, come fase intermedia, effettuare un'aggregazione micro-temporale, nel caso in cui alcuni indicatori siano definiti con un passo temporale più fitto rispetto all'indice (es.: minimo valore di concentrazione del parametro x nell'acqua per ogni mese, minima portata in alveo stagionale, ecc.) è necessario aggregarli (questa operazione può essere inclusa nella formalizzazione dell'indicatore stesso, già definito, ad esempio, come "media annuale dei minimi stagionali...ecc.").

Infine, può essere effettuata un'aggregazione spaziale¹²: l'indice ottenuto, settoriale o complessivo, relativo a un dato tratto, può essere aggregato sui vari tratti in cui il sistema fisico è stato suddiviso (ad esempio, per ottenere il valore del sub-indice *vegetazione terrestre* o di quello complessivo *Stato ecologico* sull'intero corso d'acqua): anche questa aggregazione deve rispettare il criterio di coerenza interna, ma può essere sensatamente una media pesata sulla dimensione spaziale (forma additiva con pesi proporzionali alla lunghezza dei tratti)

Dopo aver definito gli indici aggregati, si provvede a suddividerli in *classi* (da *pessimo* ad *elevato*), utilizzando una classificazione analoga a quella del SECA; le classi sono definite da una apposita tabella per ogni indice.

¹² L'aggregazione spaziale dei valori assunti dagli indicatori nei vari tronchi può essere fatta coincidere con la divisione in corpi idrici in corso di realizzazione da parte dei gruppi impegnati nelle attività di applicazione della Direttiva 2000/60.

2.2 IL CONTRIBUTO DELLA PARTECIPAZIONE

Al fine di integrare le conoscenze disponibili dall'analisi dei dati reperiti e di valorizzare il rilevante patrimonio culturale giacente in quei comparti della comunità rivierasca detentori di memoria storica sul fiume ovvero protagonisti di un rapporto vivo ed esperienziale con esso, il processo partecipativo su cui è costruito il progetto di Contratto di Fiume per l'Agogna è stato occasione per raccogliere ulteriori elementi conoscitivi mediante opportune campagne ricognitive. Un particolare valore aggiunto che deriva dall'esperienza di chi il fiume lo vive con continuità per vari motivi (svago, interesse, passione, lavoro,...) è legata alla possibilità di verificare la corrispondenza tra gli esiti delle valutazioni analitiche e la percezione della condizione reale del fiume. Gli esiti di tale lavoro verranno sintetizzati ed utilizzati nelle fasi successive del lavoro per la definizione del Piano d'Azione.

3. APPLICAZIONE AL CASO DEL TORRENTE AGOGNA

3.1 FONTI

E' qui opportuno sottolineare che lo scopo del presente lavoro è quello di **ottenere una classificazione preliminare del torrente Agogna, in grado di fornire una visione di sintesi del suo stato ambientale complessivo.**

La classificazione ottenuta è di tipo *preliminare*, nel senso che **la metodologia di analisi è stata definita sulla base dei soli dati esistenti a disposizione**, senza cioè poter utilizzare le informazioni occorrenti per l'uso dei "migliori" (per lo scopo in esame) indici possibili; in questo senso il presente lavoro deve essere considerato non tanto un punto di arrivo quanto l'inizio di un percorso, che dovrà portare negli anni a raccogliere le informazioni mancanti e a sintetizzarle in indici maggiormente dettagliati rispetto a quelli qui utilizzati, anche al fine di ottemperare a quanto richiesto dalla Comunità Europea (vedi cap. 2).

In questo senso si pongono in evidenza le seguenti considerazioni:

- le carenze conoscitive riscontrate vengono messe in evidenza nel paniere di azioni che verranno proposte nella seconda fase del lavoro, in relazione alle integrazioni necessarie per completare la conoscenza e la descrizione sintetica del valore natura del fiume Agogna;
- i risultati dell'analisi qui presentata dovranno considerarsi preliminari e perfettibili; risulta invece già ben consolidato l'impianto logico proposto.

Come detto, la metodologia di classificazione utilizzata nel presente lavoro parte da metodi, concetti e filosofia presentati nel Manuale "*La riqualificazione fluviale in Italia - Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio*" (CIRF, 2006) e li adatta alla base dati rilevata e raccolta per il torrente Agogna; indicatori ed indici qui definiti sono infatti "tarati" sulle informazioni disponibili, ma potranno in futuro essere migliorati grazie ad aggiornamenti della base informativa (si veda Cap. 5).

Le strutture e gli enti consultati per la classificazione ambientale sono riportate di seguito:

- Regione Piemonte
- Provincia di Novara
- Autorità di Bacino del fiume Po
- ARPA Piemonte (dip. di Novara e di Asti)
- Associazione Irrigua Est Sesia

Per le fonti consultate, si rimanda alla bibliografia (cap. 6).

Per la validazione degli indici e l'effettiva verifica della rispondenza alla condizioni reali del fiume, sono stati effettuati alcuni sopralluoghi mirati, prima e dopo il calcolo degli indici.

[illegible]

30

L'albero dei valori per l'ecosistema fluviale FLEA (*FLuvial Ecosystem Assessment*), coerente con quanto richiesto dalla Direttiva 2000/60/CE ai fini della classificazione, è stato utilizzato come utile base di partenza per la definizione dell'albero dei valori semplificato adottato nel presente lavoro, che utilizza i soli attributi evidenziati in Fig. 4 e che si presenta quindi come in Fig. 5.

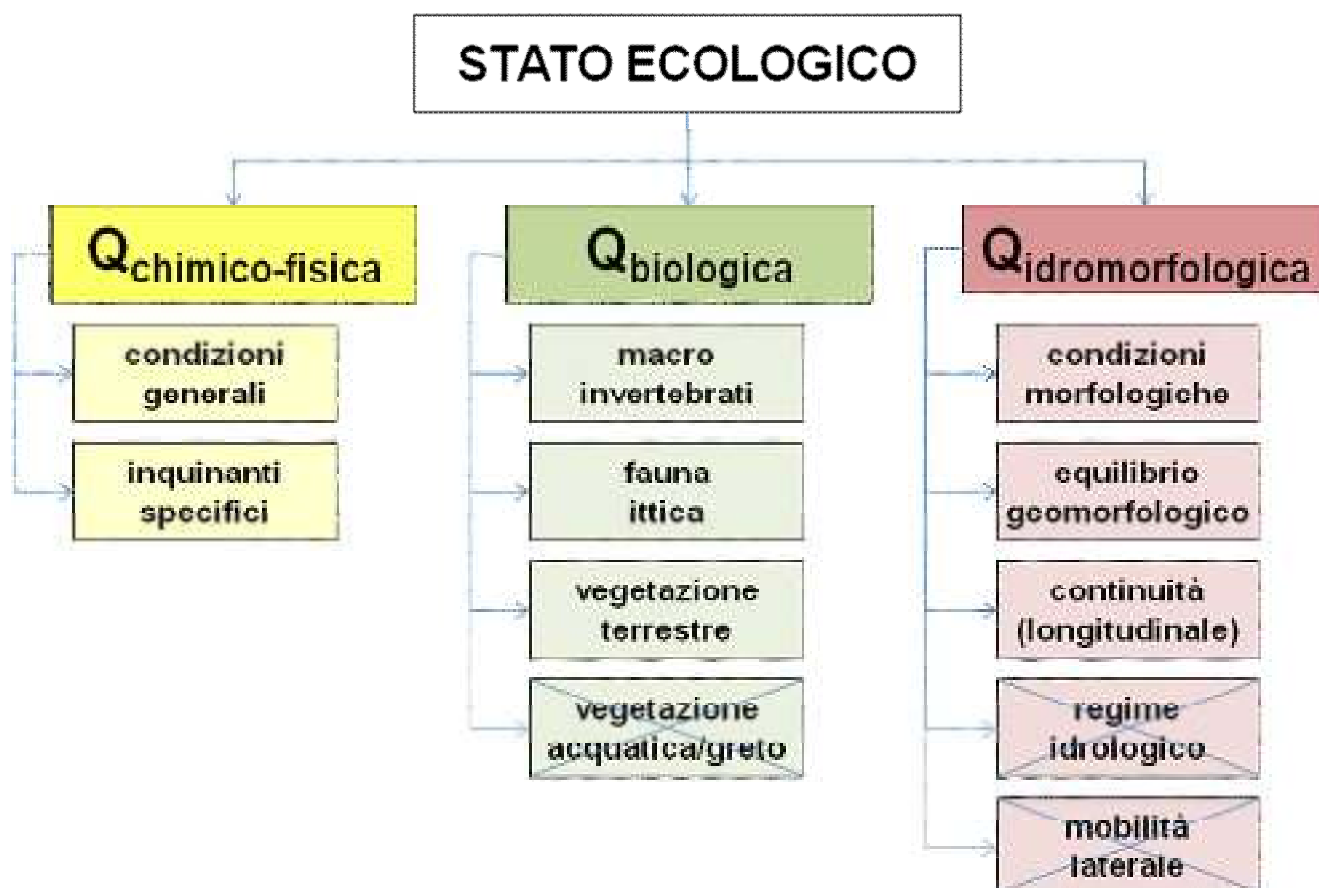


Fig. 5 albero dei valori per la classificazione del torrente Agogna

I paragrafi successivi specificano gli attributi di primo livello e di livello inferiore (e relativi indicatori) dei tre macroattributi di cui sopra (ognuno dei quali rappresentato dal relativo indice).

3.2.2 Definizione dei criteri di aggregazione degli indici di valutazione

Fatte salve alcune eccezioni (opportunamente segnalate nel proseguo del testo), l'aggregazione è sempre stata realizzata mediante una classica Funzione di Valore additiva, ovvero mediante una somma pesata tra indici, secondo la seguente formula generale¹³:

¹³ Questa struttura della Funzione di Valore è dotata della proprietà della *coerenza interna* (KEENEY e RAIFFA (1976)), secondo la quale, date due situazioni diverse a cui corrisponde lo stesso valore numerico dell'indice associato, deve accadere che esse siano indifferenti in termini di soddisfazione (dei portatori di interesse che

$$v(d_1, d_2, \dots, d_n) = \lambda_1 v_1(d_1) + \lambda_2 v_2(d_2) + \dots + \lambda_n v_n(d_n)$$

dove:

$v(d_1, d_2, \dots, d_n)$: indice aggregato, calcolato a partire dagli indici $v_i(d_i)$

λ_i : peso (tra 0 e 1) che traduce l'importanza relativa dell'indice i-esimo rispetto agli altri; se normalizzato, la somma dei pesi deve dare l'unità ($\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n = 1$)

$v_i(d_i)$: indice i-esimo, determinato a partire dall'indicatore d_i

d_i : valore dell'indicatore i-esimo

La *scelta dei pesi* per aggregare merita una nota particolare: nel presente lavoro si è provveduto a scegliere i pesi secondo l'esperienza e il confronto “informale” con esperti di settore, così da fornire un primo risultato preliminare nei tempi dati.

In realtà tale operazione è alquanto delicata e meriterebbe di essere realizzata mediante metodi formalizzati di consultazione degli esperti, ad esempio facendo uso di metodi e tecniche che contribuiscano a garantire coerenza e condivisione dei risultati ottenuti. Utile a tale scopo è ad esempio il metodo Delphi [Bertin, 1995; Bertin et al, 2003; Campostrini, 2003], in cui la reiterazione di un questionario contenente anche le risposte date dal resto del gruppo al precedente passaggio del questionario stesso, consente a ciascun esperto di confrontare il proprio giudizio con quello degli altri esperti, raccogliarne gli stimoli, maturare e rivedere le proprie valutazioni, conducendo alla fine ad una più ampia condivisione.

valutano la situazione). Inoltre, se la situazione A è preferita alla situazione B, allora il valore numerico dell'indice deve essere maggiore per la situazione A che per la B. Ciò si traduce a livello matematico nella seguente formulazione.

Indicando con una lettera maiuscola (A, B) una “situazione”, cioè un insieme di valori assunti dagli indicatori, allora:

- se la situazione A è preferita alla situazione B, deve essere $v(A) > v(B)$;
- se A è giudicato indifferente rispetto a B (cioè genera la medesima soddisfazione), allora $v(A) = v(B)$;
- infine, se A non è preferita a B, allora $v(B) \geq v(A)$.

Si noti inoltre che questa struttura implica l'esistenza di un tasso di sostituzione tra i diversi attributi. In altre parole, assume che è possibile compensare la perdita di *valore* associata al peggioramento di un indicatore con il miglioramento di un altro indicatore, entro certi limiti determinati dai pesi.

Per ogni approfondimento sul tema dell'aggregazione mediante Funzioni di valore, qui trattato in modo sintetico, si veda: “*Decidere l'ambiente con l'approccio partecipato. Una visione globale e indicazioni operative con enfasi sulla problematica acqua e un'esemplificazione sul fiume Taro*” di A.Nardini, Mazzanti editore (collezione CIRF), Mestre, 2005.

3.2.3 Qualità chimico-fisica (IQ_{CF})

3.2.3.1 Scelta dei sotto-attributi

La **qualità chimico fisica (IQ_{CF})** del corso d'acqua viene classificata dall'attributo di **condizioni generali (CONDGEN)**, coincidente con il LIM previsto dal D.Lgs 152/99 (per una descrizione del LIM si rimanda agli allegati del D.Lgs 152/99). Sono stati inoltre considerati gli **inquinanti specifici sintetici e non sintetici (INQSPEC)**, nonostante l'attuale quadro normativo sia in fase di evoluzione continua e che proprio mentre viene redatto questo studio stanno andando a definirsi le metodiche e le linee guida per le attività relative al monitoraggio di questi parametri.

3.2.3.2 Definizione di indici, indicatori e stato di riferimento

Condizioni generali

- indice valutazione → CONDGEN
- indicatore → CG
- stato di riferimento → CG*

- L'indicatore CG è di tipo ordinale e assegna ad ognuna delle classi del LIM un valore variabile tra 0 (caso peggiore, relativo ad uno stato qualitativo LIM "5", ovvero qualità "pessima") e 4 (caso migliore, relativo ad uno stato qualitativo LIM "1", ovvero qualità "ottima"). Sono stati utilizzati i valori di concentrazione dei singoli macrodescrittori rilevati nell'anno 2006.

LIM	classe LIM	valore attuale CG	stato di riferimento CG*
5	pessimo	0	4
4	scadente	1	
3	sufficiente	2	
2	buono	3	
1	ottimo	4	

- Lo stato di riferimento CG* corrisponde allo stato qualitativo "I", ovvero qualità dell'acqua "ottima". Si noti che secondo il D.Lgs 152/99, e i Piani di Tutela delle Acque che ne derivano, lo stato qualitativo da raggiungere entro il 2008 (per il SECA, che come noto considera la classe peggiore tra LIM e IBE) corrisponde a "Buono" (Livello II), ma nel presente lavoro si è scelto di non considerare questo come stato di riferimento perché di fatto già frutto di un compromesso implicito con le esigenze antropiche.

- Per il calcolo dell'indice di valutazione CONDGEN si valuta lo scostamento tra indicatore nello stato attuale e indicatore nello stato di riferimento:

$$CONDGEN = CG / CG^*$$

L'indice viene suddiviso in classi mediante la tabella seguente.

Classi CONDGEN	Nome Classe
0,00	pessimo
0,25	scadente
0,50	sufficiente
0,75	buono
1,00	ottimo

BOX 6 – Approfondimento sul LIM in chiave FLEA

L'attributo Condizioni generali della qualità dell'acqua viene misurato mediante l'utilizzo dell'indice LIM (Livello di Inquinamento), previsto dal D.Lgs. 152/99¹⁴, Allegato 1, tab. 7. In questo box si vuole “leggere” il LIM secondo la logica adottata in FLEA, al fine di fornire un esempio e di chiarire ulteriormente l'approccio adottato.

Gli attributi che compongono il LIM (macrodescrittori) sono gli stessi previsti dalla normativa (carica batterica, fosforo totale, azoto ammoniacale, azoto nitrico, ossigeno disciolto, BOD₅, COD). Gli indicatori necessari sono quindi i seguenti: percentuale di saturazione dell'Ossigeno Disciolto (s^{OD}), concentrazione di BOD₅ espressa in mg/l di O₂ (c^{BOD5}), concentrazione di COD espressa in mg/l di O₂ (c^{COD}), concentrazione di azoto ammoniacale espresso in mg/l di N (c^{N-NH4}), concentrazione di azoto nitrico espresso in mg/l di N (c^{N-NO3}), concentrazione di fosforo totale espresso in mg/l di P (c^P), concentrazione di *Escherichia Coli* espressa in Unità Formanti Colonia (UFC) per 100 ml di acqua (c^{EC}).

A partire da questi indicatori, gli attributi che descrivono il LIM sono quantificati mediante i seguenti sub- indici:

$$q_1 = 75^\circ \text{ percentile } (|100 - s^{OD}|)$$

$$q_2 = 75^\circ \text{ percentile } (c^{BOD5})$$

$$q_3 = 75^\circ \text{ percentile } (c^{COD})$$

$$q_4 = 75^\circ \text{ percentile } (c^{N-NH4})$$

$$q_5 = 75^\circ \text{ percentile } (c^{N-NO3})$$

$$q_6 = 75^\circ \text{ percentile } (c^P)$$

$$q_7 = 75^\circ \text{ percentile } (c^{EC})$$

dove con 75° percentile si intende quello calcolato su tutto il periodo di riferimento.

¹⁴ Si ricorda che il D.Lgs 152/99 (e successive modifiche) è stato abrogato con l'approvazione del D.Lgs.152/2006.

Lo stato di riferimento degli indicatori del LIM è quello corrispondente al livello di inquinamento “1”. Di conseguenza, lo stato di riferimento del LIM corrisponde ad un punteggio compreso tra 480 e 560.

Per la maggior parte degli altri indici relativi all’ecosistema Agogna, la procedura di calcolo prevede di applicare prima la Funzione Valore sugli indicatori foglia e poi di aggregare le diverse FV per ricavare l’indice in esame; nel caso dell’indice di qualità dell’acqua la procedura è invece differente, a causa dell’utilizzo di un indice già esistente, il LIM, che prevede l’aggregazione degli indicatori prima della loro trasformazione mediante una Funzione Valore. Quest’ultima viene quindi utilizzata in relazione all’indice aggregato q e non agli indicatori q_1 , q_2 , ecc.; tali indicatori possono comunque venire calcolati e normalizzati.

La Funzione Valore qui utilizzata traduce il giudizio di valore “a gradini”. La FV adottata è la seguente: $q = v(g)$

per $g < 60 \rightarrow v(g) = 0$;
 per $60 \leq g \leq 115 \rightarrow v(g) = 0.25$;
 per $120 \leq g \leq 235 \rightarrow v(g) = 0.5$;
 per $240 \leq g \leq 475 \rightarrow v(g) = 0.75$;
 per $480 \leq g \leq 650 \rightarrow v(g) = 1$.

Partendo da funzioni valore con la stessa forma, ma considerando intervalli di valori diversi, è possibile anche normalizzare i valori dei singoli sub-indici q_1 , q_2 , q_3 , q_4 , q_5 , q_6 , q_7 ottenendo i seguenti valori:

per $q_1 > 50 \rightarrow v(q_1) = 0$;
 per $30 < q_1 \leq 50 \rightarrow v(q_1) = 0.25$;
 per $20 < q_1 \leq 30 \rightarrow v(q_1) = 0.5$;
 per $10 < q_1 \leq 20 \rightarrow v(q_1) = 0.75$;
 per $q_1 \leq 10 \rightarrow v(q_1) = 1$.

per $q_2 > 15 \rightarrow v(q_2) = 0$;
 per $8 < q_2 \leq 15 \rightarrow v(q_2) = 0.25$;
 per $4 < q_2 \leq 8 \rightarrow v(q_2) = 0.5$;
 per $2,5 < q_2 \leq 4 \rightarrow v(q_2) = 0.75$;
 per $q_2 \leq 2,5 \rightarrow v(q_2) = 1$.

per $q_3 > 25 \rightarrow v(q_3) = 0$;
 per $15 < q_3 \leq 25 \rightarrow v(q_3) = 0.25$;
 per $10 < q_3 \leq 15 \rightarrow v(q_3) = 0.5$;
 per $5 < q_3 \leq 10 \rightarrow v(q_3) = 0.75$;
 per $q_3 \leq 5 \rightarrow v(q_3) = 1$.

per $q_4 > 1,5 \rightarrow v(q_4) = 0$;
 per $0,5 < q_4 \leq 1,5 \rightarrow v(q_4) = 0.25$;
 per $0,5 < q_4 \leq 0,03 \rightarrow v(q_4) = 0.50$;
 per $0,03 < q_4 \leq 0,1 \rightarrow v(q_4) = 0.75$;
 per $q_4 \leq 0,03 \rightarrow v(q_4) = 1$.

per $q_5 > 10 \rightarrow v(q_5) = 0$;
 per $5 < q_5 \leq 10 \rightarrow v(q_5) = 0.25$;
 per $1,5 < q_5 \leq 5 \rightarrow v(q_5) = 0.5$;
 per $0,3 < q_5 \leq 1,5 \rightarrow v(q_5) = 0.75$;
 per $q_5 \leq 0,3 \rightarrow v(q_5) = 1$.

per $q_6 > 0,6 \rightarrow v(q_6) = 0$;
 per $0,3 < q_6 \leq 0,6 \rightarrow v(q_6) = 0.25$;
 per $0,15 < q_6 \leq 0,3 \rightarrow v(q_6) = 0.5$;
 per $0,07 < q_6 \leq 0,15 \rightarrow v(q_6) = 0.75$;
 per $q_6 \leq 0,07 \rightarrow v(q_6) = 1$.

per $q_7 > 20.000 \rightarrow v(q_7) = 0$;
 per $5.000 < q_7 \leq 20.000 \rightarrow v(q_7) = 0.25$;
 per $1.000 < q_7 \leq 5.000 \rightarrow v(q_7) = 0.5$;
 per $100 < q_7 \leq 1.000 \rightarrow v(q_7) = 0.75$;
 per $q_7 \leq 100 \rightarrow v(q_7) = 1$.

Questa operazione è stata effettuata per il torrente Agogna e relativamente a tutte le annualità di dati disponibili (si veda appendice 2).

Si può osservare che il LIM è dotato delle seguenti caratteristiche:

- è una funzione multi-attributo di 7 elementi che classificano la qualità dell'acqua;
- l'aggregazione degli indicatori viene eseguita con un sistema a punteggio e non tramite l'utilizzo di una *Funzione Valore*, fatto che non garantisce la coerenza interna dell'indice aggregato;
- nonostante non sia dichiarato formalmente, il LIM è una misura dello scostamento da uno stato di riferimento non esplicitato: infatti, per ogni attributo ed anche per l'indice LIM complessivo, lo stato di riferimento è quello corrispondente ai valori che ricadono nel *livello di inquinamento "1"*.

Inquinanti specifici

- indice valutazione \rightarrow INQSPEC
- indicatore \rightarrow IS
- stato di riferimento \rightarrow IS*

- *Gli attributi che compongono il sub-indice presenza di sostanze pericolose sono gli stessi previsti dalla normativa (tab. 1/A dell'allegato 1 alla parte III del D.Lgs. 152/06) e sono rappresentati da tutte le sostanze contenute nelle tabelle presenti nel decreto stesso. Sono stati utilizzati i valori di concentrazione rilevati nell'anno 2006.*

Parametro	Tipologia
1,2-DICLOROETANO	Idrocarburo alifatico clorurato
ARSENICO DISCIOLTO	Inquinante Inorganico
BENZENE	Idrocarburo aromatico
CADMIO DISCIOLTO	Inquinante Inorganico
CARBONIO TETRACLORURO	Composti organici semivolatili
CLOROETENE (<i>cloruro di vinile</i>)	Idrocarburo alifatico clorurato
CLOROFORMIO (<i>triclorometano</i>)	Idrocarburo alifatico clorurato
CLORPYRIFOS (DURBAN)	Prodotti fitosanitari e biocidi - Organotiofosforici
CLORPYRIFOS METILE	Prodotti fitosanitari e biocidi - Organotiofosforici
CROMO TOTALE DISCIOLTO	Inquinante Inorganico
DDT (<i>DicloroDifenilTricloroetano</i>)	Prodotti fitosanitari e biocidi - Organo clorurati
DICLOROMETANO	Idrocarburo alifatico clorurato
ENDOSULFAN	Prodotti fitosanitari e biocidi - Organo clorurati
ERBICIDA ALACHLOR	Prodotti fitosanitari e biocidi - Altri fitosanitari e biocidi
ERBICIDA ATRAZINA	Prodotti fitosanitari e biocidi - Alotriazine
ERBICIDA SIMAZINA	Prodotti fitosanitari e biocidi - Alotriazine
ERBICIDA TRIFLURALIN	Prodotti fitosanitari e biocidi - Altri fitosanitari e biocidi
ESACLOROBENZENE	Prodotti fitosanitari e biocidi - Organo clorurati
ESACLOROBUTADIENE	Idrocarburo alifatico clorurato
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	Idrocarburi policiclici aromatici
LINDANO	Prodotti fitosanitari e biocidi - Organo clorurati
MERCURIO DISCIOLTO	Inquinante Inorganico
NICHEL DISCIOLTO	Inquinante Inorganico
PERCLOROETILENE	Idrocarburo alifatico clorurato
PIOMBO DISCIOLTO	Inquinante Inorganico
PRODOTTI FITOSANITARI E BIOCIDI TOTALI	Prodotti fitosanitari e biocidi
TETRACLOROETILENE (<i>percloroetilene</i>)	Idrocarburo alifatico clorurato
TRICLOROBENZENI (<i>num CAS 12002-48-1</i>)	Idrocarburo aromatico alogenato
TRICLOROETILENE	Idrocarburo alifatico clorurato

Fig. 6 – inquinanti specifici considerati per classificare il torrente Agogna (a colore corrisponde tipologia)

- Gli indicatori (IS_i , con “i” sostanza specifica) misurano ciascuno il valore di concentrazione (media annua delle misure mensili) della specifica sostanza.
- Per tutti gli indicatori la FV assume valore “1” (massimo) nel caso in cui la concentrazione riscontrata non superi il valore soglia, valore “0” (minimo) nel caso in cui il valore soglia sia superato.

- Lo stato di riferimento per ciascun attributo (IS_i^*) è “il non superamento per nessuna delle sostanze pericolose” dei limiti previsti dalla normativa di riferimento (valore “1”), a meno che il superamento non sia determinato da particolari condizioni naturali.
- In questo caso per il processo di aggregazione si procede seguendo la stessa logica proposta dalle normative citate: è sufficiente che una sola sostanza superi il valore soglia e l'indice presenza di sostanze pericolose assume valore minimo; se nessuna sostanza supera il valore soglia allora l'indice assume valore massimo. Detto in altri termini, l'indice presenza di sostanze pericolose assume un valore pari al prodotto dei valori dei singoli indici ($IS = IS_1 \times IS_2 \times \dots \times IS_i$ con i che varia fino a n , ed n = numero di specifiche sostanze).
- Per il calcolo dell'indice di valutazione INQSPEC si valuta lo scostamento tra indicatore nello stato attuale e indicatore nello stato di riferimento:

$$INQSPEC = IS / IS^*$$

e quindi, in accordo con la normativa, si attribuisce (tramite una FV) a INQSPEC il valore 0,2 qualora il rapporto sia nullo (almeno un inquinante fuori soglia) e il valore 1 qualora il rapporto sia unitario (tutti gli inquinanti entro soglia). L'indice viene suddiviso in classi mediante la tabella seguente.

Classi INQSPEC	Nome Classe
0,20	scadente
1,00	ottimo

3.2.3.3 Aggregazione dei sub-indici

In accordo con la normativa vigente, gli indici CONDGEN e INQSPEC vengono aggregati a formare IQ_{CF} secondo il seguente criterio: se CONDGEN è in classe “pessimo” allora, a prescindere dalla classe di INQSPEC, IQ_{CF} risulta in classe “pessimo” (con lo stesso valore di CONDGEN); se CONDGEN è “almeno” i classe “scadente” ($\geq 0,2$) allora, se INQSPEC è in classe “ottimo” IQ_{CF} risulta pari a CONDGEN, altrimenti IQ_{CF} risulta in classe “scadente” (0,2).

3.2.4 Qualità biologico – ambientale (IQ_{BA})

3.2.4.1 Scelta dei sotto-attributi

I dati disponibili per il torrente Agogna consentono la classificazione della qualità biologica mediante tre dei quattro attributi previsti da FLEA, ovvero quelli relativi a macroinvertebrati (IBE calcolato da ARPA Piemonte – dip. di Novara), fauna ittica (Indice Ittico calcolato dalla Regione Piemonte, in questo lavoro modificato) e vegetazione terrestre di ripa (su base dati ARPA Piemonte – dip. di Asti). Unico attributo non computabile attualmente, per mancanza di dati, è la vegetazione acquatica e di greto, che comprende macrofite acquatiche e fitobenthos, i cui indicatori specifici sono peraltro ancora in fase di studio e sperimentazione in Italia e in Europa.

Per una descrizione dell'IBE si rimanda agli allegati del D.Lgs 152/99. L'indice di classificazione dell'ittiofauna adottato nel presente lavoro utilizza i dati disponibili nelle schede di classificazione dell'Indice Ittico di cui in (Regione Piemonte, 2006). L'indice di classificazione della vegetazione terrestre di ripa utilizza i dati disponibili dalle schede di classificazione dell'Indice Ecosistemico elaborato da ARPA Piemonte. Questi ultimi due rappresentano quindi una variante rispetto agli indici ufficiali di origine, da cui attingono per la base dati.

3.2.4.2 Definizione di indici, indicatori e stato di riferimento

Macroinvertebrati

- indice valutazione → MACROINV
- indicatore → MI
- stato di riferimento → MI*

- L'indicatore (MI) è di tipo ordinale e assegna ad ognuna delle classi dell'IBE un valore variabile tra 0 (caso peggiore, relativo ad uno stato qualitativo IBE "V", ovvero qualità "pessima") e 4 (caso migliore, relativo ad uno stato qualitativo IBE "I", ovvero qualità "ottima"). Sono stati utilizzati i valori IBE relativi all'anno 2006.

IBE	classe IBE	valore attuale MI	stato di riferimento MI*
V	pessimo	0	4
IV	scadente	1	
III	sufficiente	2	
II	buono	3	
I	ottimo	4	

- Lo stato di riferimento (MI^*) corrisponde allo stato qualitativo “I” , ovvero qualità dell’acqua “ottima”. Si noti che secondo il D.Lgs 152/99, e i Piani di Tutela delle Acque che ne derivano, lo stato qualitativo da raggiungere entro il 2008 (per il SECA, che come noto considera la classe peggiore tra LIM e IBE) corrisponde a “Buono” (Livello II), ma nel presente lavoro si è scelto di non considerare questo come stato di riferimento perché di fatto già frutto di un compromesso implicito con le esigenze antropiche.
- Per il calcolo dell’indice di valutazione MACROINV si valuta lo scostamento tra indicatore nello stato attuale e indicatore nello stato di riferimento:

$$MACROINV = MI / MI^*$$

L’indice viene suddiviso in classi mediante la tabella seguente.

Classi MACROINV	Nome Classe
0,00	pessimo
0,25	scadente
0,50	sufficiente
0,75	buono
1,00	ottimo

Ittiofauna

- indice valutazione → ITTIO
(vedi albero dei valori in figura 7)

L’albero dei valori dell’indice fauna ittica è rappresentato in Fig. 7. Esso è il risultato dell’aggregazione di 2 sub-indici: composizione della comunità ittica e struttura della popolazione.

Il primo è dato a sua volta dall’aggregazione di 2 sub-indici che misurano rispettivamente la presenza di specie autoctone e la presenza di specie alloctone (a sua volta determinato dal rapporto tra specie alloctone rispetto al numero totale di specie presenti e dalla presenza/assenza di *Silurus glanis*).

Il sub-indice struttura della popolazione, riferito unicamente alla comunità di specie attese, si calcola invece attraverso: l’abbondanza¹⁵ di individui e le classi di età (di alcune specie guida rappresentative del tronco).

¹⁵ Vista la contemporanea presenza anche dell’indicatore “distribuzione delle classi di età” (e comunque considerati i dati disponibili) si è ritenuto possibile escludere, per necessità di semplificazione matematica, l’inserimento di un ulteriore sub-indice “Biomassa”.

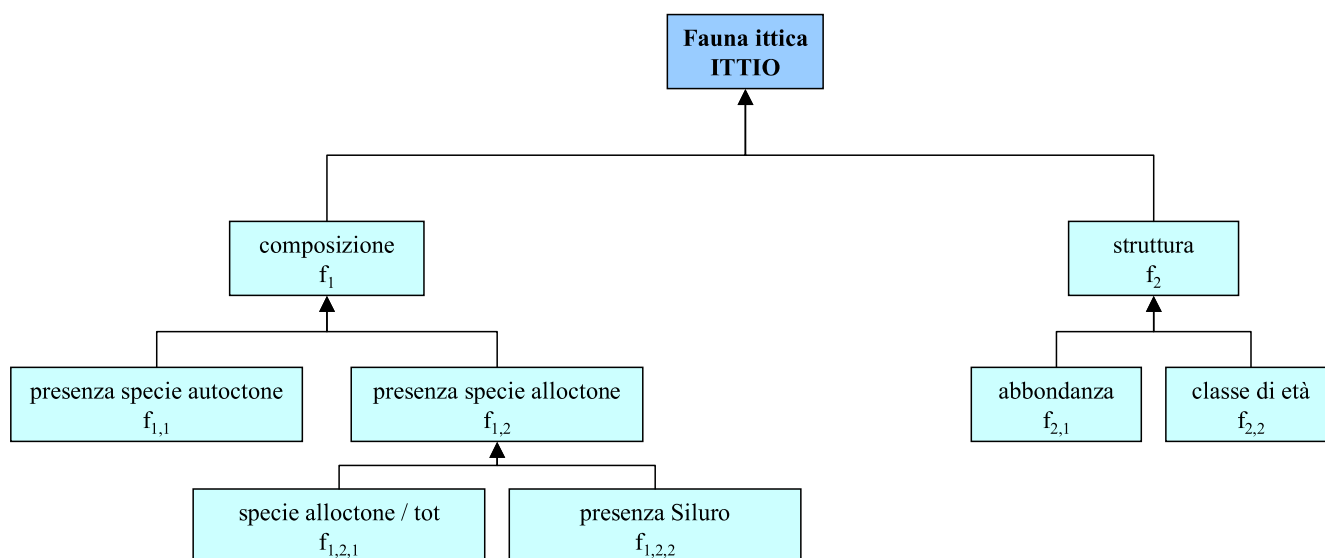


Fig. 7 – albero dei valori dell'indice ittiofauna

BOX 7 Indice di classificazione dell'ittiofauna adottato per l'Agogna

Tutti i dati utilizzati per popolare i seguenti indicatori e definirne lo stato di riferimento sono stati ricavati da (Regione Piemonte, 2006) e da (Forneris G. et al., 2006).

Composizione comunità (f_1)

Si assume che per descrivere lo stato della comunità ittica sia necessario considerare la sua composizione in specie, cioè verificare la presenza/assenza delle specie attese (cioè quelle dello stato di riferimento), per quella tipologia di corso d'acqua e in quel determinato tronco, e l'eventuale presenza di specie alloctone.

Presenza specie autoctone ($f_{1,1}$)

L'indicatore adottato misura, per ogni tronco e ogni anno in esame, il numero di specie attese¹⁶ effettivamente presenti (campionate o previste in fase di simulazione); in formule¹⁷:

$$f_{1,1} = N_a$$

¹⁶ La comunità attesa per ciascun tratto (stato di riferimento) viene definita dagli esperti sulla base di un giudizio che deve necessariamente tener conto della distribuzione delle specie in relazione al quadro zoogeografico nazionale di tutti i taxa presenti nelle acque interne italiane, dell'ecologia delle specie e infine della conoscenza specifica del sistema Agogna. Nel caso specifico sono stati utilizzati i dati dell'Indice Ittico della Regione Piemonte.

¹⁷ Si è trascurato nel seguito l'indicazione del tronco i-esimo; a priori tutti gli elementi delle equazioni, incluso lo stato di riferimento, sono tronco-dipendenti.

dove:

N_a = numero di specie attese presenti (ovvero non vengono computate le specie presenti ma non incluse nello stato di riferimento).

La FV è monotona lineare crescente: la soddisfazione è massima in presenza di tutte le specie attese ed è minima in assenza di specie attese.

In formule:

$$v_{1,1}(f_{1,1}) = f_{1,1} / f_{1,1}^R$$

dove $f_{1,1}^R$ è il valore dell'indicatore nello stato di riferimento.

Presenza specie alloctone ($f_{1,2}$)

L'indicatore descrive la presenza di specie alloctone (intese come originarie di aree zoogeografiche diverse rispetto a quella a cui appartiene l'Agogna, ad esclusione di quelle acclimatate); se la popolazione è molto sbilanciata a favore delle specie alloctone, infatti, si innescano processi di competizione con le popolazioni autoctone che influiscono negativamente sullo stato complessivo della comunità; la presenza del Siluro (*Silurus glanis*), visto l'alto impatto che da sola questa specie è in grado di esercitare sulle comunità indigene, viene considerata con un indicatore a parte.

Rapporto specie alloctone su specie totali ($f_{1,2,1}$)

L'indicatore adottato misura, per ogni tronco e ogni anno in esame, il rapporto tra il numero di specie alloctone presenti (campionate o previste) e il numero di specie totali presenti; in formule:

$$f_{1,2,1} = N_e / N_t$$

dove:

N_e = numero di specie alloctone presenti;

N_t = numero di specie totali (autoctone + alloctone) presenti.

La FV è monotona lineare decrescente: la soddisfazione è massima in assenza di specie alloctone, ed è minima in presenza di sole alloctone.

In formule:

$$v_{1,2,1}(f_{1,2,1}) = 1 - f_{1,2,1}$$

Presenza pesce siluro ($f_{1,2,2}$)

Questo indicatore registra la presenza/assenza del pesce siluro nel tratto in esame.

$f_{122} = 0$ se è presente il pesce siluro nel tratto in esame; 1 se non è presente

Questo indicatore, per come è stato definito, è già una FV.

Struttura popolazione (specie guida) (f_2)

Si assume che per descrivere compiutamente lo stato della comunità ittica, sia necessario considerare anche la struttura delle popolazioni che la compongono. Per ragioni computazionali è necessario ricorrere a una semplificazione calcolando i relativi indicatori solo su alcune specie guida. La condizione biologica delle specie guida diviene “proxy” della condizione dell’intera comunità ittica attesa. Le specie guida considerate per l’indicatore “abbondanza” sono indicate nel capitolo 3.3.

Abbondanza ($f_{2,1}$)

Questo indicatore è costruito come in (Regione Piemonte, 2006) e in (Forneris G. et al., 2006), a cui si rimanda per approfondimenti.

Classe di età ($f_{2,2}$)

Questo indicatore è costruito come in (Regione Piemonte, 2006) e in (Forneris G. et al., 2006), a cui si rimanda per approfondimenti.

Aggregazione degli indicatori

Data la struttura dell'albero dei valori, l'aggregazione di indicatori ed indici in indici di livello superiore è stata necessaria su 3 livelli dell'albero. Questo si è tradotto nella definizione di funzioni valore multi-dimensionali, tramite giudizio esperto.

Aggregazione dei 2 indicatori foglia del sub-indice presenza specie alloctone:

La presenza del pesce siluro in un tratto rende minima la soddisfazione associata alla presenza/assenza di specie alloctone, indipendentemente dal valore assunto dall'indicatore $f_{1,2,1}$; in assenza di siluro, al contrario, l'indice sulla presenza di specie alloctone è determinato solo dall'indicatore *Rapporto specie alloctone su totali*.

In formule:

$$f_{1,2} = v_{1,2,1}(f_{1,2,1}) * f_{1,2,2}$$

dove:

$v_{1,2,1}(f_{1,2,1})$ = funzione valore corrispondente all'indicatore *rapporto specie alloctone su totali*.

Aggregazione degli x indicatori foglia del sub-indice Abbondanza specie guida:

Gli x attributi sono stati considerati di uguale importanza in tutto il range di valori assumibili. È stata adottata una semplice forma aggregativa additiva:

$$f_{2,1} = \lambda_{2,1,1} * v_{2,1,1}(f_{2,1,1}) + \square \lambda_{2,1,2} * v_{2,1,2}(f_{2,1,2}) + \dots + \square \lambda_{2,1,x} * v_{2,1,x}(f_{2,1,x})$$

dove:

$$\lambda_{2,1,1} = \lambda_{2,1,2} = \lambda_{2,1,3} = \dots = \lambda_{2,1,x} = 1/x$$

Aggregazione dei 2 sub-indici presenza specie autoctone e presenza specie alloctone in composizione comunità:

Secondo gli esperti, finché un numero non elevato di specie autoctone sono presenti, i due sub-indici assumono uguale importanza, mentre, all'aumentare di $f_{1,1}$ (come limite è stato indicato il livello di soddisfazione associato a $f_{1,1}$ pari a 0.7), $f_{1,2}$ diventa sempre meno importante¹⁸.

Adottando una forma aggregativa additiva:

$$f_1 = \lambda_{1,1} * v_{1,1}(f_{1,1}) + \lambda_{1,2} * f_{1,2}$$

dove:

$v_{1,1}(f_{1,1})$ = funzione valore corrispondente all'indicatore *presenza specie autoctone*

e i pesi assumono i valori illustrati in figura:

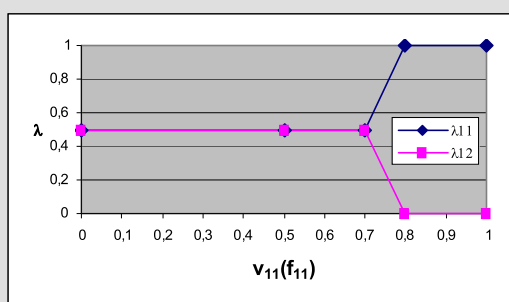


Fig. 8 – pesi per l'aggregazione dei subindici di *presenza specie autoctone* e *alloctone*

¹⁸ In pratica, se il tratto di fiume in esame è in grado di sostenere una popolazione prossima (in termini di specie) a quella naturale, questo significa che il "disturbo" dovuto alla presenza di specie alloctone è limitato. Gli esperti hanno tuttavia sottolineato che in queste condizioni la soddisfazione è sempre più legata a quali specie sono presenti, più che a quante, aspetto però non rappresentabile dagli indicatori scelti, che, pena l'impossibilità di modellizzare il sistema, si limitano a contare il numero di specie presenti (l'introduzione dell'indicatore $f_{1,2,2}$ "presenza Siluro" ha tuttavia ridotto questa limitazione).

per $v_{1,1}(f_{1,1}) < 0.7 \rightarrow \lambda_{1,1} = \lambda_{1,2} = 0.5$
 per $0.7 \leq v_{1,1}(f_{1,1}) \leq 0.8 \rightarrow \lambda_{1,1} = 0.5 + 5 \cdot (v_{1,1}(f_{1,1}) - 0.7)$; $\lambda_{1,2} = 1 - \lambda_{1,1}$
 per $v_{1,1}(f_{1,1}) > 0.8 \rightarrow \lambda_{1,1} = 1$ e $\lambda_{1,2} = 0$.

Aggregazione dei due sub-indici abbondanza e classe di età nel sub-indice struttura:

È stata adottata una semplice forma aggregativa additiva:

$$f_2 = \lambda_{2,1} \cdot v_{2,1}(f_{2,1}) + \lambda_{2,2} \cdot v_{2,2}(f_{2,2})$$

dove:

$$\lambda_{2,1} = 0.5 \quad \lambda_{2,2} = 0.5$$

Aggregazione dei 2 sub-indici composizione comunità e struttura popolazione in fauna ittica:

Secondo gli esperti, tra f_1 (composizione della comunità) e f_2 (struttura della popolazione, rappresentata da quella della specie guida) è più importante f_2 , sebbene la sua importanza relativa decresca al migliorare di f_2 ; in corrispondenza della massima soddisfazione associata ad f_2 , i due sub-indici assumono uguale importanza; in corrispondenza della minima soddisfazione associata ad f_2 la soddisfazione complessiva è data al 70% da f_2 e al 30% da f_1 (si veda figura sotto).

In formule:

$$F = \lambda_1 \cdot F_1 + \lambda_2 \cdot F_2$$

dove:

$$\lambda_2 = 1 - (0.3 + 0.2 \cdot F_2); \quad \lambda_1 = 1 - \lambda_2$$

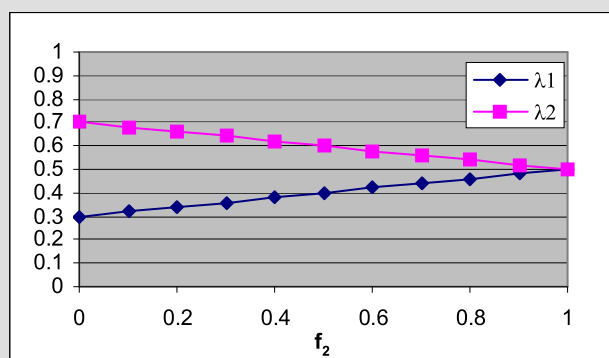


Fig. 9 – pesi per l'aggregazione dei 2 sub-indici composizione comunità e struttura popolazione

- Nel box precedente sono stati descritti i vari sub-indici del'indice ittiofauna, con i relativi indicatori e le formule di aggregazione. L'indice ittico viene suddiviso in classi mediante la tabella seguente.

Classi ITTIO	Nome Classe
0,00 – 0,20	pessimo
0,20 – 0,40	scadente
0,40 – 0,60	sufficiente
0,60 – 0,80	buono
0,80 - 1,00	ottimo

Vegetazione terrestre (di ripa)

- indice valutazione → VEGTER
- indicatore → VT
- stato di riferimento → VT*

- L'indice è una misura del grado di copertura vegetazionale, intesa come porzione di area riparia coperta da vegetazione con la tipologia fisionomico-strutturale di riferimento, della fascia riparia del torrente Agogna. Al momento, con i dati disponibili, non è possibile affiancare a questo dato un'informazione circa la naturalità della biomassa vegetale. Si considera quindi questa informazione come un contributo parziale alla valutazione preliminare della salute dell'Agogna, mentre ulteriori indagini ed elaborazioni dovranno essere svolte in futuro.

I dati utilizzati per il computo di questo indice sono stati forniti dal Dipartimento di Asti di ARPA Piemonte dalla banca dati relativa alla Relazione Tecnica "TASK C201 Classificazione ecosistemica", emessa il 31 dicembre 2003 e redatta come attività di supporto per la predisposizione del PTA. Si tratta di informazioni relative alla copertura vegetazionale del suolo in un buffer di 30 metri dalla sponda fluviale dell'Agogna dal confine regionale fino alla quota di 500 m. s.l.m. . Le tipologie di copertura considerate sono: arbusteti e cespuglieti, bosco denso, bosco rado, formazione erbacee, siepi e fasce arborate, superfici forestali, zone umide (sono state escluse le aree nude in quanto secondo la classificazione FLEA rientrano nell'attributo vegetazione di greto qui non calcolato).

- L'indicatore (VT) misura la frazione di superficie del tronco in esame coperto da vegetazione¹⁹ (esclusa quella antropica). In formule:

$$VT = S_v/S$$

con

¹⁹ Nella pratica corrisponde alla somma delle superfici di uso del suolo considerate per il calcolo della naturalità

S_v = superficie coperta da vegetazione

S = superficie totale della fascia riparia

- Lo stato di riferimento (VT^*) corrisponde alla copertura massima dell'area considerata.
- Per il calcolo dell'indice di valutazione VEGTER si valuta lo scostamento tra indicatore nello stato attuale e indicatore nello stato di riferimento:

$$VEGTER = VT / VT^*$$

La FV è monotona lineare crescente: la soddisfazione è massima quando la copertura è pari al 100% della superficie del tronco considerato.

- L'indice viene suddiviso in classi mediante la tabella seguente.

Classi VEGTER	Nome Classe
0,00 – 0,20	pessimo
0,20 – 0,40	scadente
0,40 – 0,60	sufficiente
0,60 – 0,80	buono
0,80 - 1,00	ottimo

3.2.4.3 Aggregazione dei sub-indici

Si ottiene l'indice relativo alla qualità biologico ambientale (IQ_{BA}) mediante aggregazione dei 3 sub-indici definiti nei paragrafi precedente.

$$IQ_{BA} = (MACROINV * p_1) + (ITTIO * p_2) + (VEGTER * p_3)$$

con

PESI	valore pesi
p_1	0,35
p_2	0,34
p_3	0,31

L'indice IQ_{BA} si ricava mediante un ulteriore passaggio rappresentato nella tabella seguente.

IQ_{BA}	classe di IQ_{BA}	Nome Classe
$\leq 0,20$	0,00	pessimo
0,21 – 0,40	0,25	scadente
0,41 – 0,60	0,50	sufficiente
0,61 – 0,80	0,75	buono
$\geq 0,81$	1,00	ottimo

3.2.5 Qualità (idro)morfologica (IQ_{IM})

3.2.5.1 Scelta dei sotto-attributi

Come indicato nell'albero dei valori di FLEA un indice sintetico sullo stato geomorfologico dovrebbe misurare attraverso i suoi indicatori molti aspetti tra cui: la continuità fluviale (verticale, longitudinale, laterale), la mobilità laterale (spazio disponibile), l'equilibrio geomorfologico, e le condizioni morfologiche (tipo morfologico, ampiezza alveo attivo, profilo altimetrico, sinuosità del tracciato, struttura e substrato).

La valutazione dello stato geomorfologico secondo i criteri ora indicati implica la necessità di:

- effettuare indagini sul campo, e/o
- svolgere indagini storiche e/o
- sviluppare elaborazioni in ambiente GIS

Nel lavoro in esame, che come più volte ricordato è di tipo preliminare, nessuna delle tre attività era prevista, per cui anche in questo caso si sono utilizzate al meglio, sistematizzandole, le informazioni disponibili. In assenza di uno studio specifico esaustivo sugli aspetti geomorfologici del torrente Agogna, sono stati classificati alcuni attributi ricorrendo a giudizio di esperto: ciò è stato fatto per le condizioni morfologiche e l'equilibrio geomorfologico, mentre la continuità longitudinale è stata classificata attraverso il censimento delle interruzioni trasversali presenti lungo l'asta oggetto di studio. Relativamente al regime ideologico non è stato possibile svolgere una classificazione in quanto i dati a disposizione non consentono l'implementazione dell'indice come previsto dalla metodica FLEA (vedi box 8).

BOX 8 principi per la definizione dell'indice di classificazione del regime idrologico

Scopo del sub-indice *regime idrologico* è quello di descrivere quanto il regime delle portate in alveo si discosti dal regime naturale, senza prendere in considerazione gli effetti sulle componenti faunistiche, vegetazionali, ecc. dell'ecosistema (già considerati da altri criteri dell'albero, in relazione ai quali il regime delle portate in alveo è uno dei fattori causali), ma solo in quanto caratteristica peculiare di un dato corso d'acqua.

Si tratta in pratica di descrivere la "forma" dell'andamento delle portate, valutando quanto si discosti da quella dello stato di riferimento. In relazione allo stato di riferimento, l'elevata variabilità del regime idrico (ovvero la stocasticità non trascurabile della variabile portata in alveo) obbliga a classificarlo tramite le sue caratteristiche statistiche di lungo periodo. L'attuale formulazione della metodica FLEA prevede che gli indicatori siano scelti con l'obiettivo di descrivere gli aspetti più peculiari del regime di portate secondo l'approccio di Poff et al., 1997 (approccio ripreso in diversi lavori successivi, tra cui Armstrong e Parker, 2003).

Per esempio, si devono prendere in considerazione indicatori appartenenti alle tipologie seguenti:

- indicatori della magnitudine del regime medio di portate (medie mensili della portata giornaliera);
- indicatori della magnitudine degli eventi estremi (minimo e massimo annuale della portata giornaliera, portata minima su un periodo definito -in questo caso 30 giorni);
- indicatori del periodo dell'anno in cui si verificano gli eventi estremi (periodo di magra, periodo di piena);
- indicatori di frequenza degli eventi estremi;
- indicatori del tasso di variabilità della portata.

3.2.5.2 Definizione di indici, indicatori e stato di riferimento

Continuità fluviale

- indice valutazione → CONTFLU
- indicatore → CF
- stato di riferimento → CF*

- *In un ecosistema fluviale integro non vengono frapposti ostacoli allo svolgimento dei processi biologici, morfologici, chimici e funzionali che si svolgono lungo caratteristici gradienti nelle tre direzioni spaziali, longitudinale, laterale, verticale (tali processi, inoltre, non sono ostacolati nemmeno lungo una quarta dimensione, quella temporale, consentendo a breve e lungo termine la libera evoluzione dell'alveo, guidata in primo luogo dalle variabili idrologiche). Il sub-indice continuità fluviale ha lo scopo di descrivere in che misura gli interventi antropici limitino questa continuità. In particolare, la continuità longitudinale, impedita dalla presenza di barriere antropiche (briglie, traverse, dighe), consente sia il trasporto solido verso valle (che influenza il ripascimento dei litorali e la stessa evoluzione morfologica dell'alveo, quindi la disponibilità di habitat) che i movimenti degli organismi acquatici, sia verso valle che verso monte. Là dove queste funzioni vengono compromesse, l'opera trasversale si ritiene significativa ai fini dell'interruzione della continuità longitudinale.*
- *L'indicatore (CF) è di tipo ordinale e corrisponde alla lunghezza del tronco fluviale longitudinalmente connesso (ovvero esente da sbarramenti trasversali significativi al suo interno) di appartenenza; ovvero alla lunghezza del tronco relativo all'indicatore stesso, in quanto gli estremi dei tronchi di calcolo sono stati a loro volta scelti coincidenti con gli sbarramenti trasversali significativi. Ovvero, per il tronco k-esimo: $c_{1,k}=l_k$ con l_k = lunghezza del tronco k.*
- *Per definizione, nello stato di riferimento non vi sono opere trasversali interferenti, il valore dell'indicatore quindi, in assenza di discontinuità naturali, corrisponde all'intera lunghezza del torrente Agogna dalla sorgente alla confluenza con il Po, assunto pari a 136,5 km.*

- La FV, rappresentata di seguito, traduce la considerazione che quando la lunghezza d'alveo longitudinalmente connesso è inferiore a circa 6 km la soddisfazione associata diminuisce rapidamente al decrescere del valore dell'indicatore; viceversa per valori superiori, a cui viene attribuito un giudizio di valore "elevato" quando superano i 40 km.

$$\begin{aligned} v_l(c_l) &= c_l * (0.4/3) && \text{per } 0 < c_l < 3; \\ v_l(c_l) &= 0.40 + (c_l - 3) * (0.1/3) && \text{per } 3 \leq c_l < 6; \\ v_l(c_l) &= 0.50 + (c_l - 6) * (0.3/44) && \text{per } 6 \leq c_l < 50; \\ v_l(c_l) &= 0.80 + (c_l - 44) * (0.2/136,5) && \text{per } c_l \geq 50. \end{aligned}$$

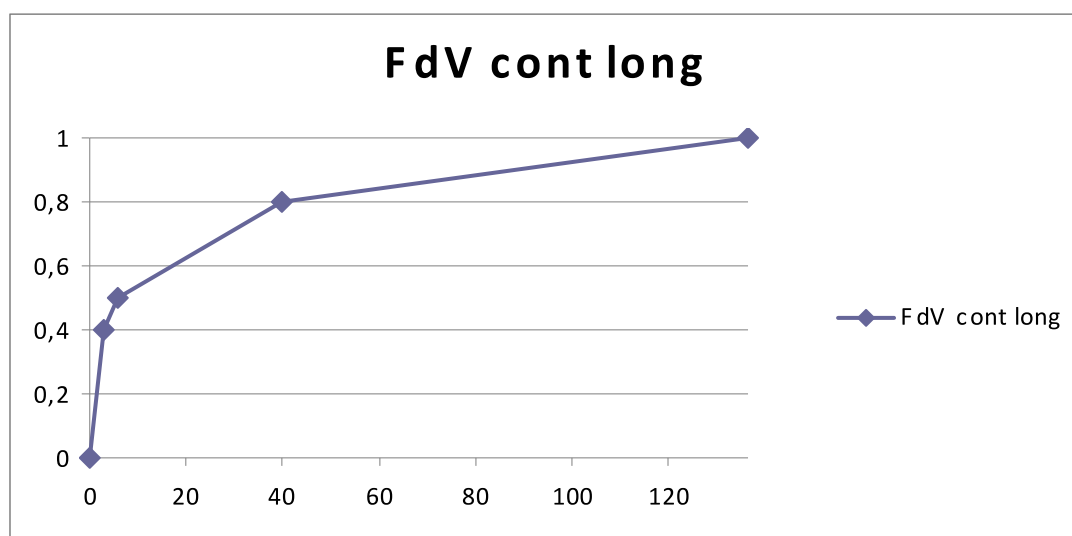


Fig. 10 - FdV per l'indicatore di continuità fluviale longitudinale

- L'indicatore (CF) assegna ad ognuna delle classi del proxy un valore variabile tra 0 (caso peggiore, relativo ad uno stato qualitativo del proxy "<0,2", ovvero classe "pessima") e 4 (caso migliore, relativo ad uno stato qualitativo del proxy ">0,8", ovvero classe "ottima").

peggiore tra CF _{long} e CF _{lat}	classe del proxy	valore attuale CF	stato di riferimento CF*
< 0,2	pessimo	0	4
0,2 – 0,4	scadente	1	
0,4 – 0,6	sufficiente	2	
0,6 – 0,8	buono	3	
> 0,8	ottimo	4	

- Lo stato di riferimento (CF*) corrisponde allo stato qualitativo ">0,8", ovvero classe "ottima".
- Per il calcolo dell'indice di valutazione CONTFLU si valuta lo scostamento tra indicatore nello stato attuale e indicatore nello stato di riferimento:

$$CONTFLU = CF / CF^*$$

L'indice viene suddiviso in classi mediante la tabella seguente.

Classi CONTFLU	Nome Classe
0,00 – 0,20	pessimo
0,20 – 0,40	scadente
0,40 – 0,60	sufficiente
0,60 – 0,80	buono
0,80 - 1,00	ottimo

Equilibrio geomorfologico

- indice valutazione → EQGEOM
- indicatore → EG
- stato di riferimento → EG*

- In assenza di uno studio geomorfologico di dettaglio sul torrente Agogna, l'indicatore (EG) è stato popolato secondo giudizio di esperto, il quale ha fornito sia la suddivisione in tratti che un giudizio secondo la seguente tabella.

descrizione	score
stabile moribondo	0,00
instabile in peggioramento	0,15
liev. instabile in peggioramento	0,30
liev. instabile in miglioramento	0,50
instabile in miglioramento	0,70
in equilibrio dinamico	1,00

- Nella tabella è implicita la relativa FdV.
- Lo stato di riferimento coincide con l'equilibrio dinamico, e quindi assume il valore "1". Naturalmente per i tratti a fondo fisso l'indicatore assume di default il valore massimo, mentre il giudizio rientra nei casi possibili inseriti in tabella nel caso di fondo mobile.
- Per il calcolo dell'indice di valutazione EQGEOM si valuta lo scostamento tra indicatore nello stato attuale e indicatore nello stato di riferimento:

$$EQGEOM = EG / EG^*$$

L'indice viene suddiviso in classi mediante la tabella seguente.

Classi EQGEOM	Nome Classe
0,00 – 0,20	pessimo
0,20 – 0,40	scadente
0,40 – 0,60	sufficiente
0,60 – 0,80	buono
0,80 - 1,00	ottimo

Condizioni morfologiche

- indice valutazione → CONDMOR
- indicatore → CM
- stato di riferimento → CM*

- In assenza di uno studio geomorfologico di dettaglio sul torrente Agogna, l'indicatore (CM) è stato popolato secondo giudizio di esperto, il quale ha fornito sia la suddivisione in tratti che un giudizio in relazione ai sub-attributi di fig. 11 e secondo le seguenti tabelle.

legenda PROFILO (inciso o aggradato)		
descrizione	score	metri
estremamente alterato	0,00	$ x \geq 3$
molto alterato	0,30	$2 \leq x \leq 3$
alterato	0,50	$1 \leq x \leq 2$
lievemente alterato	0,70	$0 \leq x \leq 1$
non alterato o trascurabile	1,00	$ x \approx 0$

legenda STRUTTURA - FORME/SEZIONE	
descrizione	score
estremamente alterato	0,00
molto alterato	0,30
alterato	0,50
lievemente alterato	0,70
non alterato o trascurabile	1,00

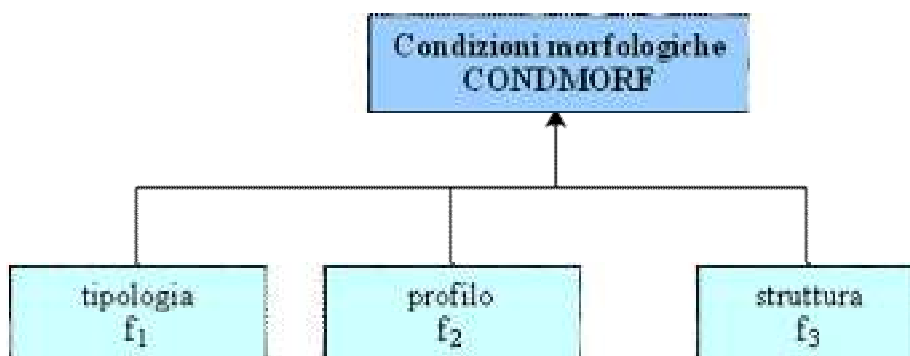


Fig. 11 – albero dei valori dell'indice condizioni morfologiche

- Per quanto riguarda l'attributo di tipologia, il giudizio è stato massimo in caso di coincidenza (punteggio "1", classe "ottimo") e minimo in caso di non coincidenza con lo stato di riferimento (punteggio "0", classe "pessimo").
- I relativi stati di riferimento sono classificati da condizioni di non alterazione (o alterazione trascurabile).
- Per il calcolo dei sub-indici di valutazione (tipologia, profilo, struttura) e dell'indice COND MORF si valuta lo scostamento tra indicatore nello stato attuale e indicatore nello stato di riferimento:

$$X = x / x^*$$

- In particolare l'aggregazione dei tre sub-indici a formare COND MORF è definita mediante l'equazione:

$$COND MORF = (tipologia * p1) + (profilo * p2) + (struttura * p3)$$

con

PESI	valore pesi
p ₁	0,33
p ₂	0,33
p ₃	0,34

3.2.5.3 Aggregazione dei sub-indici

Si ottiene l'indice relativo alla qualità biologico ambientale (IQ_{IM}) mediante aggregazione dei 3 sub-indici definiti nei paragrafi precedente.

$$IQ_{IM} = (CONTFLU * p1) + (EQGEOM * p2) + (COND MORF * p3)$$

con

PESI	valore pesi
p_1	0,33
p_2	0,33
p_3	0,34

L'indice IQ_{IM} si ricava mediante un ulteriore passaggio rappresentato nella tabella seguente.

IQ_{IM}	classe di IQ_{IM}	Nome Classe
$\leq 0,20$	0,00	pessimo
0,21 – 0,40	0,25	scadente
0,41 – 0,60	0,50	sufficiente
0,61 – 0,80	0,75	buono
$\geq 0,81$	1,00	ottimo

3.3 DEFINIZIONE TRATTI OMOGENEI

Per quanto riguarda il CONDGEN, INQSPEC e MACROINV, è stato adottato lo stesso criterio. La suddivisione in tronchi ha infatti tenuto conto di:

- ogni immissione significativa (scarichi di depuratori²⁰, scarichi industriali²¹, immissione di corsi d'acqua naturali²² e di canali artificiali significativi in termini di apporto di carichi e/o di portata) in quanto esse possono far variare gli indicatori per immissione diretta di sostanze inquinanti, o per effetto della diluizione;
- in corrispondenza di ogni derivazione significativa²³, in quanto la riduzione di portata può indurre la variazione di alcuni parametri (si pensi ad esempio all'OD);
- in presenza di disomogeneità rispetto al valore attuale dell'indicatore;

Sono stati definiti 5 tratti su cui è stato reso omogeneo il valore dell'indicatore come rilevato nella pertinente stazione di monitoraggio ARPA²⁴. Ulteriori analisi si renderanno necessarie (mediante ricorso a modellistica ambientale specifica) per comprendere più nel dettaglio l'andamento di questi parametri.

²⁰ Nell'applicazione specifica si sono considerati: lo scarico del depuratore di Briga Novarese, di Borgomanero e di Novara.

²¹ Nell'applicazione specifica si sono considerati: la Grua e il Tancongino, entrambi presso Borgomanero.

²² Nell'applicazione specifica la Roggia Mora.

²³ Nell'applicazione specifica la Roggia Mora.

²⁴ Per quanto riguarda l'IBE risultano significative per la definizione dei tratti omogenei anche le variazioni in termini di diversità morfologica d'alveo, che dovranno essere considerate in classificazioni ambientali successive più approfondite;

Analogo discorso è stato fatto per l'ittiofauna, per cui, in aggiunta, è stata considerata anche la presenza di opere trasversali (briglie e traverse) significative e non munite di passaggi per pesci funzionanti. Sono stati definiti 5 tratti, per i quali si riportano le relative specie guida utilizzate per la classificazione (secondo quanto indicato da Forneris et al., 2006).

Tratto 1	Tratti 2 - 5
Cavedano	Cavedano
Barbo	Alborella
Barbo canino	Scardola
Lasca	-
Vairone	-

Per quanto riguarda la vegetazione, partendo dai reach definiti dall'ARPA Piemonte, sono state individuate 3 zone corrispondenti alle seguenti tipologie: tratto montano (dalla sorgente a Borgomanero), tratto di alta pianura (da Borgomanero a Novara), tratto di bassa pianura (da Novara al confine regionale). La suddivisione è stata effettuata tenendo conto delle disomogeneità più evidenti percepibili dall'analisi delle mappe tematiche (carte uso suolo e forestali) considerate. Sono risultate 7 zone omogenee, poi aggregate spazialmente in tre per affinità di stato.

Per la continuità longitudinale, sono stati mantenuti i tratti compresi tra due opere trasversali consecutive.

Equilibrio geomorfologico e condizioni morfologiche sono state attribuite a tratti omogenei secondo la suddivisione fornita da esperto.

3.4 MAPPE DI CLASSIFICAZIONE

Sono stati prodotti dei layer tematici su base GIS per i tre attributi principali di FLEA nonché per l'indice sintetico di stato ecologico. Gli esiti delle elaborazioni sono presentati nel capitolo 4. In appendice 3 sono resi disponibili gli esiti di dettaglio.

4. RISULTATI OTTENUTI

4.1 QUALITA' CHIMICO-FISICA DEL TORRENTE AGOGNA

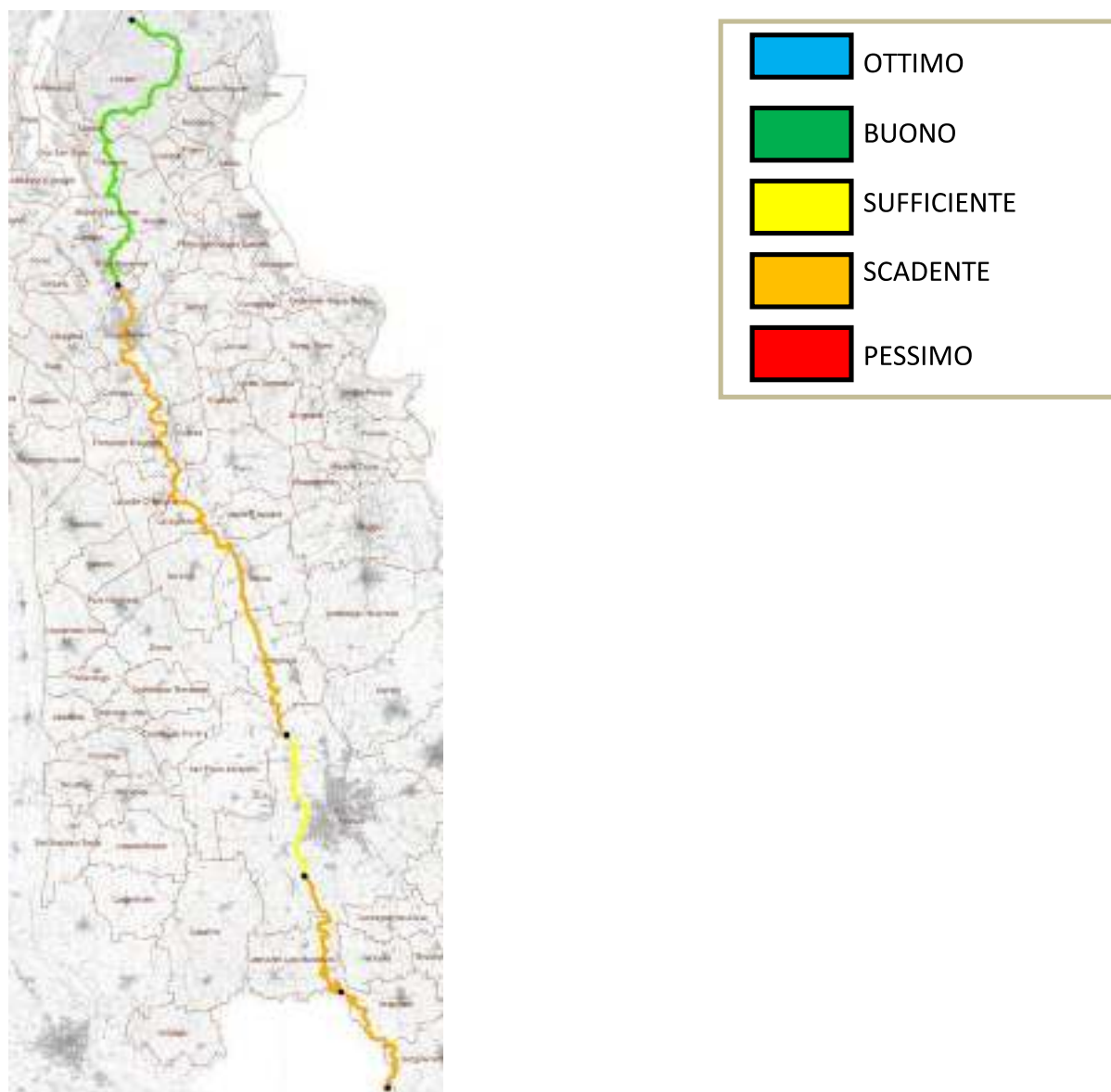


Fig. 12 – qualità chimico-fisica (dati ARPA 2006)

L'esito delle elaborazioni sopra riportato evidenzia un significativo peggioramento di classe nel passaggio tra la parte montana e quella collinare, che si manifesta tra Armeno e Borgomanero prevalentemente a causa di diverse immissioni di reflui civili e industriali. Una certa ripresa si ha a monte di Novara (probabilmente dovuta all'autodepurazione del torrente nel tratto mediano e all'immissione di diversi tributari tra cui la Roggia Mora). A valle di Novara torna evidente la criticità (depuratore di Novara e risaie).

4.2 QUALITA' BIOLOGICO-AMBIENTALE DEL TORRENTE AGOGNA

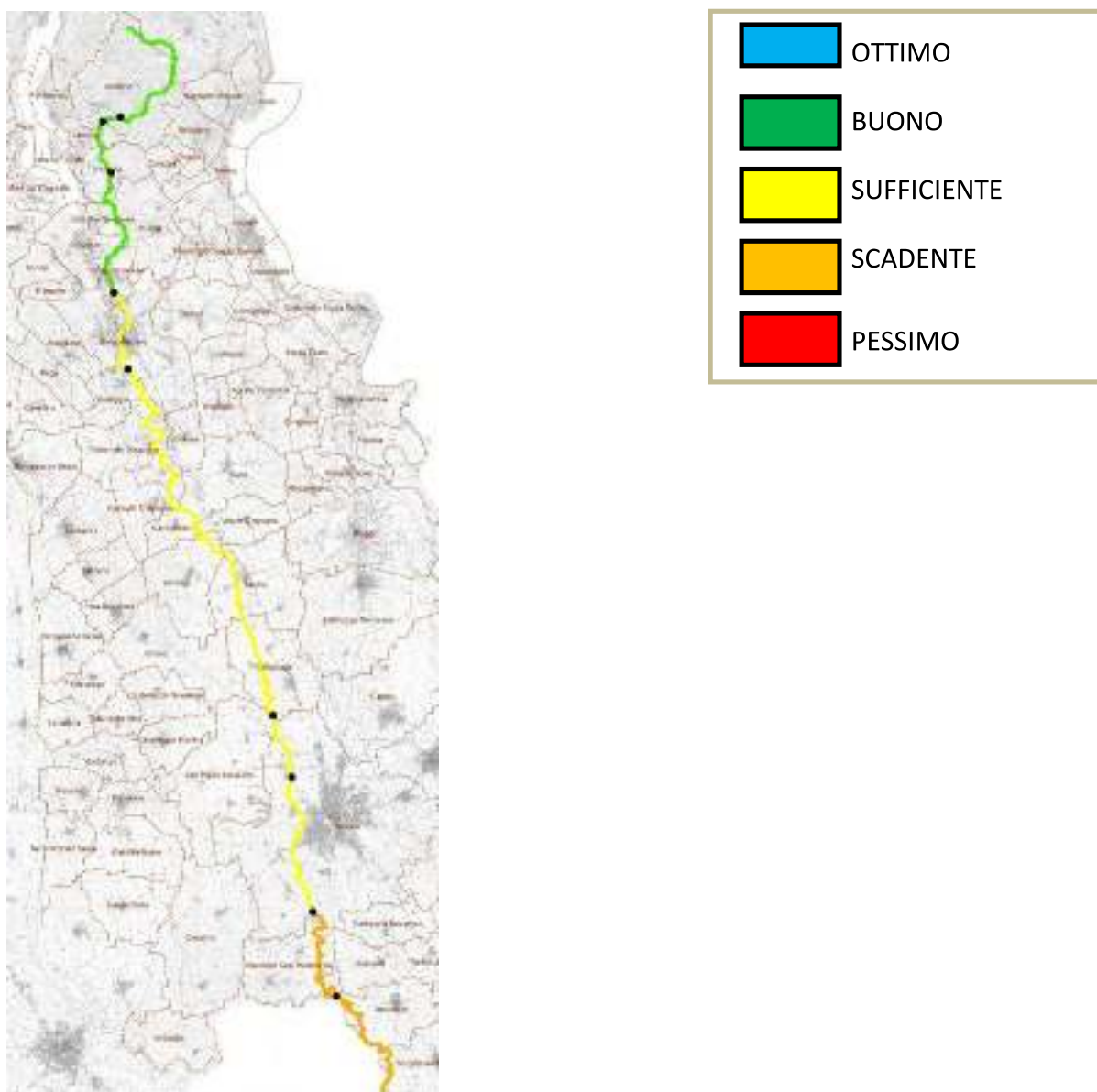


Fig. 13 – qualità biologico-ambientale

L'esito delle elaborazioni sopra riportato riprende le considerazioni fatte per la qualità chimico-fisica. Uno stato discreto della vegetazione e dell'ittiofauna nel tratto mediano concorrono a recuperare il deficit di salute accusato dai macroinvertebrati. Complessivamente la situazione non è comunque soddisfacente.

4.3 QUALITA' (IDRO)MORFOLOGICA DEL TORRENTE AGOGNA

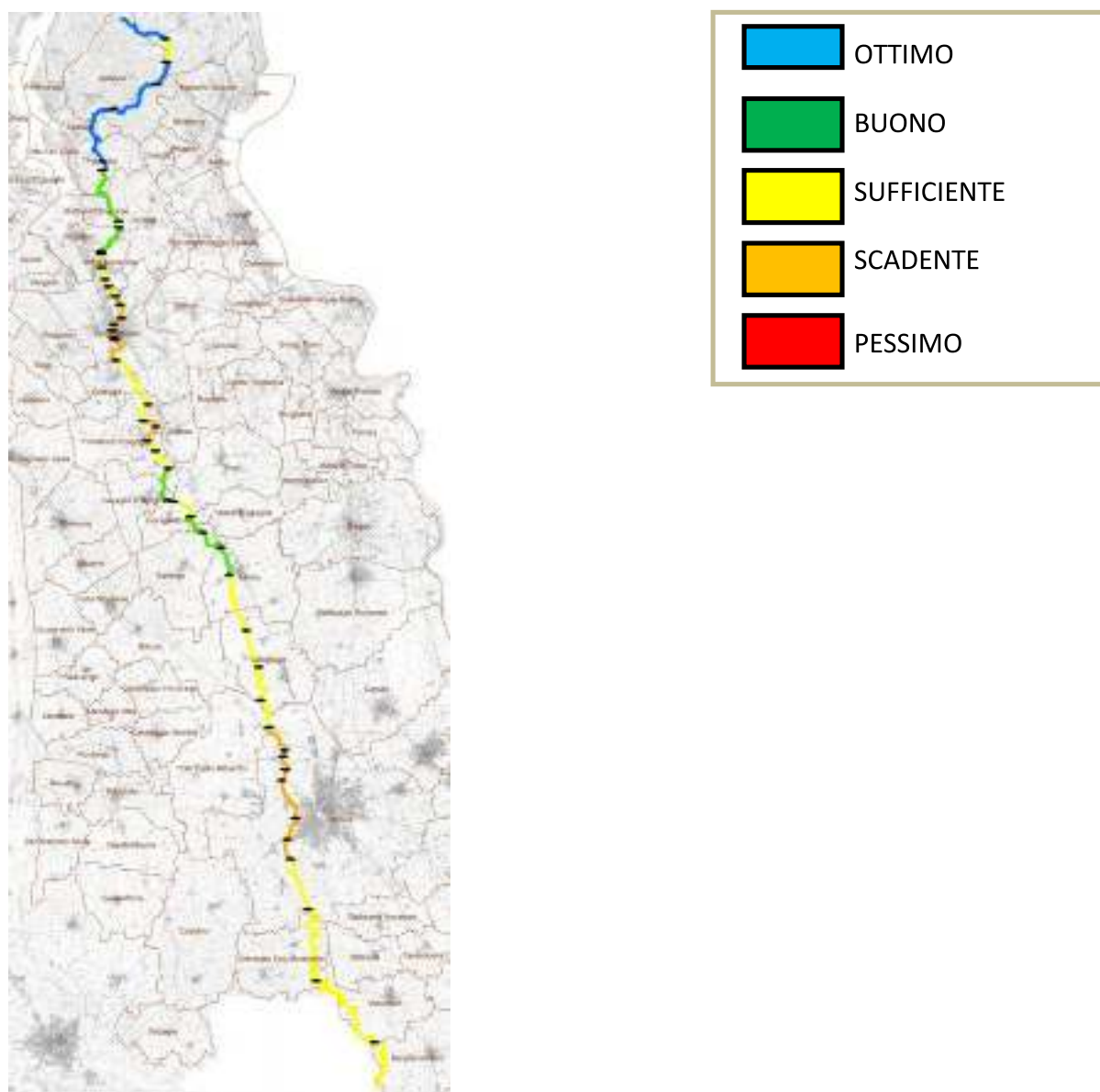


Fig. 14 – qualità (idro)geomorfologica

L'esito delle elaborazioni sopra riportato evidenzia una situazione di eccellenza persistente nel tratto più prossimo alle sorgenti (fatta salva la criticità dei recenti lavori SNAM). A fronte di una evidente discontinuità longitudinale, il torrente Agogna presenta a tratti ancora situazioni soddisfacenti in termini geomorfologici, con una nuova condizione di equilibrio che (similmente ad altri corsi d'acqua padani) si sta venendo a creare ad una quota inferiore (incisione) rispetto a quella di riferimento, e con il manifestarsi più o meno discontinuo di forme di un certo interesse.

4.4 STATO ECOLOGICO DEL TORRENTE AGOGNA

Relativamente ai parametri indagati, il torrente Agogna presenta nel suo complesso un evidente stato di alterazione rispetto allo stato di riferimento, fatto salvo il tratto sul versante sud-occidentale del Monte Mottarone, subito a valle della sorgente, dove l'Agogna scorre indisturbato nel suo impluvio naturale.

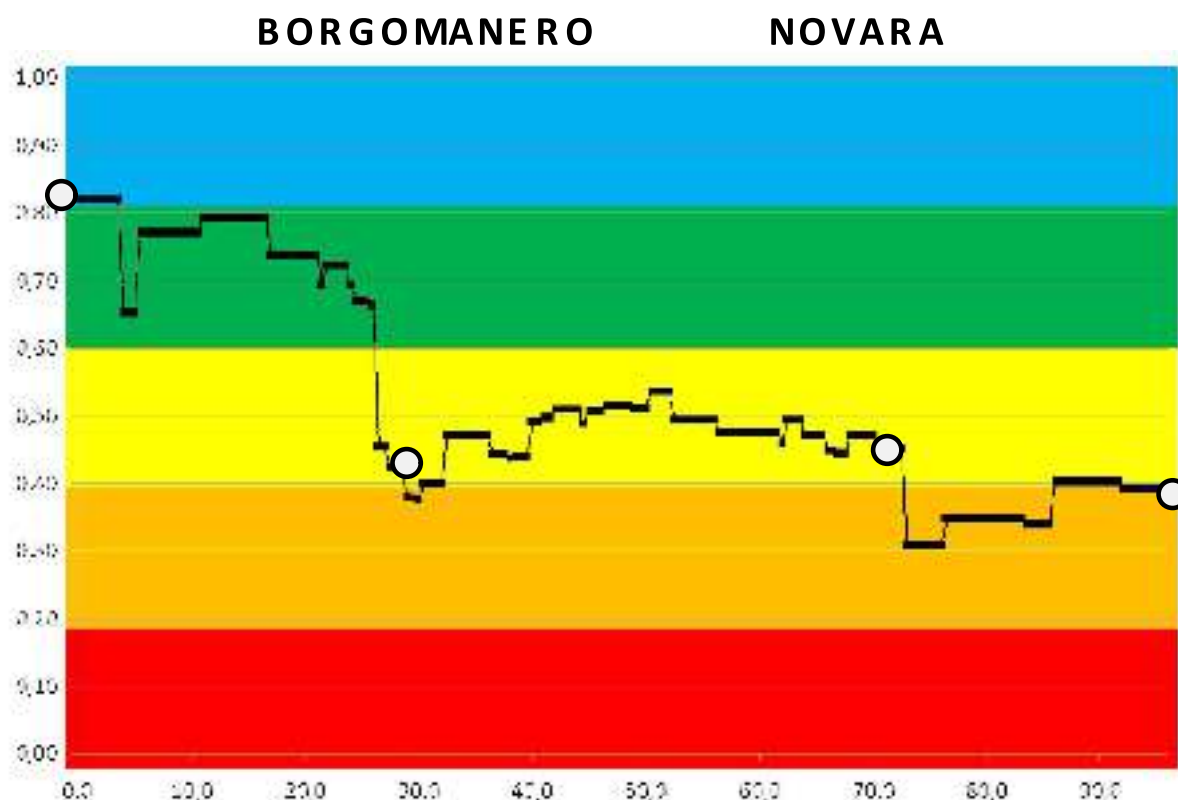


Fig. 15 – stato ecologico del torrente Agogna



Lungo il tratto montano le caratteristiche generali presentano un peggioramento lento ma progressivo, con una marcata discontinuità longitudinale evidente già dai primi chilometri (la prima traversa rilevata è a circa 16 km dalla sorgente in prossimità della derivazione idroelettrica di Ameno) e permanente per tutto il corso (sono state censite 43 traverse fluviali significative dal punto di vista della geomorfologia fluviale), e una fauna ittica sofferente già alla stazione ARPA di Montezelio Basso (Inverio) con una scarsa presenza di specie autoctone (oltretutto scarsamente strutturata). Significativo è lo stato mediocre del macrodescrittore della qualità dell'acqua *Escherichia coli*, tipico di carichi di origine civile (nel caso specifico generati già nel tratto di Armeno). Una criticità localizzata è determinata dal tratto di circa 1,5 km sito in Provincia di VCO recentemente oggetto di

intervento di regimazione a difesa delle tubazioni SNAM, che ha prodotto un'alterazione significativa delle caratteristiche morfologiche del corso d'acqua.

Lungo il tratto mediano si determina un generale peggioramento di tutti gli attributi considerati dello stato ecologico. Dal punto di vista geomorfologico si riscontrano le peggiori condizioni a livello di intera asta fluviale proprio nei tratti di Borgomanero e dintorni di monte e di valle, nonché nel tratto subito a monte di Novara interessato da manufatti e opere idrauliche di pesante impatto sul fiume. Ciò nonostante la forma e la struttura del fiume presentano ancora ampi tratti di pregio, e il tratto centrale tra le due città risulta ancora notevole dal punto di vista delle dinamiche morfologiche espresse. Critica è la qualità dell'acqua che risente in maniera significativa di alcuni tributari che attraversano zone industriali (La Grua e il Tancognino, entrambi in zona Borgomanero) e della pressione da inquinamento diffuso proveniente dal comparto agricolo. Ancora significativa è la copertura di vegetazione riparia e lo stato dei macroinvertebrati bentonici, sebbene il comparto biotico sia complessivamente penalizzato dallo stato scadente dell'ittiofauna.



Lungo il tratto basso si ha un peggioramento degli attributi di qualità dell'acqua e di salute biologica, dovuto sia all'inquinamento di origine puntuale che di origine diffusa.

L'uso prevalente del suolo è dato dalle risaie, che pur elementi trainanti e classificanti per l'economia, la cultura e il paesaggio locale, rappresentano una fonte di impatto per il fiume che ancora non trova misure di mitigazione. In questo senso sono evidenti le situazioni di lavorazione del terreno fino al ciglio di sponda e la scarsa vegetazione riparia presente si riduce a qualche nucleo isolato o a monofilari poco significativi dal punto di vista ecologico. Critica è anche la situazione dell'ittiofauna, che presenta uno stato fortemente alterato imputabile alla banalizzazione delle forme (habitat) e alla forte discontinuità determinata dalla grandi traverse presenti.

Come per il tratto precedente, il regime idrologico, sebbene non indicizzato con un indicatore, risulta dal PTA fortemente alterato in particolare in periodo irriguo.

Il quadro seguente riporta schematicamente la localizzazione delle principali cause del degrado del torrente Agogna, che si affiancano a pressioni diffuse quali la presenza di

numerose traverse, di numerosi prelievi (dal'alveo e da falda) e una gestione alieutica che ha depresso al biodiversità ittica del corso d'acqua.

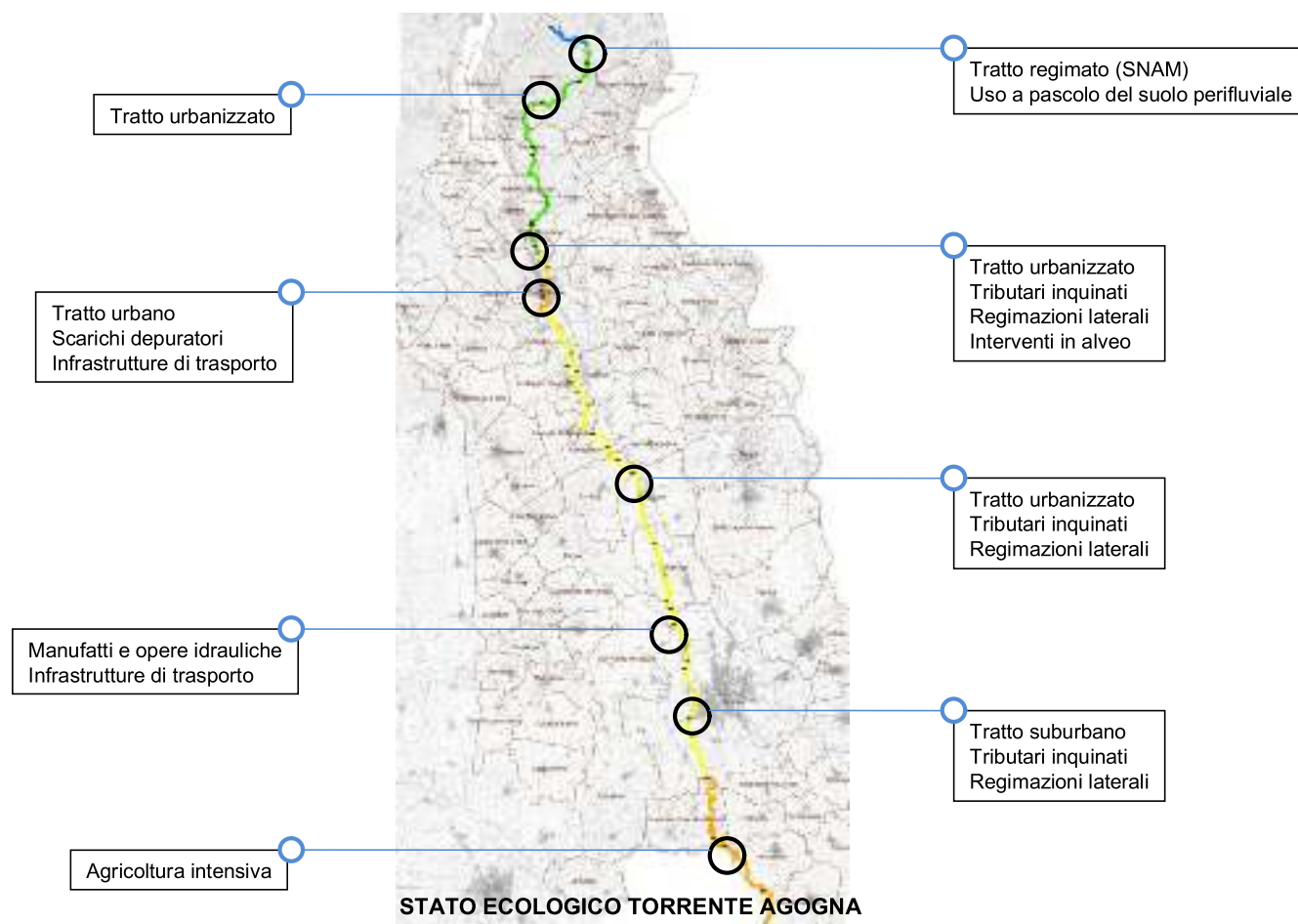


Fig. 16 – principali fattori causali di degrado per il torrente Agogna

5. CONCLUSIONI

Il torrente Agogna presenta una situazione di sofferenza ormai cronica per diversi attributi della propria salute ecologica. A fronte di forti criticità diffuse già da pochi chilometri a valle della sorgente, il corso d'acqua, per quanto riguarda i parametri indagati in questa analisi preliminare, presenta uno stato complessivo sufficiente, che non preclude un miglioramento ambientale anche significativo grazie ad azioni mirate di riqualificazione fluviale.

Risulta opportuno sottolineare a conclusione di questo rapporto come i dati a disposizione per la classificazione ambientale del torrente non siano stati sufficienti a fornire una conoscenza integrata come prevista dalla normativa comunitaria. In questo senso risulta opportuno e prioritario formalizzare quanto prima (a diverse scale spaziali) una procedura per il giudizio di esperti per la definizione del valore degli indicatori non misurati e per la definizione dei pesi di aggregazione per gli indici di valutazione. Quanto introdotto nel capitolo 2 del presente rapporto rappresenta un possibile approccio alla classificazione integrata dei corsi d'acqua, che si auspica possa fungere da stimolo al dibattito attualmente in atto a livello regionale e nazionale sul recepimento della WFD.

6. BIBLIOGRAFIA

GENERALE

Armstrong D.S. e Parker G.W., 2003. **Assessment of Habitat and Streamflow Requirements For Habitat Protection, Usquepaug–Queen River, Rhode Island, 1999-2000**. Open-File Report 02-438. In cooperation with the Rhode Island Department Of Environmental Management. Northborough, Massachusetts.

Beinat E. (1995). **Multiattribute value functions for environmental management**. Book n.103 of the Tinbergen Inst. Res. Series, Free University, Amsterdam.

Castro, J. (1996). “**Multicriteria Analysis in the Environmental Field**” Civil Engineering degree Thesis (unpublished), Dep. of Civil Engineering, Universidad de Concepción, Concepción, Chile (in Spanish).

CIRF (2006). **La riqualificazione Fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio**. Nardini A. e Sansoni G. (curatori) e collaboratori. Mazzanti Editori, Venezia.

CNR (2004). **Classificazione ecologica e carattere lenticolo-lotico in fiumi mediterranei – QUADERNI 122 - (ISSN 0390-6329)** Forneris G., Merati F., Pascale M., Perosino G.C. (2004). Proposta di un indice ittico (II) per il bacino occidentale del Po. In: 10° Congresso Nazionale AIAD. Montesilvano (Pe), 2-3 Aprile 2004. book of abstracts: 31.

Direttiva CE/2000/60

Gusmaroli G., Baldo G., Boz B., Conte G., (2004). **Fiumi di riqualificare: un approccio globale o una scelta tecnica?**. In “Regioni & Ambiente”, n° 4, aprile 2004, anno V

Gusmaroli G., Melucci A., Baldo G., (2005). **River restoration in Italy: state of art, cultural basis and significant experiences**. In Atti “Pritvhi 2005 – Global Eco Meet”, Water Conservation session, Trivandrum, India

Gusmaroli G., Melucci A., Baldo G., Boz B., Nardini A., (2008). **Contrat de Rivière as participative decision making tool to implement River Restoration. State of art in Italy and Agogn stream case study**. Poster Session in “4th ECRR International Conference on River Restoration”, Vencie, 16-21 giugno 2008.

Karr J.R., Chu E.W. (1999). **Restoring Life in Running Waters - Better Biological Monitoring**. Washington DC: Island Press; 206 p.

Kelly M.G., Whitton B.A. (1995). Workshop: **“Plants for monitoring rivers”** Durham, 26-27 September 1994. National Rivers Authority, 34 pp.

Minciardi M.R., Rossi G.L., Sansoni G., Spaggiari R. e Zanetti M. (2001). **Indice di Funzionalità Fluviale I.F.F. Manuale di applicazione**, ANPA.

Minciardi M.R., Rossi G.L., Azzolini R. e Betta G. (2003). **Linee guida per il biomonitoraggio di corsi d’acqua in ambiente alpino**. ENEA.

Nardini A. (2005). **Decidere l’ambiente con l’approccio partecipato**. CIRF-Mazzanti Editore.

Nardini A., Bacci M. e Soncini-Sessa R. (1990). **Inquinamento Fluviale: Realizzazione e uso di Modelli Matematici. Uno Studio di Caso sull'Arno**. Marsilio Ed., Venezia.

Nardini A. e Soncini-Sessa R. (2003). **"River Quality Models: Criteria for the Design of Data Collection Campaigns Aimed at Model Calibration"**. European Water Management on line (EWMO), September 1, 2003, Vol.1 (http://www.ewaonline.de/journal/2003_06.pdf)

Petts G.E. and Maddock I. (1994). **“Flow allocation for in-river needs”**, in Calow P. and Petts G.E., (Eds), *The Rivers Handbook, Volume 2. Hydrological and Ecological Principles*, Blackwell Scientific Publications, London.

Stalnaker, C. B. (1998). **The Instream Flow Incremental Methodology** [abs.] In *Hydroecological Modelling: Research, Practice, Legislation and Decision-Making*. Prah, Czech Republic, T. G. Masaryk Water Research Institute, p. 9-11.

Tancioni L., Scardi M. Cataudella S. (2005). **“I pesci nella valutazione dello stato ecologico dei sistemi acquatici”**. Ann Ist Super Sanità 2005;41(3):399-402

Von Bertalanffy, L. (1938). **A quantitative theory of organic growth** (Inquiries on growth laws. II). Human Biol. 10: 181-213.

Zaccanti F., Rizzoli M., Falconi R. (2001). **Indice della qualità ittica complessiva (QIC) in acque correnti dell’Appennino settentrionale**. Convegno di Ingegneria Naturalistica: dal Progetto ai Risultati. Milano 15-16 Novembre.

Zerunian S. (2004), **“Proposta di un Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche viventi nelle acque interne italiane”** Biologia Ambientale, 18 (2): 25-30.

Zerunian S. (2004a). **Pesci delle acque interne d'Italia**. Min. Ambiente - Ist. Naz. Fauna Selvatica, 258 pp + CD-Rom.

Zerunian S., De Ruosi T. (2002). **Iconografia dei Pesci delle acque interne d'Italia /** Iconography of Italian Inland Water Fishes. Min. Ambiente - Ist. Naz. Fauna Selvatica, 263 pp. + 33 tavv.

SPECIFICA (sul Torrente Agogna)

Regione Piemonte (2006). **Monitoraggio della fauna ittica in Piemonte**. A cura di G.C. Perosino. Torino, giugno 2006

Fornieris G., Merati F., Pascale M., Perosino G.C., (2006). **Stato dell'ittiofauna ed applicazione dell'indice ittico (I.I.) in Piemonte**. CREST (TO).

Fornieris G., Merati F., Pascale., M., Perosino G.C., (2006). **Indice Ittico**. C.R.E.S.T. (To).

Bedoni L. (2005). **Past and recent channel adjustments: examples from a tributary of the Po river**. Arpa Piemonte, in atti MAEGS 14th, Torino, 19-21 settembre 2005.

7. APPENDICI

APPENDICE 1	La funzione di valore	pag. 69
APPENDICE 2	Dati LIM attributo per attributo	pag. 72
APPENDICE 3	Informazioni numeriche e grafiche	pag. 73

APPENDICE 1 La funzione di valore

Nella metodologia proposta le Funzioni Valore vengono utilizzate più volte, in particolare per costruire degli indici che esprimano la soddisfazione associata al valore di un indicatore in funzione della "distanza" dallo stato di riferimento, oltre che per consentire l'aggregazione degli indicatori o dei sub-indici in indici di ordine superiore. E' quindi opportuno fornire qualche informazione in più sulle loro caratteristiche, lasciando a testi specialistici ulteriori approfondimenti (si vedano ad esempio Beinat, 1995, Nardini, 2005, Nardini, 2004a).

Una Funzione Valore (nel seguito FV) è una funzione di un solo argomento d (FV scalare, denotata con: $v(d)$) o di argomenti multipli (FV multiattributo, denotata con $v(d_1, d_2, \dots, d_n)$, dove d_1, d_2, \dots, d_n sono gli n indicatori) classificata da una proprietà molto particolare: indicando con una lettera maiuscola (A, B) una "situazione", cioè un insieme di valori assunti dagli indicatori, allora:

- se la situazione A è preferita alla situazione B, allora deve essere $v(A) > v(B)$;
- se A è giudicato indifferente rispetto a B (cioè genera la medesima soddisfazione), allora $v(A) = v(B)$;
- infine, se A non è preferita a B, allora $v(B) \geq v(A)$.

Strutture canoniche

KEENEY e RAIFFA (1976) hanno dimostrato che, quando sono rispettate certe condizioni, la FV assume una struttura matematica particolare e specificabile a priori. In particolare, ciò è stato dimostrato per tre strutture "canoniche". La più comune è quella *additiva*, adottata per esempio nella prima versione del National Sanitation Foundation Index di BROWN *et al.* (1970) e illustrata in dettaglio nel seguito. Le altre due strutture canoniche individuate sono la *multilineare* e la *moltiplicativa*.

Costruzione di una FV scalare

La procedura da seguire può essere riassunta nei seguenti passi:

- definire l'intervallo di variazione dell'indicatore;
- individuare il valore corrispondente alla situazione peggiore e stabilire il corrispondente valore minimo della FV;
- individuare il valore corrispondente alla situazione migliore (tipicamente quello corrispondente allo stato di riferimento) e stabilire il valore massimo/minimo della FV definire la forma della funzione; se la funzione è monotona nell'intervallo, la soluzione più semplice, è adottare un andamento rettilineo a congiungere gli estremi; volendo una miglior definizione si può determinare uno o più punti intermedi sulla base di domande e poi interpolare (tipicamente, ma non necessariamente, con una curva di tipo esponenziale).

Un metodo molto significativo in questo senso è quello del "mid-value point" (punto del valore di mezzo): si chiede all'intervistato (per es. l'esperto) di individuare il punto tale per cui l'aumento di soddisfazione rispetto all'estremo peggiore sia pari a quello ottenibile nel passare da questo punto all'estremo migliore; eventualmente si può poi ripetere raffinando all'interno dei due sotto-intervalli così individuati). Ovvero, più in dettaglio, detto d l'indicatore e denotando il caso peggiore con d e quello migliore con d , si pone alla persona coinvolta la seguente domanda (supponendo che l'indicatore sia orientato positivamente e indicando inizialmente con d^* il valore intermedio tra il peggiore e il migliore): "l'incremento di soddisfazione che lei prova al "passare" (in senso astratto) dalla situazione d alla d^* è maggiore, uguale, o minore di quello che prova al "passare" dalla d^* alla d ?"

Si deve poi modificare (se la risposta non è "uguale") il valore d^* fino a trovare quello che genera indifferenza. Per costruzione, la FV deve quindi valere 0,5 (la metà del massimo) in corrispondenza

del valore d^* trovato. Questo procedimento si può poi ripetere in modo analogo (nei tratti da 0 a 0,5 e da 0,5 a 1) per raffinare ulteriormente la forma della FV.

Sapendo ora che la FV deve passare per tali punti, oltre che per i punti estremi $(d, 0)$ e $(d, 1)$, è possibile determinare una curva interpolante.

Se la funzione non è monotona, si complica la determinazione dei punti intermedi e l'interpolazione, ma in sostanza il procedimento è il medesimo.

Costruzione di una FV multiattributo: la struttura additiva

Costruire la FV multi attributo

La struttura più semplice e valida nella maggioranza dei casi è quella *additiva* mostrata nella seguente equazione:

$$v(d_1, d_2, \dots, d_n) = \lambda_1 v_1(d_1) + \lambda_2 v_2(d_2) + \dots + \lambda_n v_n(d_n) \quad \text{Eq. 1}$$

λ_i : peso (tra 0 e 1) che traduce l'importanza relativa dell'indicatore i -esimo rispetto agli altri; se normalizzato, la somma dei pesi deve dare l'unità.

$v_i(d_i)$: FV scalare dell'indicatore i -esimo.

Questa struttura implica l'esistenza di un tasso di sostituzione tra i diversi attributi. In altre parole, assume che è possibile compensare la perdita di *valore* associata al peggioramento di un indicatore con il miglioramento di un altro indicatore, entro certi limiti determinati dai pesi. La verifica di tale condizione nel caso sotto considerazione può essere effettuata applicando una serie di test (non semplicissimi) derivanti dalla teoria sottostante.

Per costruire una funzione di tale tipo in pratica, si costruiscono prima le FV scalari che la compongono come già spiegato, e si determinano poi gli n pesi in base alle risposte ottenute da $n-1$ domande; infatti, ogni domanda fornisce l'informazione per impostare una equazione lineare tra due dei pesi, mentre esiste sempre un'ultima equazione che è quella di normalizzazione:

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n = 1 \quad \text{Eq. 2}$$

Si ottengono così le n equazioni lineari che permettono di determinare gli n pesi normalizzati. Anche qui si può applicare il metodo del mid-value point. In questo caso, ogni domanda da porre vuole stabilire l'importanza relativa tra due attributi. Considerando per esempio i primi due indicatori d_1 e d_2 e assumendo che il primo sia ritenuto più importante del secondo (in caso contrario basta invertire gli indicatori nella domanda) la domanda da porre al rappresentante del gruppo o all'esperto è la seguente: *“qual è quel valore d_1^* dell'indicatore d_1 che rende indifferenti in termini di soddisfazione (considerati i tipi di valore in gioco e facendo riferimento al significato fisico degli indicatori) le due situazioni seguenti: $A=(d_1, d_2)$ e $B=(d_1^*, d_2)$?”* oppure, ma in altri termini: *“che miglioramento nel primo indicatore è necessario per compensare la perdita di valore associata all'intero intervallo di variazione del secondo indicatore?”*

In queste domande il valore degli altri eventuali indicatori deve essere mantenuto costante, per esempio (ma non necessariamente) al loro valore migliore. Ottenuta la risposta, cioè il valore d_1^* ,

*, si può impostare l'equazione associata considerando che se le due situazioni sono giudicate indifferenti, allora, per definizione, il valore della FV cercata deve essere uguale (inoltre i termini costanti a sinistra e a destra si cancellano e quindi non appaiono):

$$\lambda_1 v_1(\underline{d}_1) + \lambda_2 v_2(\bar{d}_2) = \lambda_1 v_1(d_1^*) + \lambda_2 v_2(\underline{d}_2) \quad \text{Eq. 3}$$

Sostituendo poi i valori massimo (1) e minimo (0), convenzionalmente assegnati alle FV scalari, si ottiene:

$$\lambda_2 = \lambda_1 v_1(d_1^*)$$

Eq. 4

dove $v_1(d_1^*)$ è un valore noto.

Si procede quindi con le restanti coppie di indicatori, scelte in modo da concatenarli tutti. Il metodo del mid-value point si presta benissimo quando gli indicatori da confrontare sono relativamente pochi (orientativamente da due a quattro).

Quando invece si hanno molti indicatori si aprono diverse strade.

Una possibilità è strutturare l'indice complessivo in più livelli (con sub-indici, e poi sub-sub-indici, ecc.); si applica quindi la tecnica appena presentata all'interno di ogni gruppo di indicatori (gruppo appunto non troppo numeroso); l'aggregazione poi tra livelli superiori può ancora avvenire con il metodo del mid-value point, ma a questo punto non si confrontano più tutte le possibili coppie di indicatori, ma solo i gruppi di indicatori.

Un'altra possibilità ancora più semplice (ma ovviamente meno rigorosa) è assegnare direttamente agli indicatori un punteggio di importanza e poi normalizzare; oppure, ancor più semplice ma ancor meno rigorosa, farne un ordinamento di importanza e poi derivare i pesi come inverso (normalizzato) del numero d'ordine.

Altre strutture multi attributo

Non sempre esiste un tasso di sostituzione tra gli attributi; o, meglio, a volte esso non è costante. In particolare, può succedere che quando uno degli indicatori assume valori troppo cattivi, il suo peggioramento sempre meno può essere compensato da miglioramenti in altri indicatori. Questo avviene spesso quando l'intervallo considerato di possibile variazione (scala) degli indicatori è molto ampio. Per esempio, per variazioni contenute, è ragionevole accettare che il giudizio di soddisfazione di un'acqua adibita a scopo potabile resti costante se aumenta la concentrazione di un inquinante (es. nitrati), ma diminuisce quella di un altro (es. tensioattivi); ma per valori troppo elevati del primo, l'acqua diventa inaccettabile e resta tale anche se migliora il secondo attributo.

Esistono anche strutture per far fronte a queste esigenze (per approfondimenti, si veda la fonte originale già citata).

Validare la FV: la "verità"

Sia quando la FV costruita sia basata su rigorose considerazioni teoriche, sia quando essa sia basata su considerazioni empiriche, è opportuno effettuarne una validazione. Si tratta di ottenere dall'intervistato un ordinamento olistico (non utilizzato in fase di costruzione) di situazioni reali o fittizie opportune e di verificare quanto l'ordinamento fornito dalla FV per le stesse situazioni si avvicini al primo (si può calcolare per esempio l'indice di correlazione di Spearman, un parente della somma dei quadrati degli scarti tra i numeri d'ordine in due ordinamenti considerati per lo stesso insieme di oggetti, in questo caso le "situazioni"). Data la difficoltà di effettuare ordinamenti olistici coerenti (se questa difficoltà non esistesse, sarebbe inutile costruire delle FV), il modo migliore di procedere è senz'altro quello di sottoporre all'intervistato solo insieme di situazioni definiti in uno spazio bidimensionale (piano), cambiando di volta in volta gli attributi considerati (assi del piano). Questo tipo di ordinamento olistico è molto affidabile e può essere considerato la "verità".

Order no & date	Supplier no	Supplier	Order no	Supplier	Order no	Supplier	Order no	Supplier	Order no	Supplier
1000	10000	10000000	1000	10000	1000	10000	1000	10000	1000	10000
1001	10000	10000000	1001	10000	1001	10000	1001	10000	1001	10000
1002	10000	10000000	1002	10000	1002	10000	1002	10000	1002	10000
1003	10000	10000000	1003	10000	1003	10000	1003	10000	1003	10000
1004	10000	10000000	1004	10000	1004	10000	1004	10000	1004	10000
1005	10000	10000000	1005	10000	1005	10000	1005	10000	1005	10000
1006	10000	10000000	1006	10000	1006	10000	1006	10000	1006	10000
1007	10000	10000000	1007	10000	1007	10000	1007	10000	1007	10000
1008	10000	10000000	1008	10000	1008	10000	1008	10000	1008	10000
1009	10000	10000000	1009	10000	1009	10000	1009	10000	1009	10000
1010	10000	10000000	1010	10000	1010	10000	1010	10000	1010	10000
1011	10000	10000000	1011	10000	1011	10000	1011	10000	1011	10000
1012	10000	10000000	1012	10000	1012	10000	1012	10000	1012	10000
1013	10000	10000000	1013	10000	1013	10000	1013	10000	1013	10000
1014	10000	10000000	1014	10000	1014	10000	1014	10000	1014	10000
1015	10000	10000000	1015	10000	1015	10000	1015	10000	1015	10000
1016	10000	10000000	1016	10000	1016	10000	1016	10000	1016	10000
1017	10000	10000000	1017	10000	1017	10000	1017	10000	1017	10000
1018	10000	10000000	1018	10000	1018	10000	1018	10000	1018	10000
1019	10000	10000000	1019	10000	1019	10000	1019	10000	1019	10000
1020	10000	10000000	1020	10000	1020	10000	1020	10000	1020	10000
1021	10000	10000000	1021	10000	1021	10000	1021	10000	1021	10000
1022	10000	10000000	1022	10000	1022	10000	1022	10000	1022	10000
1023	10000	10000000	1023	10000	1023	10000	1023	10000	1023	10000
1024	10000	10000000	1024	10000	1024	10000	1024	10000	1024	10000
1025	10000	10000000	1025	10000	1025	10000	1025	10000	1025	10000
1026	10000	10000000	1026	10000	1026	10000	1026	10000	1026	10000
1027	10000	10000000	1027	10000	1027	10000	1027	10000	1027	10000
1028	10000	10000000	1028	10000	1028	10000	1028	10000	1028	10000
1029	10000	10000000	1029	10000	1029	10000	1029	10000	1029	10000
1030	10000	10000000	1030	10000	1030	10000	1030	10000	1030	10000
1031	10000	10000000	1031	10000	1031	10000	1031	10000	1031	10000
1032	10000	10000000	1032	10000	1032	10000	1032	10000	1032	10000
1033	10000	10000000	1033	10000	1033	10000	1033	10000	1033	10000
1034	10000	10000000	1034	10000	1034	10000	1034	10000	1034	10000
103										

Fig. 17 – stato del LIM e dei macrodescrittori del LIM nelle 5 stazioni ARPA dell'Agogna per il periodo 2000-2006

APPENDICE 3

Dati ed elaborazioni relativi a:

- QUALITA' CHIMICO FISICA
- QUALITA' BIOLOGICA
- QUALITA' IDROMORFOLOGICA
- STATO ECOLOGICO

QUALITA' CHIMICO-FISICA

Dati valore dei parametri macrodescrittori (indice LIM) e inquinanti specifici (ai sensi di legge)
Stazioni tutte le 5 stazioni ARPA Piemonte presenti lungo l'Agogna (vedi figura sotto)
Periodo di rif. 2000-2006



Fig. 18- Stazioni ARPA per il monitoraggio della qualità delle acque del torrente Agogna

Valori di riferimento							
Azoto ammoniacale	Azoto nitrico	Ossigeno alla saturazione	B.O.D. 5	C.O.D.	Fosforo totale	Escherichia coli	
N mg/L	N mg/L	%	O2 mg/L	O2 mg/L	P mg/L	UFC/100 mL	
1a soglia	0,03	0,3	10	2,5	5	0,07	100
2a soglia	0,10	1,5	20	4,0	10	0,15	1.000
3a soglia	0,50	5,0	30	8,0	15	0,30	5.000
4a soglia	1,50	10,0	50	15,0	25	0,60	20.000

Fig. 19 – soglie di legge per macrodescrittore per la classificazione de corsi d'acqua

	Codice punto di prelievo	DATA	Azoto ammoniacale	Azoto nitrico	Ossigeno alla saturazione	B.O.D. 5	C.O.D.	Fosforo totale	Escherichia coli
			N mg/L	N mg/L	%	O2 mg/L	O2 mg/L	P mg/L	UFC/100 mL
Montezelio Basso	053010	26/01/2000	0,04	1,80	11,80	1	2,5	0,03	5000
		23/02/2000	0,05	1,74	12,26	1	2,5	0,03	400
		28/03/2000	0,02	2,28	5,00	1	5,4	0,03	3000
		12/04/2000	0,15	2,30	6,70	1	5	0,06	1800
		18/05/2000	0,02	1,94	4,00	1	2,5	0,03	450
		13/06/2000	0,02	1,75	7,00	1	2,5	0,03	1500
		10/07/2000	0,02	1,70	6,00	1	2,5	0,03	1150
		08/08/2000	0,02	1,80	10,00	1	2,5	0,03	800
		11/09/2000	0,02	1,90	2,00	1	2,5	0,03	600
		12/10/2000	0,03	1,80	9,00	1	5,2	0,03	1100
		15/11/2000	0,02	1,90	9,00	1	2,5	0,03	2100
		12/12/2000	0,02	1,80	10,00	1	2,5	0,03	700
		75° percentile	0,03	1,91	10,00	1,00	3,13	0,03	1875,00
Guado di Cureggio	053030	26/01/2000	1,31	7,30	11,4	2,50	6,30	0,18	2500
		23/02/2000	1,78	7,06	12,66	2,94	7,00	0,28	15000
		28/03/2000	0,57	6,43	8	2,90	9,60	0,13	5000
		12/04/2000	1,83	4,90	13	11,2	17,20	0,39	100000
		18/05/2000	0,22	4,57	7	1	5,10	0,08	11000
		13/06/2000	0,24	5,80	12	1	6,00	0,11	39000
		10/07/2000	0,07	8,40	14	1	8,40	0,15	28000
		08/08/2000	0,07	6,90	10	1	2,50	0,11	50000
		11/09/2000	0,52	7,30	5	1	2,50	0,18	4000
		12/10/2000	0,19	3,50	17	1	6,10	0,05	4000
		15/11/2000	0,20	3,90	9	1	2,50	0,07	35000
		12/12/2000	0,29	5,00	8	1	5,20	0,08	20000
		75° percentile	0,76	7,12	12,75	2,6	7,35	0,18	36000
Cascinotto Mora	053045	26/01/2000	0,53	2,30	5	3,10	9,7	0,14	3000
		28/02/2000	0,20	0,72	8	2,95	9,5	0,09	21000
		28/03/2000	0,02	2,56	9	2	12,8	0,08	1900
		12/04/2000	0,05	11,00	6	2,20	6,3	0,08	9000
		17/05/2000	0,07	4,55	0	1	2,5	0,07	3500
		13/06/2000	0,03	2,87	4	3,15	6,2	0,05	2500
		10/07/2000	0,03	3,40	27	1	6,6	0,06	200
		08/08/2000	0,02	1,56	4	1	8,6	0,12	1600
		11/09/2000	0,03	1,80	3	2	2,5	0,08	3000
		11/10/2000	0,11	1,90	4	1	2,5	0,12	9850
		15/11/2000	0,05	3,00	5	1	2,5	0,07	48000
		12/12/2000	0,02	3,30	4	1	6,9	0,05	3300
		75° percentile	0,08	3,33	6,50	2,39	8,83	0,10	9212,50
C.na S.Maiolo	053050	26/01/2000	0,45	3,10	23	4,50	13,20	0,24	2000
		28/02/2000	0,50	0,62	25	5,89	19,00	0,21	20000
		28/03/2000	1,24	2,87	52	13,00	19,50	0,35	20000
		12/04/2000	1,43	18,50	40,7	6,90	17,20	0,29	6000
		17/05/2000	0,17	4,51	13,6	2,78	11,60	0,13	21000
		13/06/2000	0,11	2,49	17	2,98	9,31	0,16	39000
		10/07/2000	0,67	0,70	35	3,70	21,90	0,24	2500
		08/08/2000	0,12	1,90	19	1,00	9,60	0,22	20000
		11/09/2000	0,29	2,50	18	5,30	7,80	0,31	46000
		11/10/2000	0,21	2,50	13	2,10	6,50	0,20	27000
		15/11/2000	0,08	3,10	7	1,00	8,60	0,13	15000
		12/12/2000	0,12	3,60	8	2,00	11,00	0,12	8000
		75° percentile	0,54	3,23	27,50	5,45	17,65	0,25	22500,00
Salto dell'Agogna	053055	26/01/2000	0,93	2,60	25	4,40	17,80	0,24	4000
		28/02/2000	0,95	0,59	28	5,38	12,00	0,24	17000
		28/03/2000	0,72	2,10	38	4,50	12,30	0,24	13000
		12/04/2000	1,07	19,10	26,2	10,20	31,90	0,38	1300
		17/05/2000	0,20	3,95	20	2,20	12,30	0,14	22000
		13/06/2000	0,19	1,93	23	3,86	11,90	0,19	54000
		10/07/2000	1,54	0,87	51	3,90	15,70	0,41	160000
		08/08/2000	0,18	2,30	17	1,00	9,70	0,19	23000
		11/09/2000	0,21	2,00	12	2,76	5,00	0,19	13000
		11/10/2000	0,22	2,20	12	2,50	6,70	0,22	71000
		15/11/2000	0,09	2,80	9	1,00	10,80	0,17	13000
		12/12/2000	0,12	3,60	9	1,00	2,50	0,10	25000
		75° percentile	0,94	3,00	26,65	4,43	13,15	0,24	32250,00

Fig. 20 - Stazioni ARPA per il monitoraggio della qualità delle acque del torrente Agogna – dati anno 2000

	Codice punto di prelievo	DATA	Azoto ammoniacale	Azoto nitrico	Ossigeno alla saturazione	B.O.D. 5	C.O.D.	Fosforo totale	Escherichia coli
			N mg/L	N mg/L	%	O2 mg/L	O2 mg/L	P mg/L	UFC/100 mL
Montezelio Basso	053010	17/01/2001	0,02	1,79	7	1	2,5	0,03	1000
		06/02/2001	0,05	1,70	4	1	2,5	0,03	7500
		12/03/2001	0,02	1,70	8	1	2,5	0,03	3000
		10/04/2001	0,03	1,50	8	1	2,5	0,08	2500
		16/05/2001	0,03	1,60	8	1	5	0,06	1200
		13/06/2001	0,02	1,50	8	1	2,5	0,03	1500
		09/07/2001	0,08	6,20	7	1	2,5	0,12	16000
		08/08/2001	0,04	1,60	7,7	1	2,5	0,19	13000
		12/09/2001	0,05	1,70	7,3	1	2,5	0,05	1600
		02/10/2001	0,02	1,50	10	1	5,1	0,03	3300
		15/11/2001	0,02	1,50	7,3	1	5,2	0,03	1750
		04/12/2001	0,02	1,60	6,7	1	2,5	0,03	3000
		75° percentile	0,04	1,70	8,00	1,00	3,13	0,07	4350,00
Guado di Cureggio	053030	17/01/2001	0,42	4,73	13	2	11,60	0,09	12000
		06/02/2001	0,65	5,30	6	2,50	7,40	0,14	23000
		12/03/2001	0,44	4,70	13	1	5,30	0,07	15000
		10/04/2001	0,38	4,10	4	2	2,50	0,10	9500
		16/05/2001	0,09	1,10	8	1	5,00	0,09	5000
		13/06/2001	0,35	3,00	7	1	6,90	0,12	14000
		09/07/2001	0,03	1,50	10	1	2,50	0,07	4800
		08/08/2001	0,03	6,40	3,70	1	2,50	0,14	6600
		12/09/2001	0,16	6,42	12,90	1	6,80	0,20	4850
		02/10/2001	0,03	7,60	15	1	5,70	0,21	4100
		15/11/2001	0,02	5,30	5,70	2,80	2,50	0,24	1200
		04/12/2001	0,26	5,50	19	1	6,10	0,22	22000
		75° percentile	0,39	5,73	13,00	2,00	6,83	0,20	14250,00
Cascinotto Mora	053045	16/01/2001	0,12	3,14	3	2,40	5,70	0,08	7000
		06/02/2001	0,24	3,59	8	2	5,90	0,10	5000
		12/03/2001	0,07	3,10	8	2,20	7	0,08	6000
		10/04/2001	0,07	3,20	0	2	5	0,11	1300
		16/05/2001	0,10	2,60	3	2,70	6,90	0,08	5800
		11/06/2001	0,17	2,30	17	2,30	46	0,12	44000
		17/07/2001	0,11	2,30	17	1	2,50	0,07	4000
		08/08/2001	0,05	1,10	27	1	2,50	0,05	300
		11/09/2001	0,07	2,10	5,90	1	12,90	0,12	2850
		02/10/2001	0,38	1,90	12	8,40	17,30	0,29	50000
		14/11/2001	0,06	1,80	4,50	1	7,60	0,07	4000
		05/12/2001	0,06	2,90	4	1	7,10	0,09	3750
		75° percentile	0,13	3,11	13,25	2,33	8,93	0,11	6250,00
C.na S.Maiolo	053050	16/01/2001	0,09	3,13	8	2,6	5,90	0,12	7000
		06/02/2001	0,35	3,28	16	2,6	11,20	0,18	5000
		12/03/2001	0,02	3	0	2,2	7	0,06	10000
		10/04/2001	0,19	3,30	14	5,5	12,70	0,22	14000
		16/05/2001	0,28	2,40	16	5,1	9,50	0,15	39000
		11/06/2001	0,38	2,20	26	9,3	99	0,27	90000
		17/07/2001	0,78	1,10	31	3,4	11,60	0,25	100000
		08/08/2001	2,00	0,40	37	2,6	10,80	0,40	41000
		11/09/2001	0,26	1,90	17,70	1	10,90	0,19	11000
		02/10/2001	0,40	1,70	20	2,2	5,40	0,20	26000
		14/11/2001	0,33	2	10,40	3,4	11,30	0,07	15000
		05/12/2001	0,68	2,60	20	3,5	10,40	0,18	4900
		75° percentile	0,47	3,03	21,50	3,90	11,38	0,23	39500,00
Salto dell'Agogna	053055	16/01/2001	0,13	3,10	9	2,30	7,80	0,13	8000
		06/02/2001	0,16	3,42	13	2,90	11,20	0,11	11000
		12/03/2001	0,11	3,00	8	2	7,80	0,10	12500
		10/04/2001	0,25	3,00	16	3,80	9,40	0,16	16000
		16/05/2001	0,31	2,20	12	5,20	9,30	0,14	24000
		11/06/2001	0,85	2,20	50	2,90	56,70	0,88	127000
		17/07/2001	1,53	0,40	45	5	19,60	0,45	8000
		08/08/2001	0,14	1,00	17	1	5,80	0,15	340
		11/09/2001	0,60	1,60	21,30	1	6,10	0,20	40000
		02/10/2001	0,07	1,80	1	1	8,80	0,09	2900
		14/11/2001	0,24	2,00	14,20	1	8,80	0,13	4000
		05/12/2001	1,26	2,40	23	4,30	47,40	0,27	26000
		75° percentile	0,66	3,00	21,73	3,93	13,30	0,22	24500,00

Fig. 21 - Stazioni ARPA per il monitoraggio della qualità delle acque del torrente Agogna – dati anno 2001

	Codice punto di prelievo	DATA	Azoto ammoniacale	Azoto nitrico	Ossigeno alla saturazione	B.O.D. 5	C.O.D.	Fosforo totale	Escherichia coli
			N mg/L	N mg/L	%	O2 mg/L	O2 mg/L	P mg/L	UFC/100 mL
Montezelio Basso	053010	16/01/2002	0,18	1,69	9,10	2,04	2,5	0,03	6000
		13/02/2002	0,09	2,10	8,90	1	2,5	0,03	3000
		14/03/2002	0,04	1,95	1	1	2,5	0,03	1600
		17/04/2002	0,02	1,50	3	1	2,5	0,03	1700
		13/05/2002	0,02	1,80	3	1	2,5	0,03	3300
		11/06/2002	0,04	1,60	0	1	2,5	0,03	770
		03/07/2002	0,02	1,50	14	1	2,5	0,03	7500
		08/08/2002	0,02	1,50	2	2,20	2,5	0,03	4100
		16/09/2002	0,03	1,50	0	1	2,5	0,03	3200
		15/10/2002	0,02	1,45	3	1	2,5	0,03	2500
		12/12/2002	0,02	1,68	6	2,30	2,5	0,03	1300
		75° percentile	0,04	1,75	7,45	1,52	2,50	0,03	3700,00
Guado di Cureggio	053030	16/01/2002	3,65	3,90	14,20	5,50	12,3	0,34	40000
		13/02/2002	3,10	3,40	8,90	2,30	8	0,25	8000
		14/03/2002	1,25	3,60	6,30	1	5,4	0,16	9900
		17/04/2002	1,35	5,20	9	2,20	5,6	0,14	5800
		13/05/2002	0,15	3,20	6	2,20	8,1	0,09	29000
		11/06/2002	0,30	4,40	1	3,10	5,6	0,08	58000
		03/07/2002	0,34	6,80	24	1	7,1	0,10	56000
		08/08/2002	0,16	5,10	4	2,70	2,5	0,08	56000
		16/09/2002	0,14	4,50	6	1	2,5	0,08	24000
		15/10/2002	0,45	5,65	16	1	5,4	0,13	24000
		12/12/2002	0,40	4,76	16	1	2,5	0,09	65000
		75° percentile	1,3	5,15	15,1	2,5	7,55	0,15	56000
Cascinotto Mora	053045	16/01/2002	0,18	3,06	4,90	4,09	9,90	0,08	6150
		13/02/2002	0,25	2,50	3	3,10	6,80	0,10	4400
		13/03/2002	0,25	4,90	4	1	5,40	0,03	1500
		17/04/2002	0,02	2,10	2	1	2,50	0,03	510
		13/05/2002	0,05	3,80	2	1	7,60	0,13	15000
		13/06/2002	0,10	3,10	1	1	5,10	0,08	6300
		03/07/2002	0,12	2,00	5	1	5,40	0,05	9400
		29/08/2002	0,02	2,24	2	1	2,50	0,06	5900
		16/09/2002	0,05	2,60	4	1	2,50	0,07	4200
		15/10/2002	0,02	2,23	2	1	2,50	0,05	4400
		11/12/2002	0,02	2,88	2	1	2,50	0,03	5100
		75° percentile	0,15	3,08	4,00	1,00	6,10	0,08	6225,00
C.na S.Maiolo	053050	16/01/2002	1,45	2,19	36	7,46	14,70	0,33	23000
		13/02/2002	0,55	2,60	3,40	5,30	7,00	0,18	1050
		13/03/2002	0,66	2,80	22	4,40	9,20	0,17	14000
		17/04/2002	0,76	2,40	20	3,20	9,40	0,16	5800
		13/05/2002	0,06	3,60	6	1,00	6,70	0,13	6800
		13/06/2002	0,21	3,00	12	1,00	2,50	0,10	12500
		03/07/2002	0,37	2,40	20	2,70	2,50	0,11	6400
		29/08/2002	0,12	2,28	6	1,00	2,50	0,12	7400
		16/09/2002	0,16	2,70	0	2,10	2,50	0,18	10000
		15/10/2002	0,18	2,29	8	2,00	2,50	0,08	8800
		17/12/2002	0,40	2,90	9,40	3,00	5,50	0,15	20000
		75° percentile	0,61	2,85	20,00	3,80	8,10	0,18	13250,00
Salto dell'Agogna	053055	16/01/2002	0,94	2,40	28	3,60	11,80	0,19	1450
		13/02/2002	1,14	2,10	19,50	4,50	9,70	0,29	24000
		13/03/2002	0,68	2,30	24	4,90	14,80	0,17	4200
		17/04/2002	0,51	2,50	17	1,00	8,00	0,13	4100
		13/05/2002	0,15	3,70	0	1,00	7,10	0,03	11000
		13/06/2002	0,22	2,80	9	1,00	11,80	0,11	9000
		03/07/2002	0,61	2,00	23	2,40	8,30	0,13	41000
		29/08/2002	0,06	2,08	6	1,00	5,90	0,14	5900
		16/09/2002	0,10	2,60	0	2,00	2,50	0,12	5500
		15/10/2002	0,16	2,29	8	2,00	5,00	0,11	9600
		17/12/2002	0,22	3,05	8	2,20	2,50	0,10	6700
		75° percentile	0,65	2,70	21,25	3,00	10,75	0,16	10300,00

Fig. 22 - Stazioni ARPA per il monitoraggio della qualità delle acque del torrente Agogna – dati anno 2002

	Codice punto di prelievo	DATA	Azoto ammoniacale	Azoto nitrico	Ossigeno alla saturazione	B.O.D. 5	C.O.D.	Fosforo totale	Escherichia coli
			N mg/L	N mg/L	%	O2 mg/L	O2 mg/L	P mg/L	UFC/100 mL
Montezelio Basso	053010	20/01/2003	0,02	1,64	12	1	2,50	0,03	2500
		18/02/2003	1,53	1,66	12	1	2,50	0,03	2400
		17/03/2003	0,02	1,55	1	1	2,50	0,03	470
		15/04/2003	0,02	1,60	7	1	2,50	0,06	890
		21/05/2003	0,02	1,66	6	1	2,50	0,03	21000
		17/06/2003	0,02	1,80	13	1	2,50	0,05	200
		16/07/2003	0,02	1,78	7	1	2,50	0,03	130
		20/08/2003	0,02	2,00	6	1	2,50	0,06	770
		16/09/2003	0,02	2,19	5	1	2,50	0,03	150
		15/10/2003	0,02	2,28	9	1	2,50	0,90	1000
		12/11/2003	0,02	2,48	17	1	2,50	0,03	1000
		15/12/2003	0,02	2,04	16	1	2,50	0,03	1400
		75° percentile	0,02	2,08	12,25	1,00	2,50	0,05	1650,00
Guado di Cureggio	053030	20/01/2003	1,10	5,73	21	3,60	5,80	0,15	95000
		18/02/2003	0,02	5,51	16	3,10	9,10	0,12	36000
		17/03/2003	2,35	5,23	2	3	11,70	0,24	9800
		15/04/2003	2,29	4,79	12	7	10,50	0,32	12000
		21/05/2003	0,25	5,43	20	1	11,40	0,26	2500
		17/06/2003	0,03	8,29	13	2	11,30	0,56	3300
		16/07/2003	0,02	1,77	10	1	2,50	0,03	140
		20/08/2003	0,09	5,83	25	1	8,80	0,41	9200
		16/09/2003	0,10	10,5	22	2	10,10	0,65	39000
		15/10/2003	0,24	11,4	32	7	17,50	0,03	32000
		12/11/2003	0,17	6,07	26	1	10,90	0,33	60000
		15/12/2003	0,32	5,19	20	2	2,50	0,10	21000
		75° percentile	0,52	6,63	22,75	3,23	11,33	0,35	36750,00
Cascinotto Mora	053045	18/02/2003	0,35	2,80	4	2,60	5,80	0,08	4500
		17/03/2003	0,16	2,09	1	3	10,20	0,08	2500
		15/04/2003	0,02	3,71	14	2	5,40	0,03	110
		21/05/2003	0,05	2,07	5	2,60	6,70	0,03	2300
		16/06/2003	0,02	2,32	27	1	2,50	0,03	130
		16/07/2003	0,03	3,08	9	2	2,50	0,03	430
		20/08/2003	0,02	1,70	8	1	5,00	0,03	4800
		16/09/2003	0,06	1,42	4	1	6,30	0,06	7900
		15/10/2003	0,04	1,93	1	1	11,40	0,10	8800
		12/11/2003	0,05	1,58	2	3,20	8,40	0,07	3900
		15/12/2003	0,02	3,16	2	1	2,50	0,03	4600
		75° percentile	0,06	2,94	8,50	2,60	7,55	0,08	4700,00
C.na S.Maiolo	053050	21/01/2003	1,40	4,52	19	5,80	11,00	0,24	49000
		18/02/2003	0,52	2,91	11	3,90	7,70	0,08	41000
		17/03/2003	0,18	2,34	9	5,00	8,23	0,12	3800
		15/04/2003	1,96	2,05	61	13,00	16,60	0,51	72000
		21/05/2003	1,64	1,19	43	5,60	18,10	0,41	100000
		16/06/2003	2,61	0,10	59	9,00	17,50	0,61	50
		15/07/2003	2,59	0,11	61	9,00	13,40	0,64	50
		20/08/2003	0,72	0,81	17	3,80	9,20	0,29	10000
		16/09/2003	0,22	1,49	18	1,00	2,50	0,14	18000
		15/10/2003	1,68	1,78	46	6,00	22,90	0,45	50
		12/11/2003	0,31	1,65	12	1,00	10,80	0,20	3900
		15/12/2003	0,12	3,32	7	2,30	5,60	0,09	5900
		75° percentile	1,75	2,48	49,25	6,75	16,83	0,47	43000,00
Salto dell'Agogna	053055	21/01/2003	1,37	4,33	14	4	10,30	0,16	29000
		18/02/2003	0,76	2,73	20	8	14,80	0,25	5200
		17/03/2003	0,53	2,16	16	8	11,20	0,17	18000
		15/04/2003	1,39	1,11	31	5	14,30	0,29	1500
		21/05/2003	1,08	1,13	18	6	17,70	0,33	47000
		16/06/2003	0,99	0,34	28	5	11,60	0,33	4900
		15/07/2003	0,58	0,52	32	6	9,85	0,25	2700
		20/08/2003	0,75	1,00	33	6,80	9,90	0,23	39000
		16/09/2003	0,38	1,37	20	1	5,90	0,16	23000
		15/10/2003	0,60	1,82	33	4,50	10,10	0,24	49000
		12/11/2003	0,49	1,66	15	2,80	11,00	0,23	18000
		15/12/2003	0,26	3,20	6	2,70	5,10	0,10	20000
		75° percentile	1,01	2,30	31,25	6,20	12,28	0,26	31500,00

Fig. 23 - Stazioni ARPA per il monitoraggio della qualità delle acque del torrente Agogna – dati anno 2003

	Codice punto di prelievo	DATA	Azoto ammoniacale	Azoto nitrico	Ossigeno alla saturazione	B.O.D. 5	C.O.D.	Fosforo totale	Escherichia coli
			N mg/L	N mg/L	%	O2 mg/L	O2 mg/L	P mg/L	UFC/100 mL
Montezelio Basso	053010	19/01/2004	0,07	1,75	9	1	2,50	0,03	900
		16/02/2004	0,02	1,68	3	1	6,00	0,03	4400
		15/03/2004	0,02	1,74	8	1	5,00	0,03	1600
		14/04/2004	0,02	1,55	2	2,40	2,50	0,03	1800
		17/05/2004	0,02	1,54	13	1	2,50	0,03	1400
		15/06/2004	0,02	1,45	4	1	5,30	0,03	2500
		19/07/2004	0,02	1,60	2	1	2,50	0,05	7000
		23/08/2004	0,02	1,58	16	2,30	2,50	0,05	8800
		20/09/2004	0,02	1,65	5	1	2,50	0,03	1100
		18/10/2004	0,02	1,78	7	1	9,80	0,11	4500
		15/11/2004	0,02	1,54	0	1	2,50	0,03	3800
		13/12/2004	0,02	1,54	2	1	2,50	0,03	2700
		75° percentile	0,02	1,70	8,25	1,00	5,08	0,03	4425,00
Guado di Cureggio	053030	19/01/2004	0,26	7,12	12	1	2,50	0,10	21000
		16/02/2004	0,08	7,89	7	1	7,10	0,14	4600
		15/03/2004	0,17	4,46	10	1	10,10	0,17	8200
		14/04/2004	0,07	4,49	2	2,70	8,00	0,10	10000
		17/05/2004	0,36	4,42	6	1	2,50	0,87	43000
		15/06/2004	0,55	7,21	18	2,10	8,90	0,18	2800
		19/07/2004	0,25	8,76	14	1	6,40	0,16	26000
		23/08/2004	0,11	5,67	1	2,60	6,70	0,15	89000
		20/09/2004	0,29	6,91	12	2	11,70	0,28	17000
		18/10/2004	0,13	4,74	19	2	8,80	0,20	22000
		15/11/2004	0,02	3,33	0	2,30	7,00	0,13	9600
		13/12/2004	0,16	4,12	3	3,10	5,80	0,12	24000
		75° percentile	0,27	7,14	12,50	2,38	8,83	0,19	24500,00
Cascinotto Mora	053045	19/01/2004	0,11	2,69	2	2,10	2,50	0,07	11000
		16/02/2004	0,12	1,95	5	1	5,40	0,05	3100
		15/03/2004	0,02	2,58	13	2,90	6,30	0,03	2200
		14/04/2004	0,12	2,78	6	2,90	7,20	0,06	4200
		17/05/2004	0,05	3,67	5	1	5,00	0,06	1700
		15/06/2004	0,06	3,52	4	1	6,90	0,03	340
		19/07/2004	0,02	2,84	5	1	2,50	0,03	1200
		23/08/2004	0,02	1,51	22	2,40	2,50	0,03	1900
		20/09/2004	0,02	1,65	2	1	9,30	0,07	1700
		19/10/2004	0,18	2,05	32	1	5,60	0,07	5100
		15/11/2004	0,04	1,86	6	2,40	5,80	0,07	2500
		13/12/2004	0,02	4,17	5	2,40	6,40	0,05	3500
		75° percentile	0,11	3,01	7,75	2,40	6,53	0,07	3675,00
C.na S.Maiolo	053050	19/01/2004	0,23	2,80	9	2,20	7,50	0,12	14000
		16/02/2004	0,24	2,23	6	2,90	7,70	0,13	8000
		15/03/2004	0,19	2,64	5	2,85	6,90	0,10	1700
		14/04/2004	0,30	2,83	4	3,50	8,40	0,17	14000
		17/05/2004	0,21	3,69	15	1	7,30	0,12	4100
		15/06/2004	2,53	1,04	57	4	20,50	0,46	71000
		19/07/2004	1,86	0,39	41	9	13,30	0,34	72000
		23/08/2004	0,09	1,80	7	2,75	2,50	0,14	15000
		20/09/2004	0,09	1,95	7	1	9,40	0,14	8200
		19/10/2004	0,58	2,45	24	2,33	9,30	0,18	2600
		15/11/2004	0,65	2,23	3	4	9,50	0,18	65000
		13/12/2004	0,02	2,00	2	3,10	2,50	0,06	3100
		75° percentile	0,60	2,68	17,25	3,63	9,43	0,18	27500,00
Salto dell'Agogna	053055	19/01/2004	0,21	2,46	11	2,90	9,50	0,16	24000
		16/02/2004	0,50	2,04	11	3,70	5,40	0,15	20000
		15/03/2004	0,40	2,54	0	3,90	10,90	0,17	7400
		14/04/2004	0,57	2,65	13	5,30	12,60	0,23	57000
		17/05/2004	0,33	3,26	4	3,20	8,80	0,14	8900
		15/06/2004	0,75	1,15	26	3,50	12,10	0,22	4200
		19/07/2004	0,24	1,07	6	2,85	8,90	0,18	1100
		23/08/2004	0,16	1,64	3	2,10	6,00	0,13	32000
		20/09/2004	0,23	1,88	15	2,50	8,90	0,15	26000
		19/10/2004	0,88	2,44	22	3,02	9,10	0,20	6900
		15/11/2004	0,80	2,00	1	3,00	9,40	0,16	30000
		13/12/2004	0,19	2,22	4	3,00	9,00	0,09	9100
		75° percentile	0,615	2,48	13,5	3,55	9,85	0,18725	27000

Fig. 24 - Stazioni ARPA per il monitoraggio della qualità delle acque del torrente Agogna – dati anno 2004

	Codice punto di prelievo	DATA	Azoto ammoniacale	Azoto nitrico	Ossigeno alla saturazione	B.O.D. 5	C.O.D.	Fosforo totale	Escherichia coli
			N mg/L	N mg/L	%	O2 mg/L	O2 mg/L	P mg/L	UFC/100 mL
Montezelio Basso	053010	17/01/2005	0,02	1,78	2	2,30	2,50	0,03	2200
		08/02/2005	0,05	4,56	3	1	2,50	0,03	500
		09/03/2005	0,06	1,57	8	1	10	0,05	970
		11/04/2005	0,02	1,77	3	1	6,40	0,03	560
		09/05/2005	0,02	1,40	7	1	2,50	0,03	1800
		13/06/2005	0,02	1,37	8	1	9,80	0,03	8800
		11/07/2005	0,02	1,68	7	1	5,20	0,06	21000
		22/08/2005	0,02	1,79	1	1	2,50	0,07	2700
		20/09/2005	0,02	1,80	3	1	2,50	0,07	2100
		12/10/2005	0,02	1,90	6	1	2,50	0,03	1400
		08/11/2005	0,02	1,39	9	1	2,50	0,05	950
		29/12/2005	0,02	1,72	10	1	2,50	0,03	380
		75° percentile	0,02	1,79	8,00	1,00	5,50	0,05	23250,00
Guado di Cureggio	053030	17/01/2005	0,32	5,22	4	2,40	5,60	0,12	3500
		08/02/2005	0,70	6,52	8	2,89	7,20	0,16	1100
		09/03/2005	0,52	6,61	4	3	30,80	0,25	2100
		11/04/2005	0,17	2,60	10	1	7,61	0,09	3600
		09/05/2005	0,02	4,36	15	1	8,60	0,13	5200
		13/06/2005	0,36	4,92	22	3,80	11,20	0,16	52000
		11/07/2005	0,10	7,90	10	1	6,40	0,16	19000
		22/08/2005	0,18	6,54	11	2,20	12	0,26	46000
		20/09/2005	0,46	5,03	10	1	8,60	0,19	15000
		12/10/2005	0,21	5,10	17	2	7	0,23	32000
		08/11/2005	0,38	4,69	30	8	10	0,25	3400
		29/12/2005	2,01	5,10	36	2,65	12	0,50	4800
		75° percentile	0,48	6,53	18,25	2,92	11,40	0,25	22250,00
Cascinotto Mora	053045	17/01/2005	0,02	1,98	2	3,02	8,70	0,07	1900
		08/02/2005	0,14	2,87	4	3,54	9,80	0,09	3500
		09/03/2005	0,30	2,41	9	3	8,60	0,16	50
		11/04/2005	0,06	3,24	2	1	8,30	0,09	1900
		09/05/2005	0,03	2,98	13	1	5,80	0,05	110
		13/06/2005	0,04	3,60	1	1	5	0,03	50
		11/07/2005	0,05	1,47	10	1	2,50	0,03	350
		23/08/2005	0,03	1,26	14	2,19	6,10	0,06	1000
		20/09/2005	0,07	1,25	6	1	6,30	0,06	2600
		12/10/2005	0,06	1,38	5	1	5,30	0,06	2800
		08/11/2005	0,11	1,34	1	1	6,70	0,10	2800
		13/12/2005	0,23	2,27	8	3,10	13,70	0,13	6000
		75° percentile	0,12	2,90	9,25	3,01	8,63	0,09	2800,00
C.na S.Maiolo	053050	17/01/2005	0,19	2,24	3	3	10	0,15	4400
		08/02/2005	0,79	2,64	24	5,35	13,30	0,24	17000
		09/03/2005	0,98	2,29	21	20	25,50	0,45	6500
		11/04/2005	0,55	3,21	5	4	19,90	0,31	12000
		09/05/2005	0,41	2,89	18	3,10	13,20	0,23	38000
		13/06/2005	1,30	1,47	36	22	48	0,94	50
		11/07/2005	0,89	1,58	53	12	18	0,40	96000
		23/08/2005	0,22	1,65	1	2,57	7,30	0,14	34000
		20/09/2005	0,45	1,61	3	3,30	9,90	0,28	3600
		12/10/2005	0,59	1,59	14	5	8,80	0,28	3400
		08/11/2005	0,87	1,44	25	8	16,80	0,35	65000
		13/12/2005	1,63	2,07	26	6,24	42	0,99	16000
		75° percentile	0,91	2,38	25,25	9,00	21,30	0,41	35000,00
Salto dell'Agogna	053055	17/01/2005	0,50	2,21	7	5	10,30	0,16	12000
		08/02/2005	1,33	2,57	25	3,73	11,60	0,24	7400
		09/03/2005	1,19	1,99	23	7	13,10	0,27	4900
		11/04/2005	0,28	3,15	6	3	16,90	0,27	3400
		09/05/2005	0,48	1,93	27	2,50	11,90	0,20	8900
		13/06/2005	0,50	0,92	33	6	38	0,30	18000
		11/07/2005	0,67	1,15	21	9	17,30	0,27	34000
		23/08/2005	0,28	1,39	10	3	10,80	0,18	24000
		20/09/2005	0,14	1,63	4	1	5,10	0,13	3500
		12/10/2005	0,37	1,76	11	3,20	7,80	0,20	1300
		08/11/2005	1,01	1,28	17	8	18,20	0,34	26000
		13/12/2005	3,07	1,48	30	5,80	16,90	0,60	39000
		75° percentile	1,06	2,05	25,50	6,25	17,00	0,28	24500,00

Fig. 25 - Stazioni ARPA per il monitoraggio della qualità delle acque del torrente Agogna – dati anno 2005

	Codice punto di prelievo	DATA	Azoto ammoniacale	Azoto nitrico	Ossigeno alla saturazione	B.O.D. 5	C.O.D.	Fosforo totale	Escherichia coli
			N mg/L	N mg/L	%	O2 mg/L	O2 mg/L	P mg/L	UFC/100 mL
Montezelio Basso	053010	23/01/2006	0,02	1,90	8	1	2,50	0,03	730
		13/02/2006	0,02	1,90	3	2,35	5,70	0,05	2300
		13/03/2006	0,02	2,11	5	2,15	2,50	0,05	3300
		12/04/2006	0,02	2,60		1	2,50	0,03	370
		10/05/2006	0,02	2,20		2	32,00	0,03	18000
		14/06/2006	0,02	1,50	2	1	2,50	0,03	920
		12/07/2006	0,02	1,70	3	1	2,50	0,06	1000
		09/08/2006	0,02	2,40	8	1	2,50	0,03	420
		13/09/2006	0,02	1,80	11	1	2,50	0,05	510
		11/10/2006	0,02	1,70	10	1	2,50	0,03	1800
		15/11/2006	0,02	1,50	6	1	2,50	0,03	660
		13/12/2006	0,02	1,90	18	1	2,50	0,03	1300
		75° percentile	0,015	2,1325	9,5	1,25	2,5	0,05	1925
Guado di Cureggio	053030	23/01/2006	3,26	7,24	50	2,30	15	0,75	9000
		13/02/2006	1,72	5,82	27	1	11,50	0,48	8000
		13/03/2006	1,56	3,41	12	3,10	8,60	0,24	16000
		12/04/2006	0,02	3		10	14	0,29	10000
		10/05/2006	0,63	1,90		11	24	0,19	60000
		14/06/2006	0,02	7,40	10	1	2,50	0,28	4200
		12/07/2006	0,27	6,90	17	1	6	0,23	5200
		09/08/2006	0,02	8,10	27	1	5	0,51	5200
		13/09/2006	0,02	8,30	24	6	7	0,80	4900
		11/10/2006	0,02	4,40	2	1	2,50	0,14	2900
		13/12/2006	0,02	3	5	1	2,50	0,03	3800
		75° percentile	1,10	7,32	27,00	4,55	12,75	0,50	9500,00
Cascinotto Mora	053045	23/01/2006	0,23	3	11	1	7,50	0,12	700
		13/02/2006	0,14	2,22	6	2,74	5,80	0,14	650
		13/03/2006	0,14	1,96	4	1	6,90	0,11	50
		12/04/2006	0,02	3,90		7	17,00	0,36	5100
		10/05/2006	0,71	2,60	3	24	41,00	0,07	70000
		14/06/2006	0,02	3,40	11	1	2,50	0,03	50
		12/07/2006	0,02	2,70	47	1	2,50	0,03	220
		09/08/2006	0,48	2,50	28	3	9	2,40	4900
		13/09/2006	0,02	1,20	5	1	2,50	0,03	2600
		11/10/2006	0,02	1,50	9	1	2,50	0,03	3200
		15/11/2006	0,02	1,40	7	9	14	0,05	2100
		13/12/2006	0,02	3,10	9	1	2,50	0,03	5200
		75° percentile	0,16	3,03	11,00	4,00	10,25	0,13	4950,00
C.na S.Maiolo	053050	23/01/2006	5,44	1,31	51	6	19,20	0,63	6300
		13/02/2006	1,71	2,19	10	2,30	10,50	0,30	2400
		13/03/2006	0,48	2,28	3	5,80	12,30	0,36	7500
		12/04/2006	0,46	3,60		13	23	0,33	9000
		10/05/2006	1	2,10	48	16	18	0,74	15000
		14/06/2006	0,93	1	4	13	15	1,45	41000
		12/07/2006	1,20	0,50	56	14	15	0,95	120000
		09/08/2006	0,02	1,90	20	24	37	0,03	240
		13/09/2006	0,02	1,60	5	1	2,50	0,22	2800
		11/10/2006	0,02	1,80	10	1	2,50	0,16	2700
		15/11/2006	0,02	1,90	2	1	2,50	0,21	2400
		13/12/2006	0,02	3,20	1	1	2,50	0,09	4500
		75° percentile	1,05	2,21	34,00	13,25	18,30	0,66	10500,00
Salto dell'Agogna	053055	23/01/2006	5,4	1,05	14	9	19,7	0,51	800
		13/02/2006	2,12	2,14	10	4,11	12	0,28	13000
		13/03/2006	0,37	2,13	6	4,5	13,7	0,29	17000
		12/04/2006	0,36	3,3		17	26	0,28	24000
		10/05/2006	1	1,7	16	9	11	0,46	5400
		14/06/2006	0,015	0,7	19	3	9	0,07	50
		12/07/2006	0,31	0,4	50	9	10	0,27	200
		09/08/2006	0,015	0,6	23	1	2,5	0,2	160
		13/09/2006	0,015	1,6	7	2	6	0,33	1200
		11/10/2006	0,015	1,8	1	1	2,5	0,24	1100
		15/11/2006	0,015	1,9	5	1	6	0,32	1900
		13/12/2006	0,12	3,2	3	1	2,5	0,1	6300
		75° percentile	0,53	2,13	17,50	9,00	12,43	0,32	7975,00

Fig. 26 - Stazioni ARPA per il monitoraggio della qualità delle acque del torrente Agogna – dati anno 2006



Fig. 27 – Monitoraggio inquinanti specifici nelle acque del torrente Agogna – dati ARPA Piemonte

TRATTI			CONDIZIONI GENERALI (LIM)	INQUINANTI SPECIFICI	Q _{chimico fisica}	Q _{chimico fisica}	
DA (Km)	A (Km)	D L (Km)	peso: *	peso: *		D L (Km)	aggregazione spaziale
0,0	26,0	26,0	0,75	no	0,75	26,0	0,75
26,0	62,1	36,1	0,25	si	0,25	36,1	0,25
62,1	72,7	10,6	0,50	no	0,50	10,6	0,50
72,7	85,6	12,9	0,25	no	0,25	23,1	0,25
85,6	95,8	10,2	0,50	si	0,25		

* vedi modalità di aggregazione nel cap. 3.2.3.3

Fig. 28 – elaborazioni indice di Qualità Chimico Fisica del torrente Agogna – dati anno 2006



Fig. 29 – elaborazioni sub-indici di Qualità Chimico Fisica del torrente Agogna – dati anno 2006
da sinistra: Azoto ammoniacale, Azoto nitrico, Ossigeno alla saturazione



Fig. 30 – elaborazioni sub-indici di Qualità Chimico Fisica del torrente Agogna – dati anno 2006
da sinistra: BOD5, COD, Fosforo totale

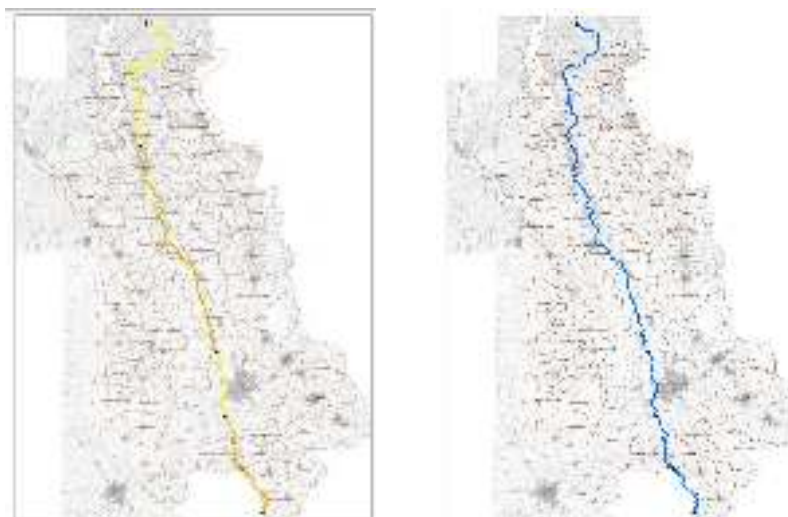


Fig. 31 – elaborazioni sub-indici di Qualità Chimico Fisica del torrente Agogna – dati anno 2006
 Da sinistra: *E. coli*, prodotti fitosanitari



Fig. 32 – elaborazioni sub-indici di Qualità Chimico Fisica del torrente Agogna – dati anno 2006
 Da sinistra: composti organici semivolatili, idrocarburi alifatici clorurati, idrocarburi aromatici



Fig. 33 – elaborazioni sub-indici di Qualità Chimico Fisica del torrente Agogna – dati anno 2006
 Da sinistra: idrocarburi aromatici alogenati, IPA, inquinanti inorganici

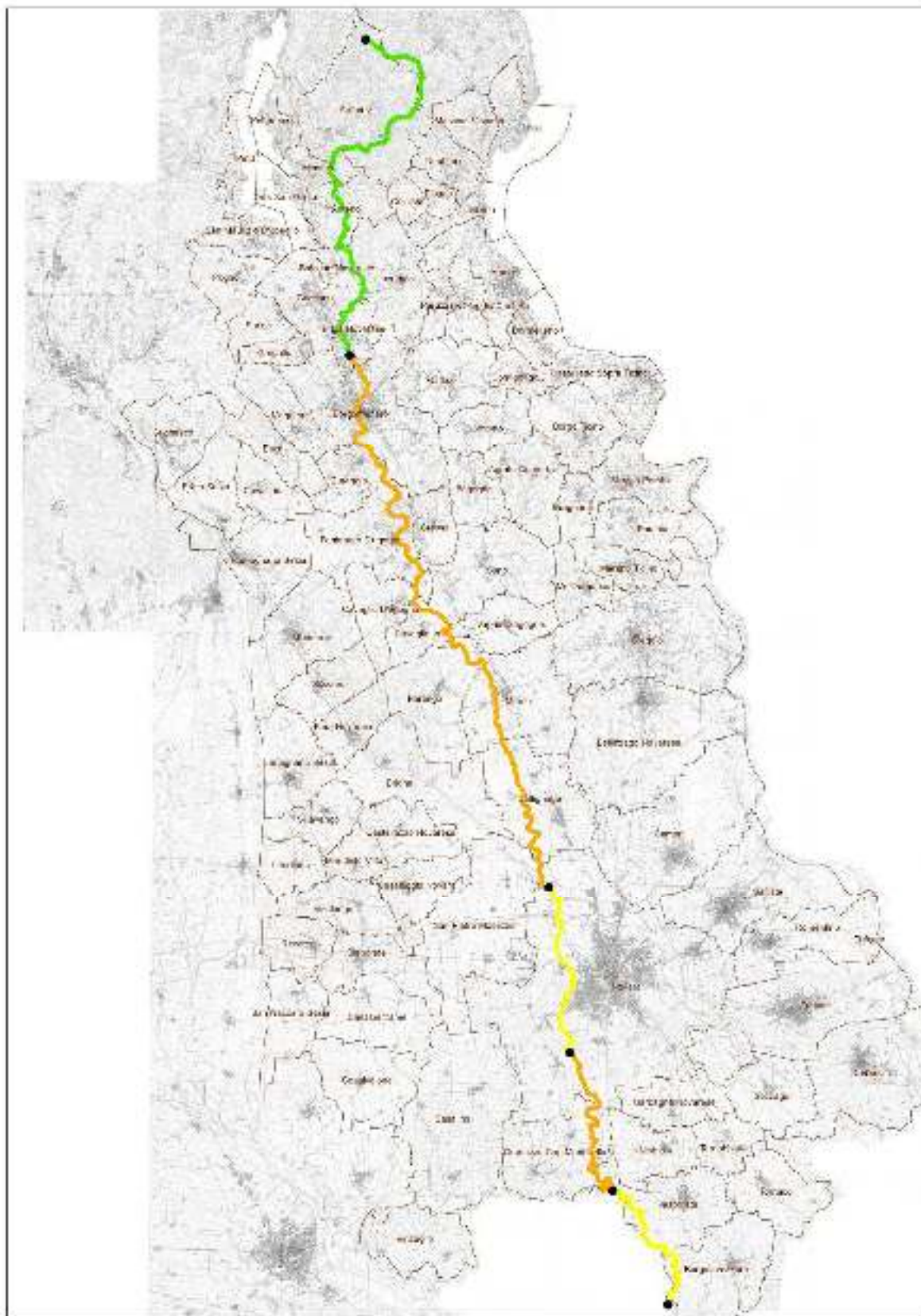


Fig. 34 – elaborazioni sub-indici di Qualità Chimico Fisica del torrente Agogna – dati anno 2006 - CONDGEN

QUALITA' BIOLOGICO-AMBIENTALE

Dati valore dei parametri IBE (ai sensi di legge), ittiofauna e vegetazione
Stazioni per l'IBE tutte le 5 stazioni ARPA Piemonte presenti lungo l'Agogna (vedi figura xx), analogamente per l'ittiofauna (lo studio della regione Piemonte ha considerato le stesse stazioni per il monitoraggio della qualità, al fine di svolgere analisi di correlazione), tutto il corridoio fluviale per la vegetazione (fino ai 500 mt di altitudine, secondo la metodica ARPA Piemonte per il calcolo dell'indice di qualità eco sistemica)
Periodo di rif. 2000-2006 per l'IBE, 2006 per l'ittiofauna, 2000 per la vegetazione

Montezelio Basso	Valore IBE	Classe IBE
2000	11	1
2001	10	1
2002	10	1
2003	10	1
2004	10	1
2005	10	1
2006	11	1

Guado di Cureggio	Valore IBE	Classe IBE
2000	6	3
2001	5	4
2002	6	3
2003	6	3
2004	5	4
2005	6	3
2006	9	2

Cascinotto Mora	Valore IBE	Classe IBE
2000	6	3
2001	7	3
2002	7	3
2003	6	3
2004	5	4
2005	6	3
2006	7	3

C.na S.Maiolo	Valore IBE	Classe IBE
2000	4	4
2001	4	4
2002	4	4
2003	2	5
2004	2	5
2005	2	5
2006	3	5

Salto dell'Agogna	Valore IBE	Classe IBE
2000	6	3
2001	6	3
2002	6	3
2003	n.d.	n.d.
2004	n.d.	n.d.
2005	n.d.	n.d.
2006	n.d.	n.d.



Fig. 35 – elaborazioni sub-indice di Qualità Biologico-Ambientale del torrente Agogna
 dati IBE 2000-2006 (fonte ARPA Piemonte), stazioni di rilevamento, elaborazione grafica (2006)

TRATTI			INDICE ITTICO FLEA	INDICE ITTICO Forneris		COMPOSIZIONE	presenza specie AUTOCTONE	presenza specie ALLOCTONE	STRUTTURA	abbondanza SPECIE GUIDA	età SPECIE GUIDA
DA (Km)	A (Km)	D L (Km)		2004	2006						
0,0	26,0	26,0	0,43	22	22	0,54	0,31	0,76	0,37	0,30	0,40
26,0	62,1	36,1	0,36	17	17	0,46	0,23	0,69	0,31	0,26	0,33
62,1	72,7	10,6	0,49	33	33	0,63	0,54	0,73	0,40	0,34	0,42
72,7	85,6	12,9	0,15	-1	-1	0,16	0,15	0,17	0,15	0,09	0,17
85,6	95,8	10,2	0,59	2	2	0,27	0,38	0,17	0,87	0,42	1,00


Fig. 36 – elaborazioni sub-indice di Qualità Biologico-Ambientale del torrente Agogna
Indice ittico Forneris (2004 e 2006), indice ittico da FLEA (su dati Forneris 2006)

Sezione	Indicatore			Giudizio		
	0-30 m	30-100 m	100-300 m	0-30 m	30-100 m	100-300 m
1	0,32	0,03	0,04	scadente	pessimo	pessimo
2	0,71	0,05	0,02	buono	pessimo	pessimo
3	0,38	0,01	0,00	scadente	pessimo	pessimo
4	0,31	0,02	0,01	scadente	pessimo	pessimo
5	0,52	0,02	0,01	sufficiente	pessimo	pessimo
6	0,51	0,10	0,01	sufficiente	pessimo	pessimo
7	0,32	0,05	0,02	scadente	pessimo	pessimo
8	0,30	0,00	0,01	scadente	pessimo	pessimo
9	0,69	0,06	0,00	buono	pessimo	pessimo
10	0,62	0,09	0,03	buono	pessimo	pessimo
11	0,30	0,00	0,00	scadente	pessimo	pessimo
12	0,49	0,03	0,00	sufficiente	pessimo	pessimo
13	0,58	0,08	0,01	sufficiente	pessimo	pessimo
14	0,74	0,29	0,03	buono	scadente	pessimo
15	0,61	0,38	0,17	buono	scadente	pessimo
16	0,74	0,29	0,12	buono	scadente	pessimo
17	0,53	0,03	0,01	sufficiente	pessimo	pessimo
18	0,98	0,66	0,15	ottimo	buono	pessimo
19	0,82	0,35	0,09	ottimo	scadente	pessimo
20	0,74	0,28	0,11	buono	scadente	pessimo
21	0,74	0,52	0,16	buono	sufficiente	pessimo
22	1,04	0,73	0,16	ottimo	buono	pessimo
23	0,76	0,50	0,22	buono	sufficiente	scadente
24	0,76	0,35	0,13	buono	scadente	pessimo
25	0,77	0,44	0,13	buono	sufficiente	pessimo
26	0,79	0,64	0,65	buono	buono	buono
27	0,75	0,42	0,24	buono	sufficiente	scadente
28	0,85	0,51	0,27	ottimo	sufficiente	scadente
29	0,62	0,12	0,18	buono	pessimo	pessimo
30	0,71	0,24	0,28	buono	scadente	scadente
31	0,87	0,35	0,42	ottimo	scadente	sufficiente
32	0,83	0,40	0,48	ottimo	sufficiente	sufficiente
33	0,78	0,27	0,14	buono	scadente	pessimo
34	0,37	0,06	0,03	scadente	pessimo	pessimo
35	0,71	0,29	0,09	buono	scadente	pessimo
36	0,75	0,20	0,15	buono	pessimo	pessimo
37	0,92	0,66	0,71	ottimo	buono	buono
38	0,90	0,82	0,85	ottimo	ottimo	ottimo
39	0,98	0,88	0,81	ottimo	ottimo	ottimo
40	0,98	0,98	0,97	ottimo	ottimo	ottimo
41	0,97	0,52	0,69	ottimo	sufficiente	buono
42	0,95	0,47	0,39	ottimo	sufficiente	scadente
43	0,98	0,78	0,68	ottimo	buono	buono

	Tratti		
	0-30 m	30-100 m	100-300 m
Borgolavezzaro	0,47	0,04	0,02
Vespolate			
Granozzo con Monticello			
Novara	0,57	0,16	0,05
Caltignaga	0,80	0,43	0,25
Momo			
Barengo			
Cavaglietto			
Fontaneto d'Agogna			
Cureggio	0,62	0,21	0,08
Borgomanero			
Briga Novarese	0,91	0,71	0,70
Bolzano Novarese			
Ameno			
Miasino	0,96	0,50	0,54
Armeno	0,98	0,78	0,68

Fig. 37 – elaborazioni sub-indice di Qualità Biologico-Ambientale del torrente Agogna – vegetazione

SI NOTI COME IN FASE DI ELABORAZIONE DATI SIANO STATI CONSIDERATI TRE BUFFER DI VEGETAZIONE (0-30 mt – 30-100 mt, 100-300 mt): PER IL CALCOLO DELL'INDICE DI QUALITA' BIOLOGICO AMBIENTALE E' STATA CONSIDERATA LA SOLA FASCIA 0-30 mt

TRATTI			MACROINVERTEBRATI	FAUNA ITTICA	VEGETAZIONE RIPARIA	Q _{biologica}	Q _{biologica}	
DA (Km)	A (Km)	D L (Km)	peso 0,35	peso 0,34	peso 0,31		D L (Km)	aggregazione spaziale
0,0	10,7	10,7	1,00	0,43		0,72	26,0	0,75
10,7	12,0	1,3			0,99			
12,0	16,0	4,0			0,91			
16,0	26,0	10,0			0,90			
26,0	32,0	6,0			0,59			
32,0	62,1	30,0	0,75	0,36	0,67	0,57	46,7	0,57
62,1	66,8	4,7	0,50	0,49	0,58	0,59		
66,8	72,7	6,0				0,52		
72,7	85,6	12,9				0,52		
85,6	95,8	10,2				0,22		
						0,36	0,53	

86

QUALITA' IDRO-MORFOLOGICA

Dati continuità longitudinale (da censimento traverse), equilibrio e condizioni geomorfologiche (da giudizio di esperto)
Stazioni non rilevante
Periodo di rif. 2007

cod	tipologia	toponimo	località	progressiva [m]	significatività
1	soglia	ponte SP39 c/o maneggio	Gignese (VCO)	3.435	no
2	traversa	presa centrale	Ameno	16.516	si
3	traversa	ponte SP111 c/o maneggio (a monte)	Bolzano N.se	20.897	si
4	traversa	ponte SP111 c/o maneggio (a valle)	Inverio	21.328	si
5	traversa	ponte SP86 (a monte)	Gozzano	23.687	si
6	traversa	ponte SP86 (a monte)	Gozzano	23.923	si
7	traversa	ponte SP33A (a monte)	Gozzano	24.848	si
8	traversa	nuovo ponte tangenziale	Briga Novarese	25.712	si
9	traversa	depuratore Briga Nov. (a monte)	Briga Novarese	26.172	si
10	soglia	ponte San Marco	Borgomanero	26.919	si
11	traversa	cascina Prazzole	Borgomanero	27.490	si
12	soglia	ponte FFSS (Borgomanero-Gozzano)	Borgomanero	28.366	si
13	traversa	ponte SR229 (a monte)	Borgomanero	28.899	si
14	soglia	curva del fiume	Borgomanero	29.303	si
15	soglia	scuole (a monte)	Borgomanero	29.731	si
16	soglia	scuole (a valle)	Borgomanero	29.861	si
17	soglia	ponte vecchio	Borgomanero	-	no
18	traversa	guado Cureggio (a valle ponte FFSS)	Cureggio	31.755	si
19	traversa	depuratore Cureggio (a monte scarico)	Cureggio	-	no
20	traversa	cascina Cappuccina	Cureggio	-	no
21	traversa	loc. San Martino	Fontaneto d'A.	35.851	si
22	traversa	prati S. Martino (a valle autostrada)	Fontaneto d'A.	37.280	si
23	traversa	cascina Tuvinà	Fontaneto d'A.	38.219	si
24	traversa	ponte SP23 (a monte)	Fontaneto d'A.	39.290	si
25	traversa	loc. Prati S. Giovanni	Fontaneto d'A.	40.280	si
26	traversa	confluenza T. Lirone	Fontaneto d'A.	41.703	si
27	traversa	Salvalonga	Cavaglietto	44.109	si
28	traversa	Salvalonga	Cavaglietto	44.466	si
29	traversa	loc. Cascinetta	Cavaglietto	46.117	si
30	traversa	loc. Molino Vecchio	Cavaglietto	48.272	si
31	traversa	confluenza Meja (a monte)	Barengo	-	no
32	traversa	confluenza Meja (a valle)	Momo	50.201	si
33	traversa	depuratore Momo (a valle)	Momo	-	no
34	soglia	loc. Cascina Molinaccio	Caltignaga	-	no
35	traversa	loc. Cascinone	Caltignaga	55.935	si
36	traversa	intersezione diramatore nov. (a monte)	Caltignaga	58.382	si
37	traversa	loc. Cascina Ferrandi	Caltignaga	61.370	si
38	traversa	confluenza R. Mora (a valle ponte FFSS)	Novara	63.362	si
39	traversa	intersezione can. Cavour (a valle)	Novara	65.301	si
40	soglia	ponte autostrada	Novara	65.660	si
41	traversa	ponte Agognate SP299	Novara	66.705	si
42	soglia	ponte FFSS (Novara-Carpignano)	Novara	67.314	si
43	soglia	ponte FFSS (Novara-Torino)	Novara	69.882	si
44	soglia	vecchio ponte SS11 (a monte)	Novara	71.389	si
45	traversa	depuratore Novara (a monte scarico)	Novara	72.663	si
46	traversa	loc. Cascina della Chiusa	Vespolate	83.123	si
47	traversa	loc. Chiusa di Nicorvo	Vespolate	91.703	si

Fig. 40 – traverse censite e relativa significatività in termini di continuità longitudinale del torrente Agogna



Provincia di Novara

tratto	da - a [m]	limiti fluviali	lunghezza [m]	descrizione	fondo		EQUILIBRIO GEOMORF.	CONDIZIONI MORFOLOGICHE					GIUDIZI
					fisso	mobile		TIPOLOGIA		PROFLO		STRUTTURA	
								referimento	attuale	indicatore	indicatore		
1	0	borgate	3.412	torre montana, tratto a forte pendenza, a fondo fisso, senza piano alluvionale (impulso su roccia/soudelet), terreni sospesi ed origine glaciale, frane di sponda	x		1,00	monocursale	monocursale	1,00	1,00	1,00	legenda EQ. GEOMORFOLOGICO descrizione score
2	3.412	coffia del ponte SP39 c/o maneggio	1.505	torre montana, tratto a forte pendenza, a fondo fisso, senza piano alluvionale (impulso su roccia/soudelet), terreni sospesi ed origine glaciale, frane di sponda	x	x	0,15	monocursale	monocursale	1,00	1,00	0,30	
3	4.917	loc. Cascinone	1.658	alternanza di terreni erosionali e non, versanti rocciosi, situazione inalterata dal punto di vista geomorfologico	x		1,00	monocursale	monocursale	1,00	1,00	1,00	stabile morfologia
4	6.575	loc. Genbi	4.131	tratto prevalentemente a fondo fisso	a tratti	a tratti	1,00	monocursale	monocursale	1,00	1,00	1,00	instabile in peggioramento
5	10.706	confluenza T. Orsella	5.144	tratto prevalentemente a fondo fisso, alternanza di terreni erosionali e non, situazione inalterata dal punto di vista geomorfologico	a tratti	a tratti	1,00	monocursale	monocursale	1,00	1,00	1,00	stabile in peggioramento
6	15.850	ponticello Ameno - Casciano	659	tratto prevalentemente a fondo fisso, presenza erosioni laterali da bacini di ricarica	a tratti	a tratti	1,00	monocursale	monocursale	1,00	1,00	1,00	stabile in peggioramento
7	16.509	area idroelettrica	4.830	valle alluvionale con terrazzi, alternanza di tratti in roccia (fondo fisso), complessivamente morfologia molto variabile con tratti in leve incisione	a tratti	a tratti	0,70	monocursale	monocursale	1,00	0,70	1,00	stabile in peggioramento
8	21.339	restituzione idroelettrica	2.779	presenza di più ordini di terrazzi (naturale incisione in tempi geologici), quattro traverse, evidenti erosioni laterali e traverse in fase di scalamento (trend positivo di una tendenza al riequilibrio)	x		0,70	monocursale	monocursale	1,00	0,70	1,00	stabile in peggioramento
9	24.118	ponte Magli R. - Gozzano	2.789	a tratti regimato, a tratti stabile su fondo di unghie glaciali, presenza una traversa in scalamento	x		0,50	monocursale	monocursale	1,00	0,70	0,70	stabile in peggioramento
10	26.907	Borgomansero - loc. S. Marco	1.452	primo tratto a sostanzialmente stabile (recenti ulteriori interventi di regimazione)	x		0,30	monocursale	monocursale	1,00	0,70	0,50	stabile in peggioramento
11	28.359	ponte FFS Borgomansero - Gozzano	2.622	dettagli: inavvolgimento vengono periodicamente asportati, sezione rettangolare in tratto urbano, a tratti sponda dei sarti (ma regimata)	x		0,15	monocursale	monocursale	1,00	0,50	0,50	stabile in peggioramento
12	30.981	confluenza T. Lagone	8.519	presenza di diverse traverse significative, gli effetti delle acque bianche di Borgomansero si manifestano con localizzate leve erosioni spondali, il fondo è stabile per letto su unghie glaciali e traverse	x		0,30	monocursale	monocursale	1,00	0,70	0,50	stabile in peggioramento
13	39.300	ponte Fontaneto d'A. - Cressa	4.275	tratto alluvionale straragione, forme morfologiche irregolari	x		0,70	monocursale	monocursale	1,00	0,70	0,70	stabile in peggioramento
14	41.575	confluenza T. Suzzone	8.512	la confluenza con T. Suzzone dovrebbe fornire detrito ma dilga a uso idroponabile trattenere sedimenti, sostanzialmente in equilibrio, con lungo scaricato naturale, incisione trascurabile	x		1,00	wandering	monocursale	1,00	1,00	0,70	stabile in peggioramento
15	52.087	ponte Momo - Agnello	5.639	topologia passata narrowing, topologia presente widening, in buona evoluzione morfologica, in fase di aggradazione, presenza di traversa bloccata	x		0,70	wandering	monocursale	1,00	0,70	0,70	stabile in peggioramento
16	57.726	ponte Morghengo - Callignaga	5.624	tratto, con meandri in parte fissati, leve incisione	x		0,30	monocursale	monocursale	1,00	0,70	0,70	stabile in peggioramento
17	61.350	confluenza R. Mura	3.319	presenza rettificazioni, variazione di regime per confluenza con reggia Mura, diminuzione pendenza, evidente disuguaglianza morfologica da sola a valle di reggia Mura, il fiume Cavour determina una quota fissa mantenuta, da canale Cavour alla TAV è stabile morfologia altrove è instabile in peggioramento	x		0,30	monocursale	monocursale	1,00	0,50	0,30	stabile in peggioramento
18	66.669	ponte Novara - Agnello	6.006	forte incisione, tendente al stabile con ancora qualche espressione di dinamica geomorfologica	x		0,30	monocursale	monocursale	1,00	0,00	0,00	stabile in peggioramento
19	72.675	traversa depuratore Novara	3.446	tratto molto condizionato dalle pratiche agricole che si spingono sempre più in alto, evidenti crolli di sponda a seguito di asportazioni, erosione in alto in sezione presso fana finale	x		0,30	monocursale	monocursale	1,00	0,50	0,30	stabile in peggioramento
20	76.121	area cascinone Malenta	6.988	tratto, in fase di regimato	x		0,50	monocursale	monocursale	1,00	0,70	0,50	stabile in peggioramento
21	83.109	colle dell'Agogna	12.666	tratto, in fase di regimato	x		0,50	monocursale	monocursale	1,00	0,50	0,50	stabile in peggioramento
22	95.775	confine regionale			x		0,50	monocursale	monocursale	1,00	0,50	0,50	stabile in peggioramento

Fig. 41 – giudizi di esperto (L.Bedoni, ARPA Piemonte) su sub-indici di Qualità Idro-Morfologica del torrente Agogna
Equilibrio geomorfologico, condizioni morfologiche

TRATTI			CONTINUITA' LONGITUDINALE	EQUILIBRIO GEOMORFOLOGICO	CONDIZIONI MORFOLOGICHE	Q _{geomorfologica}	Q _{geomorfologica}	
DA (Km)	A (Km)	D L (Km)	peso 0,34	peso 0,33	peso 0,33		D L (Km)	aggregazione spaziale
0,0	3,4	3,4	1,00	1	1	1,00	3,4	1,00
3,4	4,9	1,5	0,55	0,15	0,77	0,49	1,5	0,49
4,9	6,6	1,7		1	1	0,85	11,6	0,85
6,6	10,7	4,1		1	1	0,85		
10,7	15,9	5,1		1	1	0,85		
15,9	16,5	0,7		1	1	0,85		
16,5	20,9	0,7	0,45	0,7	0,9	0,68	0,7	0,68
20,9	21,3	4,4	0,06			0,55	4,4	0,55
21,3	23,7	0,4	0,31			0,64	0,4	0,64
23,7	23,9	2,4	0,03	0,5	0,8	0,54	4,8	0,50
23,9	24,8	0,2	0,12			0,47		
24,8	25,7	0,9	0,12			0,47		
25,7	26,2	0,9	0,06			0,45		
26,2	26,9	0,5	0,10			0,47	3,7	0,29
26,9	27,5	0,7	0,08	0,3	0,73	0,37		
27,5	28,4	0,6	0,12			0,38		
28,4	28,9	0,9	0,07	0,15	0,5	0,24		
28,9	29,3	0,5	0,05			0,23		
29,3	29,7	0,4	0,06			0,24		
29,7	29,9	0,4	0,02			0,22		
29,9	31,8	0,1	0,25			0,30		
31,8	35,9	1,9	0,44	0,3	0,73	0,49	6,0	0,43
35,9	37,3	4,1	0,19			0,41	2,4	0,39
37,3	38,2	1,4	0,13			0,39		
38,2	39,3	0,9	0,14			0,39	2,1	0,55
39,3	40,3	1,1	0,13	0,7	0,8	0,54	1,4	0,61
40,3	41,7	1,0	0,19			0,56	2,8	0,55
41,7	44,1	1,4	0,32	1	0,57	0,61	5,7	0,64
44,1	44,5	2,4	0,05			0,54		
44,5	46,1	0,4	0,22			0,60	11,2	0,50
46,1	48,3	1,7	0,29			0,62		
48,3	50,2	2,2	0,26			0,61		
50,2	52,1	1,9	0,49	0,7	0,47	0,69		
52,1	55,9	1,9	0,33			0,55	10,5	0,34
55,9	58,4	3,8	0,40	0,3	0,8	0,50		
58,4	61,4	2,4	0,27			0,50		
61,4	63,4	3,0	0,26	0,3	0,6	0,46		
63,4	65,3	2,0	0,05			0,39	13,2	0,54
65,3	65,7	1,9	0,14	0,5	0,33	0,32		
65,7	66,7	1,9	0,08			0,32		
66,7	67,3	0,4	0,34			0,30		
67,3	69,9	1,0	0,20			0,39		
69,9	71,4	0,6	0,17			0,34		
71,4	72,7	2,6	0,53	0,3	0,6	0,33		
72,7	76,1	1,5		0,5	0,73	0,48		
76,1	83,1	1,3	0,52	0,5	0,67	0,59		
83,1	91,7	3,5	0,44			0,56		
91,7	95,8	7,0				0,54		

Fig. 42 – elaborazioni (sub-)indici di Qualità Idro-Morfologica del torrente Agogna



Fig. 43 – elaborazioni sub-indice di Condizioni geomorfologiche del torrente Agogna
 Da sinistra: profilo geomorfologico, struttura geomorfologica, tipologia geomorfologica



Fig. 44 – elaborazioni sub-indice di Qualità Idro-Morfologica del torrente Agogna
 Da sinistra: condizioni geomorfologiche, continuità longitudinale, equilibrio geomorfologico

STATO ECOLOGICO

TRATTI			Q _{chimico-fisica} peso 0,25	Q _{biologica} peso 0,42	Q _{geomorfologica} peso 0,33	STATO ECOLOGICO	STATO ECOLOGICO	
DA (Km)	A (Km)	D L (Km)					D L (Km)	aggregazione spaziale
0,0	3,4	3,4	0,75	0,72	1,00	0,82	22,7	0,82
3,4	4,9	1,5			0,49	0,65		
4,9	6,6	1,7			0,85	0,77		
6,6	10,7	4,1			0,85	0,77		
10,7	12,0	1,3		0,80	0,85	0,80		
12,0	15,9	3,8			0,78	0,79		
15,9	16,5	0,7		0,78		0,85		
16,5	20,9	4,4			0,68	0,74		
20,9	21,3	0,4			0,55	0,70		
21,3	23,7	2,4			0,64	0,72		
23,7	23,9	0,2			0,54	0,69		
23,9	24,8	0,9			0,47	0,67		
24,8	25,7	0,9			0,47	0,67		
25,7	26,2	0,5		0,45	0,66			
26,2	26,9	0,7	0,57	0,47	0,46			
26,9	27,5	0,6		0,37	0,42			
27,5	28,4	0,9		0,38	0,43			
28,4	28,9	0,5		0,24	0,38			
28,9	29,3	0,4		0,23	0,38			
29,3	29,7	0,4		0,24	0,38			
29,7	29,9	0,1		0,22	0,37			
29,9	31,8	1,9		0,30	0,40			
31,8	35,9	4,1		0,59	0,49	0,47		
35,9	37,3	1,4			0,41	0,45		
37,3	38,2	0,9			0,39	0,44		
38,2	39,3	1,1			0,39	0,44		
39,3	40,3	1,0	0,54		0,49			
40,3	41,7	1,4	0,56		0,50			
41,7	44,1	2,4	0,61		0,51			
44,1	44,5	0,4	0,54		0,49			
44,5	46,1	1,7	0,60		0,51			
46,1	48,3	2,2	0,62		0,52			
48,3	50,2	1,9	0,61		0,51			
50,2	52,1	1,9	0,69		0,54			
52,1	55,9	3,8	0,5	0,55	0,49			
55,9	58,4	2,4		0,50	0,48			
58,4	61,4	3,0		0,50	0,48			
61,4	62,1	0,7		0,46	0,46			
62,1	63,4	1,3		0,52	0,49	0,47		
63,4	65,3	1,9			0,39	0,45		
65,3	65,7	0,4		0,52	0,32	0,45		
65,7	66,7	1,0			0,32	0,44		
66,7	67,3	0,6			0,30	0,47		
67,3	69,9	2,6			0,39	0,46		
69,9	71,4	1,5			0,34	0,45		
71,4	72,7	1,3			0,33	0,44		
72,7	76,1	3,5	0,48		0,31			
76,1	83,1	7,0	0,59		0,35			
83,1	85,6	2,5	0,25	0,56	0,34			
85,6	91,7	6,1		0,36	0,40			
91,7	95,8	4,1	0,54		0,39			

Fig. 45 – elaborazioni indice di STATO ECOLOGICO del torrente Agogna