RELAZIONE TECNICA e ALLEGATI

INDAGINI AMBIENTALI SUL TORRENTE LAVAGNA PER LA REALIZZAZIONE DELL' IMPIANTO IDROELETTRICO IN LOCALITÀ FERRADA (GE)



Settembre 2011

aquaterra
ecologia fluviale
& informazione geografica

Studio Associato di Enrico Pini Prato e Sebastian Schweizer
via D.M. Manni 84r, 50135 Firenze – t/f 0556120806
P.I. – C.F. 05939830484
web sites:
www.aquaterra.it
www.passaggiperpesci.it

Committente

Studio Ing. Dellacasa - P.A.G.I. s.r.l.
Via Adda n. 24 - 10098 Rivoli (TO)

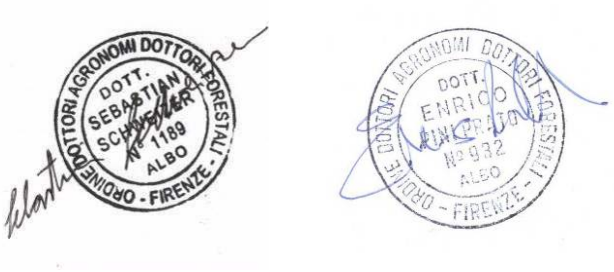
Dettaglio Incarico

Attività di consulenza ambientale all'attivazione della procedura di screening per un impianto mini-idroelettrico sul t. Lavagna (GE)

Coordinatore e responsabile scientifico

dr. For. Enrico Pini Prato

dr. For. Sebastian Schweizer



Staff di lavoro

dr. For. Enrico Pini Prato – ecosistemi, DMV, progettazione passaggio pesci

dr. For. Sebastian Schweizer – inquadramento IFF, mesoHABSIM, elaborazioni GIS

Premessa

A seguito di richiesta da parte di Artico/Caramellino/Dellacasa/Fossati/Tronchi, proponente per la costruzione di un impianto ad uso idroelettrico in località Ferrada sul torrente Lavagna è stato eseguito uno studio per la compatibilità e l'inserimento ambientale del progetto presentato. Tale studio è stato realizzato a seguito dei sopralluoghi e perizie effettuati presso il tratto d'interesse nel mese di Luglio 2011.

In particolare, per questa indagine, sono stati eseguiti studi specialistici sulle componenti ambientali che maggiormente risentono degli impatti dovuti alla realizzazione di impianti idroelettrici, ovvero: stato e consistenza degli ecosistemi fluviali e fauna ittica. Lo scopo del presente studio è quello di fornire indicazioni sul Deflusso Minimo Vitale (DMV) e la progettazione definitiva di un Passaggio per Pesci (PpP) aventi lo scopo di mitigare e minimizzare quanto più possibile gli impatti derivanti dalla costruzione dell'impianto idroelettrico sulle componenti ambientali succitate.

Tale consulenza infine va a recepire e sviluppare quanto contenuto nel D.G.R. 551/08 della Regione Liguria "Indirizzi per lo sfruttamento delle energie rinnovabili" ed in particolare alla lista dei *Contenuti documentali* , punto 2:

- relazione naturalistica (con riferimento ad alcun specie indicate al punto 1)
- progetto passaggio per pesci
- eventuali ulteriori mitigazioni/compensazioni morfologiche e vegetazionali

Indice

1. ECOSISTEMA FLUVIALE DEL T. LAVAGNA 5

1.1. INQUADRAMENTO FUNZIONALE DEL FIUME 5
1.2. ELEMENTI DI INTERESSE 11
1.3. TIPOLOGIE DI HABITAT INDIVIDUATE 12
1.3.1. Run 13
1.3.2. Riffle 14
1.3.3. Pool 15
1.3.4. Glide 16
1.3.5. Rapids 17
1.3.6. Ruffle 17
1.4. APPLICAZIONE DEL METODO MPA 18
1.5. INDICAZIONI TECNICHE PER LA MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI SUI MESOHABITAT 21

2. INDAGINE ITTIOLOGICA 22

2.1. INQUADRAMENTO GENERALE SU BASE BIBLIOGRAFICA 22
2.2. INDICAZIONI TECNICHE PER LA TUTELA DELLA FAUNA ITTICA 24

3. VALUTAZIONI SUL DEFLUSSO MINIMO VITALE 25

3.1. LA LOGICA IFIM 25
3.2. APPLICAZIONE DEL METODO MSA 26
3.2.1. Specie bersaglio e relative idoneità ambientali 26
3.2.2. Scelta delle sezioni e delle portate 28
3.2.3. Risultati mesohabitat Run 32
3.2.4. Risultati mesohabitat Riffle 32
3.2.5. Risultati mesohabitat Ruffle 33
3.3. APPLICAZIONE DEL METODO MESOHABIM 34
3.3.1. Il Mesohabsim applicato al torrente Lavagna 36
3.4. INDICAZIONI TECNICHE PER IL RILASCIO DEL DMV 40

4. PROGETTAZIONE PRELIMINARE PASSAGGIO PER PESCI 42

4.1. INQUADRAMENTO NORMATIVO 42
4.2. PORTATA DI ALIMENTAZIONE DEL PASSAGGIO PER PESCI 43
4.3. INDICAZIONI TECNICHE PER LA REALIZZAZIONE 45
4.3.1. Caratteristiche dei "passaggi tecnici" ed applicazione alla traversa di Ferrada 45
4.3.2. Dimensionamento tecnico-idraulico del passaggio per pesci di Ferrada 49
4.3.3. Altri elementi tecnici: paratoie e grigliati metallici 52
4.4. CENNI PER LA MANUTENZIONE DELLE OPERE 53
4.5. INDICAZIONI DI MASSIMA PER IL COLLAUDO ED I MONITORAGGI 54
4.5.1. Campionamenti e catture dell'ittiofauna 54
4.5.2. Verifica dei parametri idraulici 55

5. MATRICE RIASSUNTIVA IMPATTI/INDICAZIONI TECNICHE 56

ALLEGATI: Tavole progettuali Passaggio per pesci

1. ECOSISTEMA FLUVIALE DEL T. LAVAGNA

1.1. INQUADRAMENTO FUNZIONALE DEL FIUME

La premessa in un'analisi ambientale che ha come oggetto le componenti di un corridoio fluviale, è una visione complessiva del *livello di funzionalità* del corridoio stesso. L'obiettivo consiste nel rilievo dello stato complessivo dell'ambiente fluviale e nella valutazione della sua funzionalità, intesa come risultato della sinergia e dell'integrazione di un'importante serie di fattori biotici ed abiotici presenti nell'ecosistema acquatico e in quello terrestre ad esso collegato (dal "I.F.F. 2007 – Indice di Funzionalità Fluviale", manuale APAT). Attraverso l'analisi di parametri morfologici, strutturali e biotici dell'ecosistema, interpretati alla luce dei principi dell'ecologia fluviale, vengono rilevate le funzioni ad essi associate, nonché l'eventuale allontanamento dalla condizione di massima funzionalità, individuata rispetto ad un modello ideale di riferimento. Si sottolinea comunque che la valutazione della funzionalità fornita non corrisponde alla valutazione della naturalità: se, infatti, ad un'elevata naturalità può corrispondere una bassa funzionalità, è più difficile ipotizzare il contrario.

Nel presente studio, senza compilare la serie di schede di rilievo ma, seguendo la falsariga della logica IFF 2007, viene di seguito data una descrizione generale del ambiente fluviale analizzato del t. Lavagna. L'obiettivo principale consiste nell'analisi dello stato complessivo dell'ambiente fluviale e nella miglior comprensione della sua funzionalità generale.

1) Stato del territorio circostante

Nel tratto in esame si nota una forte differenza di uso del suolo sulle due rive: mentre in riva sinistra c'è una forte prevalenza ad uso urbano (abitato di Ferrada) del territorio e, vicino alle rive del torrente, ad uso produttivo, in riva destra si denota un uso meno intensivo con una maggiore prevalenza di terreno boscato e/o pascoli e prati. Nella tabella sottostante si riporta l'uso del suolo per un buffer di 50 m di larghezza dal thalweg del torrente.

Tabella 1. Distribuzione percentuale sulle due rive degli usi del suolo per un buffer di 50 m (per riva).

Descrizione	Riva DX (%)	Riva SX (%)
Bosco e vegetazione riparia	76.6	71.8
Pascoli arborati e colture in abbandono	7.2	0.0
Prati, pascoli, giardini	8.3	5.3
Seminativi	3.8	5.1
Urbano	1.4	6.7
Industriale	2.8	11.0
Totale	**100**	**100**

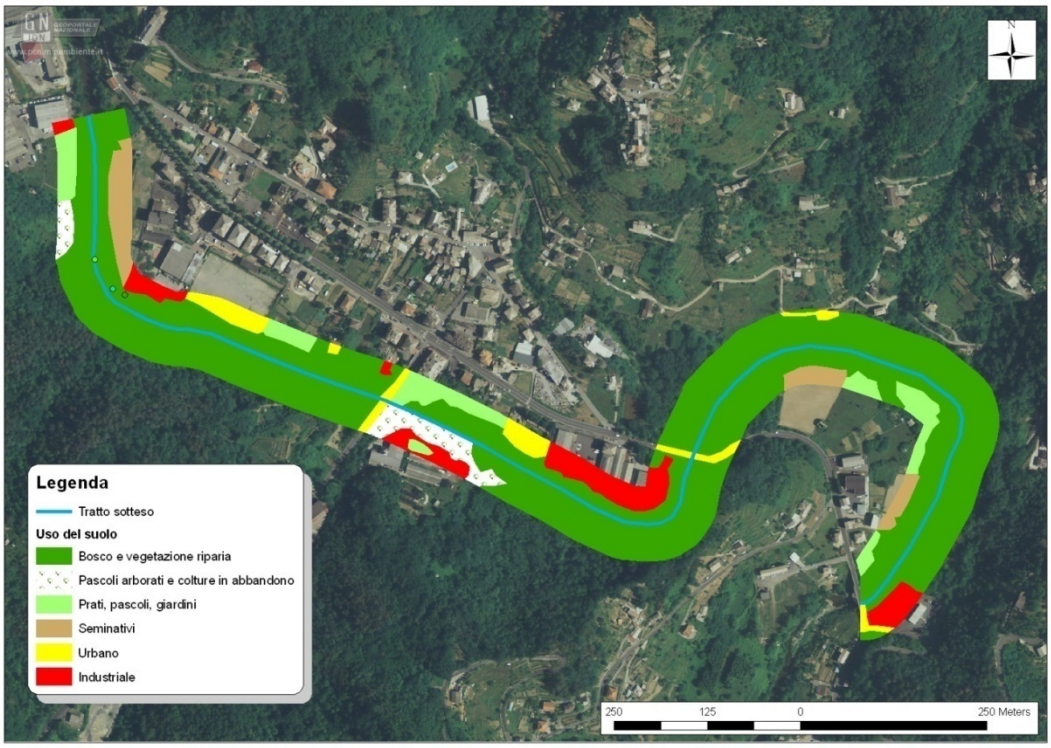


Figura 1. Uso del suolo in un buffer di 50 m di larghezza per riva.

2) Vegetazione presente nella fascia perifluviale

Le formazioni della fascia perifluviale presentano una compresenza di formazioni riparie complementari funzionali costituite da *salix, populs* ed *alnus* di larghezza sufficiente e con modelli di insediamento naturali (fascia primaria) in particolare in riva destra; in riva sinistra la fascia perifluviale si presenta di larghezza ridotta con una forte compresenza di robinia.



Figura 2. La vegetazione ripariale si presenta ben affermata e presente su entrambe le rive anche se spesso con fasce di esigua larghezza.

3) Ampiezza delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviale

Le formazioni della fascia perifluviale si presentano, in riva destra, di larghezza superiore ai 30 m fino a circa metà dell'ansa fluviale, tratto in cui la presenza di campi coltivati, prati e/o pascoli "ruba" spazio alla fascia perifluviale riducendola a ad una larghezza variabile tra i 4 ed i 18 m di larghezza. Per quanto riguarda la riva sinistra si ha una situazione invertita: fino all'inizio dell'ansa il buffer ripariale si presenta molto ridotto a causa dell'abitato e delle attività produttive che si sviluppano vicino alle rive del fiume mentre per tutta la lunghezza dell'ansa stessa la fascia perifluviale si riallarga in modo consistente.

4) Continuità delle formazioni funzionali presenti in fascia perifluviali

Le considerazioni fatte sull'ampiezza della fascia si riflettono anche sulla continuità della fascia stessa. In riva destra la fascia si presenta perlopiù continua fino a circa metà dell'ansa (eccetto che all'altezza dell'insediamento industriale e del ponte stradale), dopodiché si hanno diverse interruzioni nel suo sviluppo longitudinale. In riva sinistra la fascia, anche se di larghezza esigua, si presenta alquanto continua in senso longitudinale con solo qualche breve interruzione. Dall'inizio dell'ansa in poi la situazione migliora nettamente anche grazie al suo allargamento.

5) Condizioni idriche

Si è in presenza di un corso d'acqua con notevoli fluttuazioni delle portate e tipico dei torrenti appenninici con ampiezza dell'alveo bagnato spesso non molto inferiore dell'alveo di morbida a causa del substrato prevalente di roccia e della forma fortemente incassata dell'alveo stesso.



Figura 3. Alveo incassato e su roccia.

6) Efficienza di esondazione

Come già accennato nel punto precedente (5) il corso d'acqua, a causa degli argini naturalmente ripidi sia in riva sinistra che destra, oltre che per la forma della sua valle naturalmente incassata, trova diverse restrizioni nella possibilità di allargamento durante le piene ordinarie e straordinarie.



Figura 4. Argini ripidi.

7) Substrato dell'alveo e strutture di ritenzione degli apporti idrici

L'alveo nel suo complesso non presenta vecchi tronchi stabilmente incassati ne massi di particolare grandezza. Prevalgono ciottoli e ghiaie che sono mobili con le piene mentre diversi tratti scorrono sulla roccia madre dove non è possibile la ritenzione di detriti organici.



Figura 5. A sinistra: substrato di ciottoli. A destra: ciottoli e matrice rocciosa.

8) Erosione

Per quanto riguarda l'erosione questa è poco evidente e non rilevante anche grazie al fatto che si è in presenza di un letto e di sponde in cui spesso affiora la roccia madre.

9) Sezione trasversale

La sezione trasversale del torrente non si presenta mai con elevata diversità morfologica sia per la naturale conformazione incassata della valle che per le zone con gli argini rocciosi.

10) Idoneità ittica

- Zone rifugio: non sono molto abbondanti sia a causa di vari tratti che scorrono direttamente su roccia sia a causa della mancanza di massi medi o grossi o di tronchi incassati in modo permanente nel fiume.
- Aree di frega: i numerosi *run* a fondo ghiaioso e sabbioso creano della ottime aree per la frega del barbo ad altri Ciprinidi reofili.
- Ombreggiatura: ottimo l'ombreggiamento fornito sia dalla vegetazione ripariale ben affermata sulle sponde sia dal fatto di trovarsi in una valle alquanto incassata.



Figura 6. A sinistra: ombreggiamento della vegetazione. A destra: un tipico run.

11) Idromorfologia

Nel tratto analizzato gli habitat del tipo riffle e run sono ben distinti ma con successione alquanto irregolare. Le pool sono scarsamente rappresentate anche a causa del letto del torrente spesso costituito da matrice rocciosa (vedi paragrafo dedicato)

12) Componente vegetale in alveo bagnato

È stato riscontrato in diversi settori del corso d'acqua un film perifitico tridimensionale consistente mentre le macrofite sono risultate perlopiù assenti o di scarsa presenza.



Figura 7. Film di periphyton su roccia.

13) Detrito

Il detrito si presenta in forma di vegetali riconoscibili e fibrosi.

14) Comunità macrobentonica

In generale la comunità, benché ben diversificata, si mostra con una struttura alterata rispetto all'atteso. Si può ipotizzare che ciò sia dovuto dal carico inquinante proveniente dalle zone urbane.

1.2. ELEMENTI DI INTERESSE

Come evidenziato dall'analisi dell'inquadramento funzionale del torrente, si evidenzia che il Lavagna possiede interessanti potenzialità ambientali, limitate però 'naturalmente' da una parte da alcune caratteristiche insite nella struttura geomorfologica stessa (valle stretta e ripida, scorrimento per lunghi tratti su roccia madre) e dall'altra da un contesto perifluviale fortemente impattato dalle attività antropiche. In sostanza, mentre il torrente (nel senso stretto dell' ecosistema bagnato) sembra possedere una discreta/buona valenza ambientale (si andrà ad indagare, nel paragrafi successivi, sulla funzionalità dei singoli mesohabitat ed i popolamenti ittici che vi risiedono), non vi è una corrispondenza nell'uso del territorio che attraversa. La valle è infatti interessata ma molti esercizi industriali ed abitati urbani situati sulle sponde ed è un importante asse viario, con la conseguenza che buona parte degli effetti di queste attività va a peggiorare nettamente lo stato complessivo di tutto l'ecosistema.

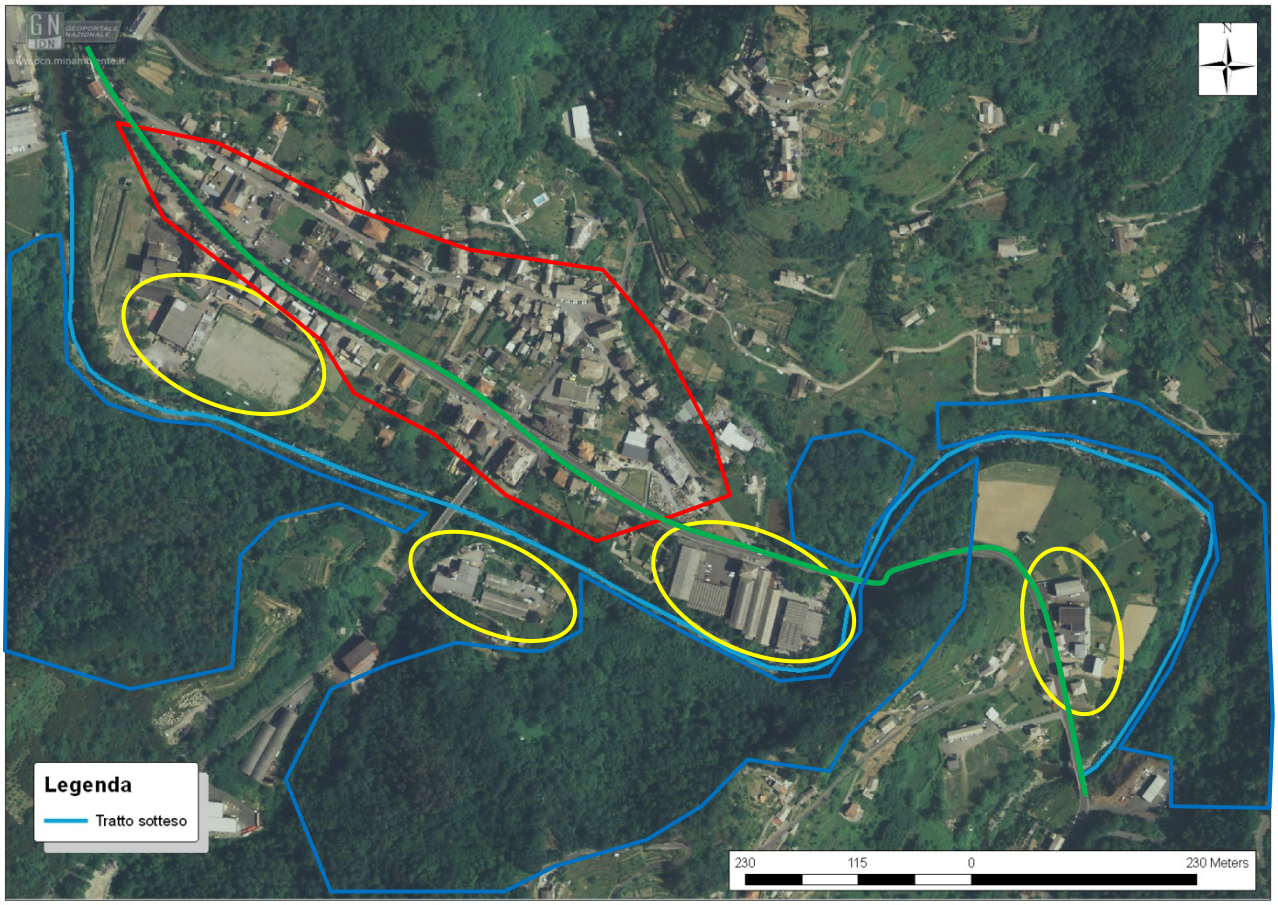


Figura 8. Visione generale del territorio del tratto del t. Lavagna esaminato (in azzurro): in giallo sono evidenziate le aree industriali, in rosso i centri urbani ed in verde le infrastrutture lineari. In blu scuro sono indicate la porzione di sponda che sembrano possedere maggiore integrità ambientale.

1.3. TIPOLOGIE DI HABITAT INDIVIDUATE

La geomorfologia di un corso d'acqua da origine alla "forma" che assume l'ambiente in cui vanno a svilupparsi le comunità ittiche, bentoniche e vegetali: in particolare si definisce mesohabitat acquatico un *ambiente omogeneo per caratteristiche idrauliche e geomorfologiche*, a seconda delle quali assume funzioni diverse per le specie animali (e del loro ciclo ontogenetico) che in esso vivono. La connettività tra i vari mesohabitat è elemento essenziale per la funzionalità di un corso d'acqua e per il suo buono stato ecologico, soprattutto a vantaggio delle comunità ittiche. Il livello di scala inferiore, il microhabitat, non è invece da ritenersi importante per questo genere di indagine.

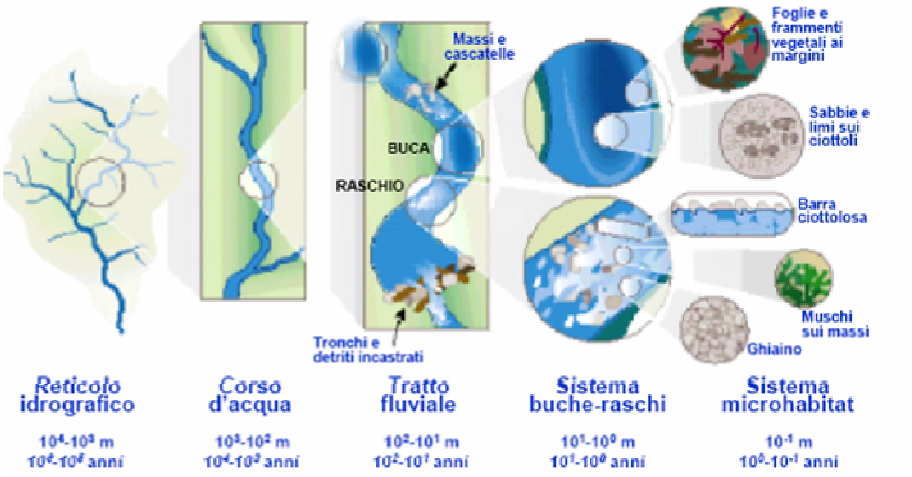


Figura 9. Il mesohabitat si localizza alla scala di "tratto fluviale", è perciò un concetto ecologico che trova applicazione in questo tipo di studio ambientale

Si noti che benché in letteratura vi siano delle tipologie "predefinite", la caratterizzazione dei mesohabitat di ogni fiume deve essere calibrata ed adattata per le peculiarità del singolo corso d'acqua. In particolare nel tratto del torrente Lavagna interessato dalla derivazione sono stati rilevati sei "classici" (vedi bibliografia di riferimento per mesohabsim) tipi di mesohabitat:

⇒ Run
⇒ Riffle
⇒ Ruffle
⇒ Pool
⇒ Glide
⇒ Rapids

Al fine di descrivere le particolarità del Lavagna nel tratto di interesse, si è proceduto quindi a caratterizzare le principali tipologie di mesohabitat fluviali riconosciute: l'individuazione e la caratterizzazione di questi permette infatti la descrizione dello "stato" del fiume e fornisce un'immagine attuale, ovvero prima dell'entrata in servizio dell'impianto idroelettrico. In questo modo è quindi possibile, nel caso in cui lavori producano impatti sui mesohabitat, l'esecuzione di misure di contenimento degli stessi.

1.3.1. RUN

Il run è un mesohabitat contraddistinto dalle seguenti caratteristiche:

- Profondità: mediamente profondo rispetto alla media del corso d'acqua;
- Superficie: da relativamente piatta a "mossa" (increspata) ma mai turbolenta (crestine bianche);
- Velocità corrente: sensibile data da una certa pendenza del profilo longitudinale;
- Substrato: totalmente sommerso dall'acqua, eccetto che per i massi di maggiori dimensioni, se presenti, la granulometria è prevalentemente media ma non grande o in alternativa può essere costituita da letto di roccia;
- Sezione: o con la parte più profonda centrale (a "corda blanda") o spostata su un una delle rive.



Figura 10. Tipologia di mesohabitat run.

Questo mesohabitat rappresenta l'ambiente ideale per la frega e la predazione di quasi tutte le specie ittiche, possedendo zone a profondità variabile e talvolta piuttosto elevata (oltre 0,50 -1,00 m), velocità della corrente sostenibile anche dagli animali di più piccole dimensioni. E' un ambiente favorevole sia durante la stagione riproduttiva, sia durante il periodo dell'accrescimento per la ricchezza di ambienti trofici e l'apporto di nutrienti da monte. Inoltre in caso di magre spinte e prolungate, può essere un habitat per la sopravvivenza delle specie, nel momento in cui il riffle tende a scomparire per il deflusso

spesso limitato al solo subalveo.

1.3.2. RIFFLE

Il riffle è un mesohabitat contraddistinto dalle seguenti caratteristiche:

- Profondità: relativamente bassa rispetto alla media del corso d'acqua;
- Superficie: turbolenta (crestine bianche) in corrispondenza del materiale lapideo sporgente dal profilo medio del letto e fortemente increspata nelle altre zone dovuta da una pendenza del fondo elevata, presenza di zone di risalto idraulico;
- Velocità corrente: evidente in flusso turbolento data l'elevata pendenza del profilo longitudinale;
- Substrato: parzialmente emerso dall'acqua, granulometria da media a grande;
- Sezione: profilo 'frastagliato' a causa della presenza di blocchi e ciottoli di grosse dimensioni.



Figura 11. Tipologia di mesohabitat riffle.

Questa tipologia di mesohabitat è utilizzata essenzialmente dai Ciprinidi reofili durante la stagione riproduttiva per effettuare la frega, inoltre può essere utilizzata come zona di predazione e di nutrimento. Non rappresenta un'area di stabulazione vera e propria a causa dell'elevata velocità della corrente, ma limitatamente al periodo estivo durante la predazione di insetti e fauna macrobenthonica, mentre nel periodo invernale, in presenza di forti piene, diviene un luogo poco favorevole eccetto che in presenza di grossi massi utilizzabili come zone-rifugio.

1.3.3. POOL

Il pool è un mesohabitat contraddistinto dalle seguenti caratteristiche:

- Profondità: nettamente maggiore rispetto alla media del corso d'acqua;
- Superficie: increspata e talvolta con fenomeni di risalto idraulico nella zona di arrivo del flusso principale (pool a valle di riffles o di piccoli step), tendenzialmente piatta nelle zone laterali al flusso principale o comunque distalmente da questo;
- Velocità corrente: velocità della corrente evidente nel flusso centrale; assume andamento verticale dopo cascate o step di una certa importanza; nelle pozze di maggiore dimensioni in corrispondenza delle zone laterali e/o distali non è praticamente percepibile; lateralmente si possono avere fenomeni di direzione della corrente verso monte;
- Substrato: morbido, completamente immerso nell'acqua, granulometria fine (sabbie, limi);
- Sezione: profilo a curva di Gauss rovesciata se centrale rispetto al letto, altrimenti Gaussiana asimmetrica con la maggiore profondità verso una delle due sponde.



Figura 12. Tipologia di mesohabitat *pool*

Questa tipologia di mesohabitat è per eccellenza quella più adatta alla stabulazione delle specie ittiche, sia durante il periodo invernale che quello estivo, soprattutto nelle ore maggiormente calde. Il gradiente di profondità permette infatti la creazione di rifugio durante le piene invernali (sul fondo le velocità della corrente restano molto basse) sia un gradiente termico favorevole durante il surriscaldamento superficiale estivo.

1.3.4. GLIDE

Il glide è un mesohabitat contraddistinto dalle seguenti caratteristiche:

- Profondità: da bassa a media (glide profondo);
- Superficie: completamente piatta;
- Velocità corrente: appena percettibile;
- Substrato: completamente immerso nell'acqua, granulometria da media a piccola, in alcuni punti anche fine;
- Sezione: monotona e costante per profondità, generalmente piuttosto larga rispetto all'ampiezza media della sezione trasversale del corso d'acqua.

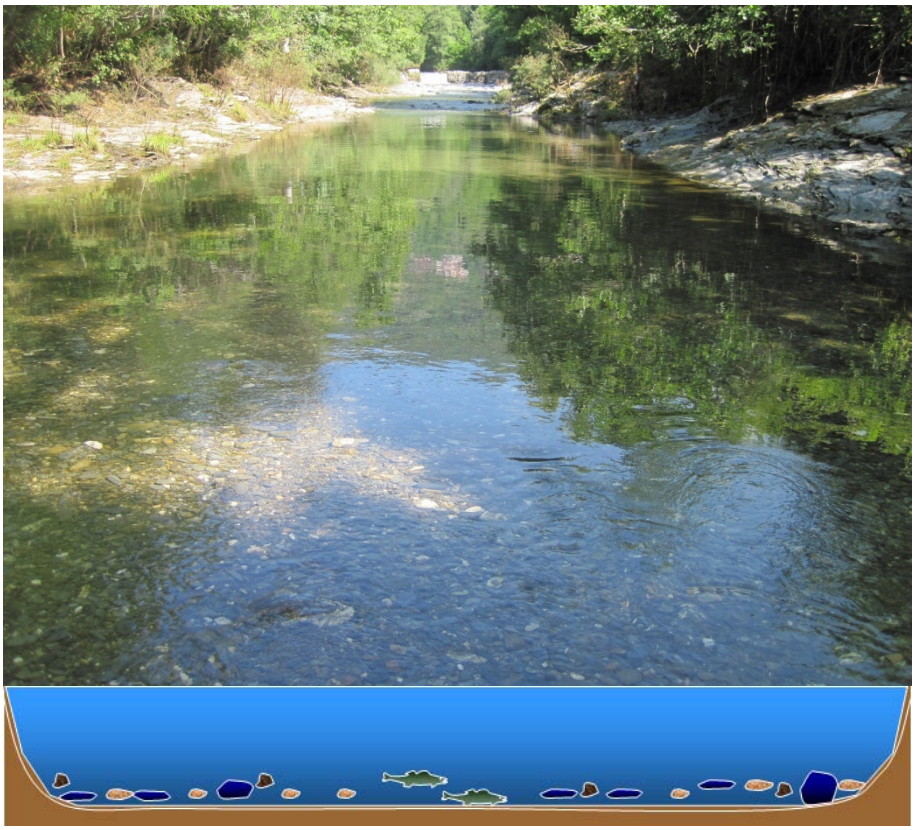


Figura 13. Tipologia di mesohabitat *glide*.

Il glide è una tipologia di habitat particolare che generalmente è poco attrattiva per l'ittiofauna per diversi fattori tra cui possiamo citare: a) la monotonia del fondale si riflette in una bassa differenziazione dei microhabitat, b) la mancanza di substrato di una certa dimensione comporta ad una sostanziale mancanza di zone rifugio, c) il tirante idrico generalmente basso e la sezione mediamente larga portano ad uno scarso ombreggiamento del habitat e ad un conseguente riscaldamento delle acque nel periodo estivo e d) l'apporto trofico risulta scarso e rallentato a causa della bassa velocità della corrente.

1.3.5. RAPIDS

Le *rapids* sono un mesohabitat contraddistinto dalle seguenti caratteristiche:

- Profondità: bassa;
- Superficie: completamente turbolenta;
- Velocità corrente: forte;
- Substrato: costituito da massi o letto di roccia;
- Sezione: trasversalmente irregolare, longitudinalmente convessa.

Questo tipo di habitat è per l'ittiofauna solo di passaggio in quanto, a causa della velocità dell'acqua troppo elevata, inadatto per compiere le normali funzioni biologiche.

1.3.6. RUFFLE

Il ruffle è una *rapids* in transizione verso o un *run* o un *riffle* per cui si hanno delle caratteristiche intermedie tra due tipi di habitat.



Figura 14. Tipologia di mesohabitat *ruffle*: nel caso specifico si ha una transizione verso un *run*.



Figura 15. Tipologia di mesohabitat *rapids*.

1.4. APPLICAZIONE DEL METODO MPA

L'MPA è stato messo a punto per descrivere le caratteristiche dell'*ecomosaico fluviale* costituito dall'alternanza dei mesohabitat tipici (riffle, pool, run, ecc.) caratterizzanti un determinato tratto di corso d'acqua. Questo metodo permette di ottenere una *mappatura ambientale*, corredata di tabelle descrittive, e risulta particolarmente utile su un fiume prima che venga eseguito qualsiasi tipo di intervento: in sostanza è un'immagine della sua struttura morfologica e fisiografica. Dal punto di vista operativo il metodo, una volta effettuata l'identificazione dei mesohabitat caratteristici per un determinato tratto fluviale, ne prevede il loro rilievo, segue infine il posizionamento spaziale tramite sistema GPS-GIS. I dati ottenuti vengono poi elaborati per calcolare la frequenza con la quale ogni habitat si presenta sull'unità di lunghezza (numero di ogni singolo habitat per chilometro di fiume), dato molto importante poiché indicativo della diversificazione ambientale dovuta all'alternanza spaziale; si calcola inoltre la lunghezza e larghezza media di ogni habitat e la copertura sul totale lungo il tratto analizzato.

È bene sottolineare che nel caso specifico il metodo è stato applicato non su tutto il tratto sotteso ma solo su una parte di esso: si tratta in sintesi di scegliere ed analizzare nel dettaglio un tratto modello considerato rappresentativo delle tipologie di habitat presenti nel settore fluviale in esame. Il tratto modello scelto misura circa 500 m e copre il 25% della lunghezza totale del tratto sotteso dalla derivazione.

Una volta stabilite e descritte le tipologie di mesohabitat tipiche del t. Lavagna, il rilievo è stato eseguito percorrendo a piedi il fiume da monte verso valle e localizzando con un ricevitore GPS (Garmin GPS 60) l'inizio e la fine di ogni habitat, quindi restituendo il rilievo su cartografia CTR. Il rilievo ha permesso di ottenere, come dato di base, la frequenza con la quale ogni habitat si presenta sull'unità di lunghezza (numero di ogni singolo habitat per chilometro di fiume), dato molto importante poiché indicativo della diversificazione e dell'alternanza spaziale degli habitat. Si è inoltre calcolata la lunghezza media di ogni habitat nei singoli tratti e la copertura sul totale. I dati così rilevati sono stati poi elaborati calcolando gli indici di diversità. Per valutare il grado di diversità dei tratti analizzati in termini di ricchezza di habitat sono stati utilizzati, oltre al classico indice di diversità di Shannon-Wiener, l'indice di equitabilità di Pielou – in grado di fornire una indicazione sulla più o meno equilibrata distribuzione degli habitat – e il Numero di Diversità di Hill, che esprime il numero effettivo di habitat che contribuiscono alla diversità globale. L'indice di Shannon-Wiener assume il valore massimo nel caso in cui le frequenze per ogni tipologia di habitat siano uguali, e il valore minimo corrispondente a 0 nel caso in cui si presenti un solo habitat. L'indice di Pielou presenta un campo di variazione compreso tra 0 ed 1 e raggiunge il valore massimo quando il numero di habitat è equamente distribuito. L'indice di Hill varia tra 0 ed il numero totale di tipologie considerate. Le formule per il calcolo degli Indici sono:

$$\text{Shannon-Wiever: } H' = -\sum_{i}^{S} P_i(\ln P_i)$$

$$\text{Pielou : } J_1 = H' / \ln S$$

$$\text{Hill: } N_1 = e^{H'}$$

Pi = frequenza dell'habitat i-esimo / somma delle frequenze di tutti gli habitat
S = numero delle tipologie di habitat

Tabella 2. Caratterizzazione degli habitat rilevati

Riffle	
lunghezza media	23
% sulla lunghezza del tratto	14.2
frequenza al chilometro	6.2
Pool	
lunghezza media	27
% sulla lunghezza del tratto	11.1
frequenza al chilometro	4.1
Glide	
lunghezza media	30
% sulla lunghezza del tratto	6.2
frequenza al chilometro	2.1
Run	
lunghezza media	31
% sulla lunghezza del tratto	38.0
frequenza al chilometro	12.3
Ruffle	
lunghezza media	26
% sulla lunghezza del tratto	15.8
frequenza al chilometro	6.2
Rapids	
lunghezza media	36
% sulla lunghezza del tratto	14.8
frequenza al chilometro	4.1
Lunghezza totale del tratto: 497 m ca.	

- Il mesohabitat *Run è* il più rappresentato, coprendo circa il 38 % dell'intero tratto, con circa 12,3 occorrenze per chilometro di fiume.
- I mesohabitat *Riffle, Ruffle e Rapids* coprono ognuno una parte di tratto compreso tra il 14 ed il 16 %.
- Infine i mesohabitat *Pool* e *Glide* coprono rispettivamente circa l'11 ed il 6 %.

Da un punto di vista geomorfologico, questo tratto dello Lavagna possiede carattere di corso d'acqua pedemontano, caratterizzato da una pendenza medio-alta dell'alveo che si manifesta soprattutto con una serie di dislivelli generati da habitat di tipo *run*, seguiti da *ruffle, riffle e rapids* che coprono complessivamente l'80% del tratto analizzato. Queste caratteristiche fisiografiche ne fanno un corso d'acqua particolarmente adatto alla vita dei Ciprinidi reofili. Allo stato attuale, gli indici di diversità risultano essere:

Tabella 3. Indici di diversità caratteristici del tratto analizzato calcolati in base alla lunghezza dei singoli habitat.

INDICI	VALORE misurato	VALORE MASSIMO teorico	VALORE MINIMO teorico
Shannon (diversità H')	1,63	1,79	0
Hill (numero di diversità N)	5,13	6,0	1,0
Pielou (equitabilità J)	0,91	1	0

Analizzando i suddetti indici si nota come i sei habitat siano piuttosto ben distribuiti e bilanciati tra loro mostrando una prevalenza a favore degli habitat tipici delle zone pedemontane (pendenza medio-alta).

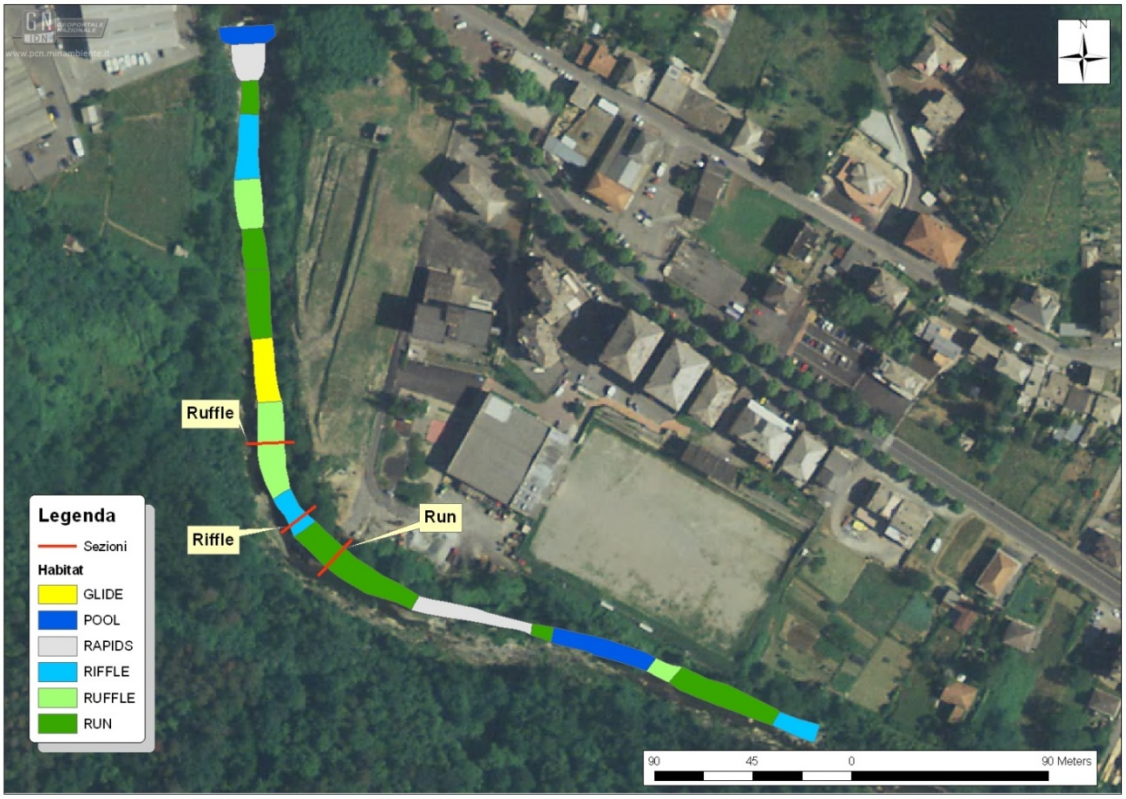


Figura 16. Mappatura dei mesohabitat lungo il tratto in esame del t. Lavagna.

1.5. INDICAZIONI TECNICHE PER LA MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI SUI MESOHABITAT

Durante la fase di cantiere si può prevedere la localizzazione dei seguenti impatti:

1. zona a valle ove è posizionato l'impianto di produzione e la relativa restituzione;
2. zona a monte ove è posizionata l'opera di presa e dove verrà costruito il passaggio per i pesci;
3. lavori di ristrutturazione del canale di derivazione.

Per quanto riguarda il punto 1, se la maggior parte dell'impianto di produzione sarà posizionato dall'alveo, le interferenze con i mesohabitat dovrebbero essere di entità ridotta. Per quanto riguarda i punti 2 e 3 si prevede invece che nella fase di cantiere si potrebbero creare impatti sugli habitat motivo per il quale tra le indicazioni per la mitigazione degli stessi si individua:

- l'eventuale ricostituzione degli habitat deteriorati e quindi il mantenimento dei parametri di diversificazione ambientale nello stato *ante operam* prima descritti, il tutto da verificarsi al termine dei lavori. Per l'eventuale ricostituzione dei mesohabitat si indica di utilizzare materiale lapideo reperito in alveo, della stessa granulometria e pezzatura di quello costituente l'habitat originario ricostruendo l'originaria pendenza, lunghezza, larghezza dei tratti impattati.

- In fase di cantiere si suggerisce comunque di adeguare la cantieristica sia dal punto di vista temporale (sospensione dei lavori nei periodi di maggiore "delicatezza" per l'ittiofauna, come ad esempio del periodo di frega) sia del punto di vista delle precauzioni tecniche in modo che le interazioni con l'alveo bagnato siano ridotte al minimo (es. passaggi su tubi dei mezzi pesanti, ecc.).

2. INDAGINE ITTIOLOGICA

2.1. INQUADRAMENTO GENERALE SU BASE BIBLIOGRAFICA

La caratterizzazione del popolamento ittico del t. Lavagna è stata eseguita inizialmente tramite visione della Carta Ittica Provinciale della Provincia di Genova (datata 1999-2003, adesso in corso di aggiornamento), che inquadra il tratto in esame nelle "acque a Ciprinidi reofili"; una seconda analisi è stata poi eseguita tramite osservazione diretta dei popolamenti.

In particolare l'unica stazione di riferimento è posta a valle di Ferrada in località Ponte Comargo (Comune di Carasco) (stazione ENLA02). Si riportano di seguito gli estratti della scheda di campionamento.

DATI ITTIOLOGICI: ENLA08

Zona ittica	Ciprinidi reofili		
Comunità ittica (abbondanza 1/4): 2/3	Famiglia	Specie	Nome scientifico
	Ciprinidi	Vairone ++	*Leuciscus souffia*
	Ciprinidi	Canino +	*Barbus meridionalis*
	Ciprinidi	Barbo +++	*Barbus plebejus*
	Ciprinidi	Cavedano +++	*Leuciscus cephalus*
	Anguillidi	Anguilla +	*Anguilla anguilla*
Densità popolazione troticola (pesci/m²)			
Biomassa popolazione troticola (g/ m²)			
Struttura popolazione troticola			
Gestione pesca	B		
Osservazioni: popolamento ittico ciprinicolo di qualche interesse, malgrado anomalia portata idrica e mediocre qualità dell'acqua.			

Questi dati sono stati successivamente integrati da apposita campagna di campionamenti svolta dal dr. Ciuffardi agli inizi di settembre 2011, al fine di avere un più aggiornato quadro d'insieme dei popolamenti ad oggi risiedenti (si rimanda alla relazione specialistica del dr. Ciuffardi per una più dettagliata trattazione dell'argomento).

Il popolamento ittico tipico di questo tratto del Lavagna risulta misto e vocato essenzialmente ai Ciprinidi reofili (barbo, vairone e secondariamente cavedano) con accompagnamento di altre specie di minor interesse conservazionistico come gobione e cobite; si ritiene che le specie di maggior oggetto di tutela dovrebbero essere il barbo ed il vairone. Eventualmente, da approfondire, anche una successiva valutazione sul cavedano.

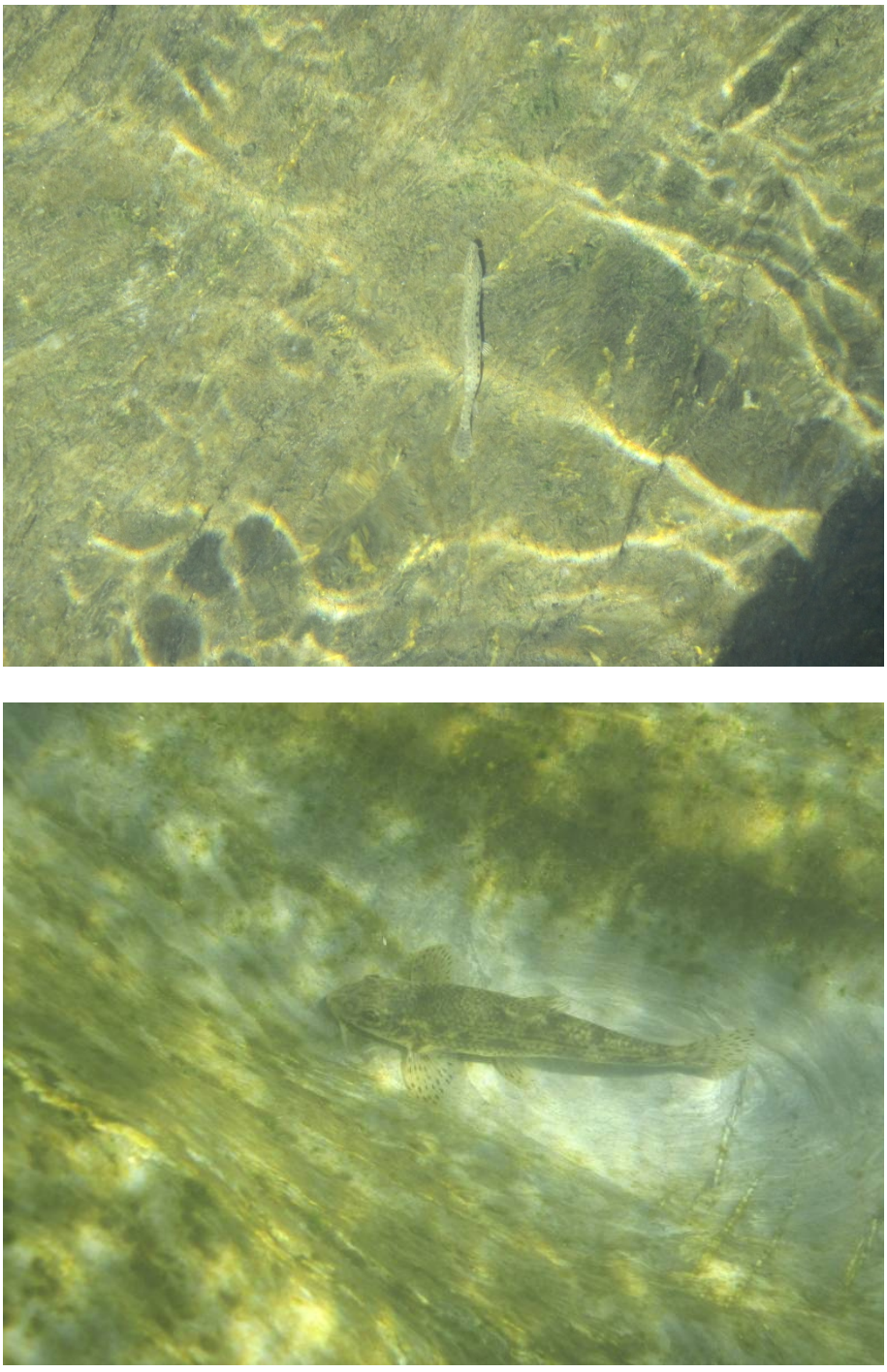


Figura 17. Cobite (sopra) e gobione (sotto) osservati durante i rilievi: si tratta di specie di accompagnamento (e considerate alloctone) che popolano nicchie ecologiche perlopiù diverse da quelle dei Ciprinidi reofili, avendo maggiore attitudine benthonica

2.2. INDICAZIONI TECNICHE PER LA TUTELA DELLA FAUNA ITTICA

Tenendo conto delle finalità di questo lavoro, si ritiene di poter fornire alcuni indirizzi tecnici per la tutela della specie nell'area in esame, sia pur in termini generali:

- Qualora i lavori per dovessero prevedere l'entrata di mezzi in acqua si prescrive di rimuovere, tramite cattura con elettropesca, la fauna ittica ivi presente, per rilasciarla nei tratti posti a monte o a valle dei siti di intervento.

- Durante il periodo riproduttivo della fauna ciprinicola (maggio - fine giugno) gli individui sono particolarmente vulnerabili e il sito va tutelato, evitando disturbo antropico e in particolar modo si consiglia la sospensione di lavori in alveo (in fase di cantiere) che potrebbero risultare di disturbo agli animali.

- Per tutelare maggiormente le popolazioni ittiche è opportuno prevedere il ripristino della continuità fluviale, tale da permettere agli individui in fase riproduttiva di migrare lungo il corso del torrente rendendo disponibili i siti più idonei alla deposizione, e migliorando la possibilità degli scambi genetici.

- Per garantire la salute dei popolamenti ittici è opportuno il rilascio di un idoneo valore del DMV, che dovrà essere di tipo modulato anziché di tipo fisso al fine di mantenere le normali variazioni idrometriche del fiume e quindi il suo naturale andamento idrologico.

- Si consiglia infine di valutare con attenzione la possibilità di un rilascio del DMV superiore (vedi paragrafo dedicato) in particolare durante la stagione riproduttiva dei Ciprinidi reofili, dal momento che il periodo maggio – giugno rappresenta uno dei momenti più delicati del ciclo vitale, in cui aumentano le condizioni di vulnerabilità delle specie e dal quale ne dipende la continuazione.

3. VALUTAZIONI SUL DEFLUSSO MINIMO VITALE

3.1. LA LOGICA IFIM

L'IFIM (*Instream Flow Incremental Methodology*) è una delle metodologie attualmente più adottate e riconosciuta come valida in situazioni in cui si prospetta un cambiamento nella gestione del sistema acque, come nel caso di una nuova derivazione per uso idroelettrico. L'IFIM è un processo logico pensato per essere implementato in cinque fasi consecutive: identificazione del problema, pianificazione dello studio, implementazione dello studio, analisi delle alternative e risoluzione del problema. I passaggi fondamentali sono i seguenti:

1. Inizio del processo IFIM
2. Modello di Analisi Legale ed Istituzionale
3. Design strategico
4. **Valutazione tecnica**
5. Modelli per il Macro e Microhabitat
6. Formulazione di alternative
7. Se l'alternativa non è accettabile si torna al punto 6 e si riformulano le alternative possibili
8. Negoziare il risultato con i soggetti coinvolti. Se la negoziazione conclude che è richiesta un ulteriore analisi si torna al punto 2, altrimenti ci si ferma.

La presente indagine ambientale si colloca sostanzialmente al *punto 4 – valutazione tecnica*, poiché viene esaminato lo scenario che si prospetta nel momento in cui entrerà a regime la derivazione idroelettrica. Il proponente del progetto, così come altri attori coinvolti (società di pesca, amministrazioni, ecc.), avranno delle alternative preferite: tutte queste dovranno essere prese in considerazione ed analizzate; inoltre ognuno degli attori del processo decisionale (Uffici Preposti) può proporre degli scenari alternativi.

In questa fase lo studio ambientale è quindi utile a simulare gli effetti di eventuali impatti causati dalle nuove opere. Nello specifico, l'oggetto di maggior impatto è la popolazione ittica (in particolare con l'individuazione delle specie bersaglio individuate con l'indagine ittiologica), mentre il mezzo per mitigare l'impatto è il rilascio di una adeguata portata in fiume (Deflusso Minimo Vitale).

Si tratta quindi di esaminare la proposta di riferimento di rilascio del DMV *(proposto da SER s.n.c. 0,43 m^3/s)*, comprenderne gli impatti potenziali e creare alternative compatibili con i molteplici obiettivi dei diversi soggetti coinvolti. Si ricorda comunque che la metodologia IFIM non garantisce un'unica soluzione ottimale, poiché questa può raramente essere identificata a causa di valori biologici ed economici mai realmente commisurati, dati e modelli mai completi o perfetti, giudizi professionali diversi di team interdisciplinari.

In questo studio la valutazione è stata effettuata, cautelativamente, con due strumenti tecnici diversi: il metodo MSA - *Mesohabitat Suitability Assessment* (Schweizer & Pini Prato, 2011) ed il metodo MesoHABSIM (Parascwiewicz, 2003).

3.2. APPLICAZIONE DEL METODO MSA

Tale metodo si basa sul principio di funzionamento del metodo dei microhabitat, ovvero sul concetto di diminuzione di habitat fluviale disponibile per la fauna ittica nel momento cui vi è una captazione idrica (scenario tipico degli impianti idroelettrici): la diminuzione di portata naturale genera una variazione dei parametri profondità e velocità della corrente, traducendosi in un ambiente meno "idoneo" alle specie-bersaglio tipiche della popolazione ittica locale (Antonietti & Marchiani, 1999).

Il metodo messo a punto ha la caratteristica di essere speditivo poiché usa un sistema semplificato, che meglio si presta ad indagini preliminari: invece di analizzare tratti di corso d'acqua da rilevare con apposita topografia di dettaglio e su cui eseguire simulazioni idrauliche, la misura dei parametri velocità/profondità avviene solo su sezioni scelte come rappresentative dei mesohabitat presenti (si consiglia infatti di utilizzare il metodo MSA dopo aver eseguito il metodo MPA). Inoltre i parametri di velocità e profondità derivano solo da misure effettuate in campo poiché si è osservato che, soprattutto su piccoli corsi d'acqua e per portate esigue, le simulazioni idrauliche lasciano molte perplessità e risultano spesso non applicabili. In sostanza il metodo, invece di determinare un'area disponibile ponderata, fornisce i valori di idoneità per la singola sezione a varie portate rilevate, e tali indicazioni vengono poi estese all'intero tratto in esame proprio in virtù della rappresentatività di ogni sezione scelta.

Il metodo MSA prevede, in definitiva, 3 step coi quali è possibile giungere alle prime indicazioni tecniche per il rilascio del DMV su base biologica:

- scelta delle specie target
- scelta delle sezioni e delle portate
- analisi dei risultati

3.2.1. SPECIE BERSAGLIO E RELATIVE IDONEITÀ AMBIENTALI

Anzitutto si deve sottolineare che se si è in presenza di uno scenario ambientale già compromesso può divenire assai complesso effettuare valutazioni poiché lo stato attuale del popolamento ittico è il risultato di situazioni alterate. In questi casi non sempre è semplice risalire alla conoscenza dello stato originario delle popolazioni, pur tuttavia è opportuna la salvaguardia dei gruppi residui ed in particolare di specie ritenute di interesse conservazionistico. Dall'analisi del popolamento ittico esistente, di cui esposto al capitolo specialistico, le specie di interesse conservazionistico appartenenti ai Ciprinidi reofili (a cui è vocato questo tratto fluviale) risultano essere il barbo ed il vairone: la direttiva 92/43/CEE (Direttiva Habitat) considera come specie d'interesse comunitario proprio il barbo (sia comune che canino) ed il vairone e perciò queste debbono essere oggetto di analisi e di conservazione.

Si sono quindi riportati i valori definiti ottimali per le specie bersaglio, reperiti utilizzando le *curve di idoneità* realizzate da Ciuffardi (2010) per queste specie sul fiume Vara, perciò piuttosto rappresentative della situazione. In questo modo è possibile avere un riferimento, per monitorare, nel lungo periodo, la valenza ambientale dei mesohabitat fluviali nel tratto sotteso dalla derivazione tramite opportune campagne di misure idrometriche. Le curve di preferenza, o di idoneità, definiscono il grado di valenza di un ambiente per una determinata specie acquatica, considerando alcuni parametri tipici del mesohabitat quali *velocità*, *profondità* e *natura del substrato*. Esse vengono rappresentate in un sistema cartesiano in cui in ascissa sono riportati i valori della variabile considerata ed in ordinata il grado di idoneità espresso da 0 a 1 (ovvero habitat idoneo da 0 a 100%). Infatti è verosimile che all'interno delle condizioni considerate idonee, si possa individuare un intervallo di condizioni che il pesce seleziona come utilizzabili ed uno come ottimale. Condizioni sub-ottimali dei parametri fisici e morfologici possono sostenere dei pesci anche se con diversi gradi di presenza o abbondanza, in relazione alle caratteristiche comportamentali della specie. Il grado di idoneità del parametro utilizzato nella costruzione della curva è solitamente identificabile secondo tre diversi intervalli:

- *ottimale*: è ottimale il range del parametro con preferenza maggiore/uguale al 70%
- *utilizzabile*: si tratta di un intervallo non ottimale ma comunque gradito e corrisponde al range del parametro con preferenza variabile fra 20% e 70%. L'intervallo comprendente l'habitat ottimale e quello utilizzabile è definito idoneo
- *non utilizzabile o non idoneo*: con preferenza inferiore a 20%

Si riportano per conoscenza le curve di idoneità di riferimento, usate sia nel metodo MSA ed in seguito anche nel metodo mesoHABSIM (vedi paragrafo dedicato):

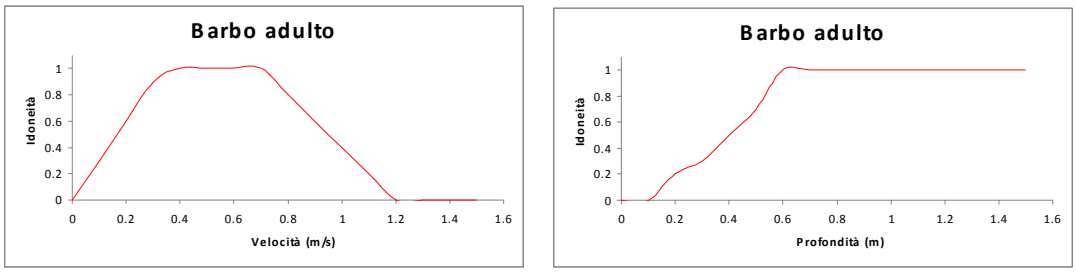


Figura 18. Curve di idoneità alla velocità e profondità per il barbo (Ciuffardi, 2010)

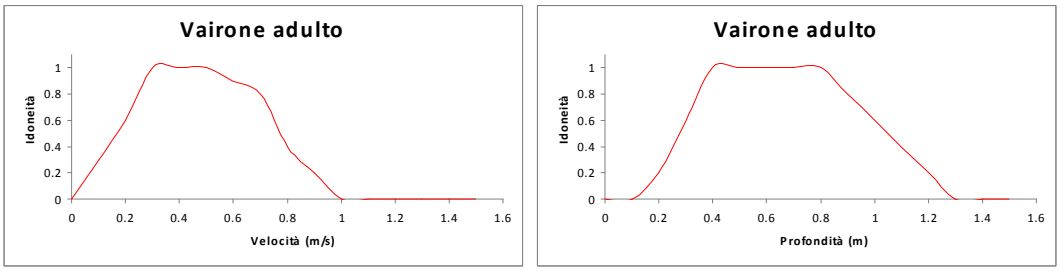


Figura 19. Curve di idoneità alla velocità e profondità per il vairone (Ciuffardi, 2010)

3.2.2. SCELTA DELLE SEZIONI E DELLE PORTATE

Per effettuare le valutazioni del metodo MSA, è stata eseguita una campagna di rilievi (comprendenti lo studio delle portate e delle relative componenti velocità/tiranti idrici) presso sezioni rappresentative di tre tipologie di mesohabitat individuate sul Lavagna e ritenute più sensibili (run, riffle, ruffle). In particolare si è scelto di rilevare il corso d'acqua durante un momento di portate modeste ma non eccessivamente basse, e comunque superiori al valore del DMV proposto: questa scelta ha permesso di verificare quali ulteriori incrementi del valore di rilascio possono essere migliorativi, soprattutto durante il periodo riproduttivo delle specie target.

Si sono scelte quindi 3 sezioni fluviali al fine di rappresentare le tipologie di mesohabitat sensibili alle variazioni di portata (vedi paragrafo dedicato): una sezione run (E1516445, N4918504), una riffle poco più a valle (E1516429, N4918512) ed una ruffle più a monte (E1516404, N4918551). Le tre sezioni sono state rilevate tramite stesura di transetti con corda metrica inestensibile, fissata a due capisaldi materializzati con picchetti di ferro (PIN) infissi sulle sponde, e misurando ogni 0,25 m (dalla destra idrografica verso la sinistra), la profondità dell'acqua e la relativa velocità media della colonna d'acqua. Per la misura della velocità dell'acqua è stato utilizzato un mulinello idraulico FLOW PROBE FP01 di Global Water, che lavora correttamente con velocità della corrente superiori a 0,02-0,03 m/s, valori al di sotto dei quali non fornisce misure affidabili.

I risultati di questa campagna di misure sono stati utilizzati per verificare le condizioni di "idoneità ambientale" dei mesohabitat prescelti in rapporto alle specie ittiche di interesse; inoltre questa campagna di rilievi è da considerarsi come riferimento alla quale possono essere associati, nel lungo periodo, successivi monitoraggi del DMV accompagnati da campionamenti ittiofaunistici. L'alveo rilevato è soltanto quello delle portate ordinarie, non risultando d'interesse l'alveo di morbida e di piena, che rappresentano condizioni alle quali non viene "messo in crisi" il sistema.



Figura 20. Misura della velocità della corrente con mulinello idraulico

Sezione n°1: mesohabitat Run

Localizzazione: E1516445, N4918504
Substrato: ciottoli, roccia affiorante



Figura 21. Sezione run al momento del rilievo

Dati idraulici della sezione	Q=1,05 m^3/s
Larghezza bagnata (m)	8,2
Profondità media (m)	0,81
Velocità media (m/s)	0,19

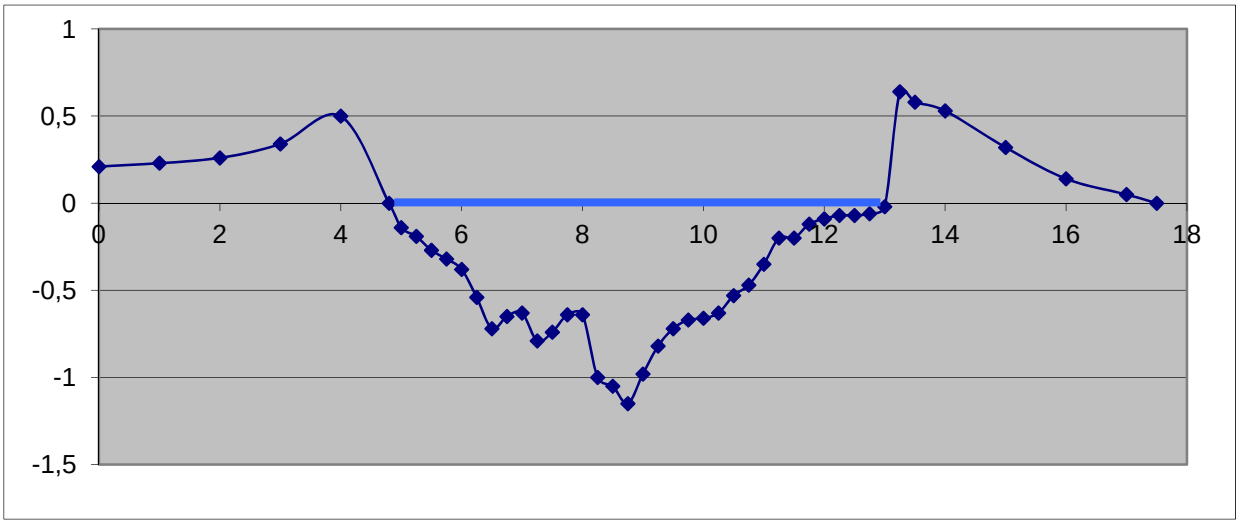


Figura 22. Sezione run vista da valle verso monte, in blu è indicato il pelo libero alla portata di 1,05 m^3/s

Sezione n°2: mesohabitat Riffle

Localizzazione: E1516429, N4918512
Substrato: ciottoli grandi e medi



Figura 23. Sezione riffle al momento del rilievo

Dati idraulici della sezione	Q=1,09 m^3/s
Larghezza bagnata (m)	10,8
Profondità media (m)	0,19
Velocità media (m/s)	0,58

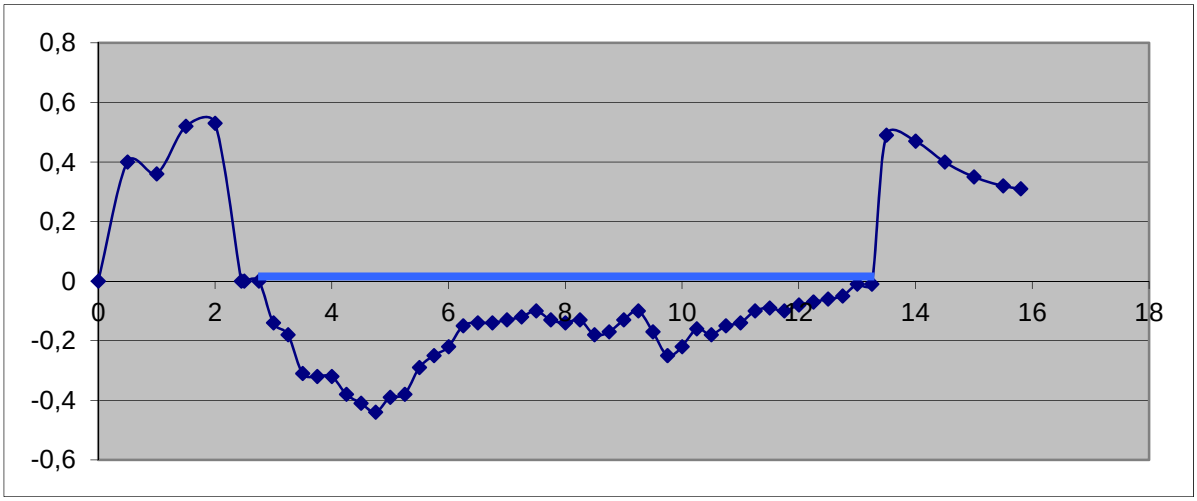


Figura 24. Sezione riffle vista da valle verso monte, in blu è indicato il pelo libero alla portata di 1,09 m^3/s

Sezione n°3: mesohabitat Ruffle

Localizzazione: E1516404, N4918551
Substrato: ciottoli piccoli e medi



Figura 25. Sezione ruffle al momento del rilievo

Dati idraulici della sezione	Q=0,97 m^3/s
Larghezza bagnata (m)	9,25
Profondità media (m)	0,50
Velocità media (m/s)	0,39

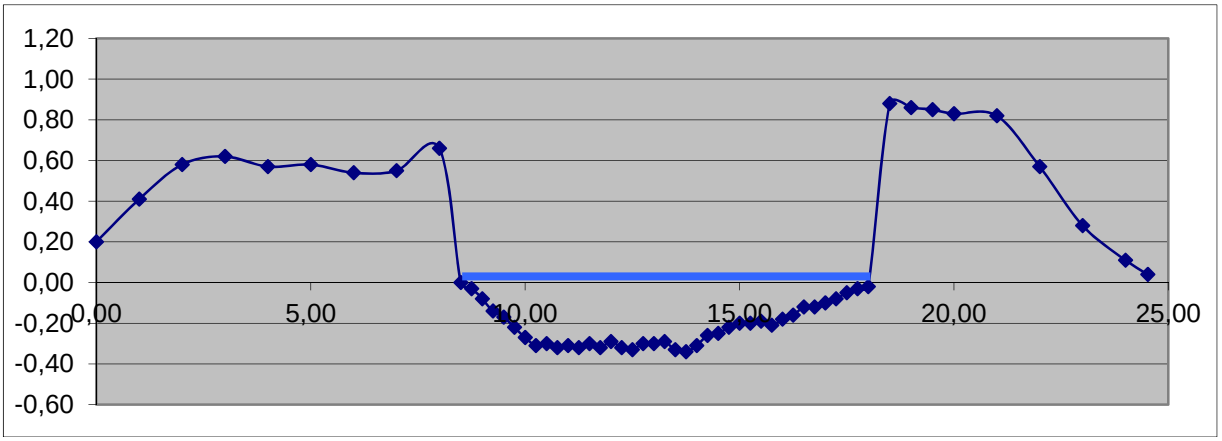


Figura 26. Sezione ruffle vista da valle verso monte, in blu è indicato il pelo libero alla portata di 0,97 m^3/s

3.2.3. RISULTATI MESOHABITAT RUN

L'idoneità ambientale del mesohabitat run per il barbo è sempre "ottimale" per il parametro profondità e idonea per il parametro velocità, ma comunque tendente all'ottimale. L'idoneità ambientale per il vairone è sempre "utilizzabile" fino ad arrivare quasi ad "ottimale", per tutti i parametri.

Tabella 4. Idoneità per barbo

Suitability profondità (%)	73
Suitability velocità (%)	61

Tabella 5. Idoneità per vairone

Suitability profondità (%)	68
Suitability velocità (%)	57

La portata di circa 1,07 m^3/s è da ritenersi adeguata per il popolamento ittico in questo tipo di mesohabitat.

3.2.4. RISULTATI MESOHABITAT RIFFLE

L'idoneità ambientale del mesohabitat riffle per il barbo è appena utilizzabile per il parametro profondità, mentre i valori di velocità sono tendenti all'ottimale. Anche per il vairone non si raggiungono valori elevati, seppur sempre idonei. Ciò conferma che l'habitat riffle costituisce un "luogo" di passaggio, frega e predazione, ma non un ambiente di stabulazione per la maggior parte delle specie ittiche.

Tabella 6. Idoneità per barbo

Suitability profondità (%)	25
Suitability velocità (%)	52

Tabella 7. Idoneità per vairone

Suitability profondità (%)	37
Suitability velocità (%)	37

La portata di circa 1,09 m^3/s è comunque da ritenersi adeguata per il popolamento ittico in questo tipo di mesohabitat.

3.2.5. RISULTATI MESOHABITAT RUFFLE

L'idoneità ambientale del mesohabitat ruffle per il barbo risulta utilizzabile e idonea per il parametro profondità e velocità; per il vairone stessa situazione ma con valori leggermente invertiti.

Tabella 8. Idoneità per barbo

Suitability profondità (%)	36
Suitability velocità (%)	57

Tabella 9. Idoneità per vairone

Suitability profondità (%)	54
Suitability velocità (%)	46

La portata di circa 0,97 m^3/s è perciò da ritenersi adeguata per il popolamento ittico in questo tipo di mesohabitat.

3.3. APPLICAZIONE DEL METODO MESOHABIM

Il metodo MesoHABSIM (Mesohabitat Simulation Model, Parasiewicz 2001) è un modello ambientale che consente la predizione di scenari nel momento in cui avviene una variazione nella gestione della risorse idriche: trova perciò ampio utilizzo per la valutazione del Deflusso Minimo Vitale su base biologica nei casi di derivazioni idroelettriche ed irrigue. Questo sistema è la moderna evoluzione del metodo dei microhabitat utilizzato dal PHABSIM ed è stato messo a punto dal *Rushing River Institute* del Massachussets. L'applicazione tecnica del Mesohabsim consiste nei seguenti passaggi schematizzati nel diagramma di flusso sottotante.



Figura 27. Mulinello idraulico GLOBAL WATER.



Figura 28. Sistema GPS-Palmare.

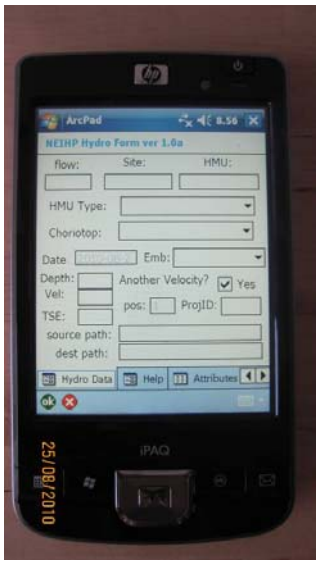


Figura 29. Palmare HP: schermata punti di misura profondità/velocità.

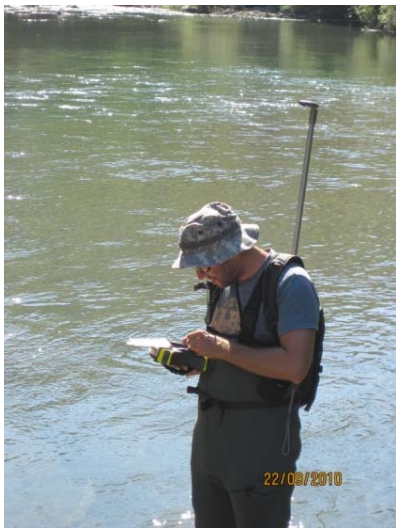


Figura 30. Rilievi di campo.

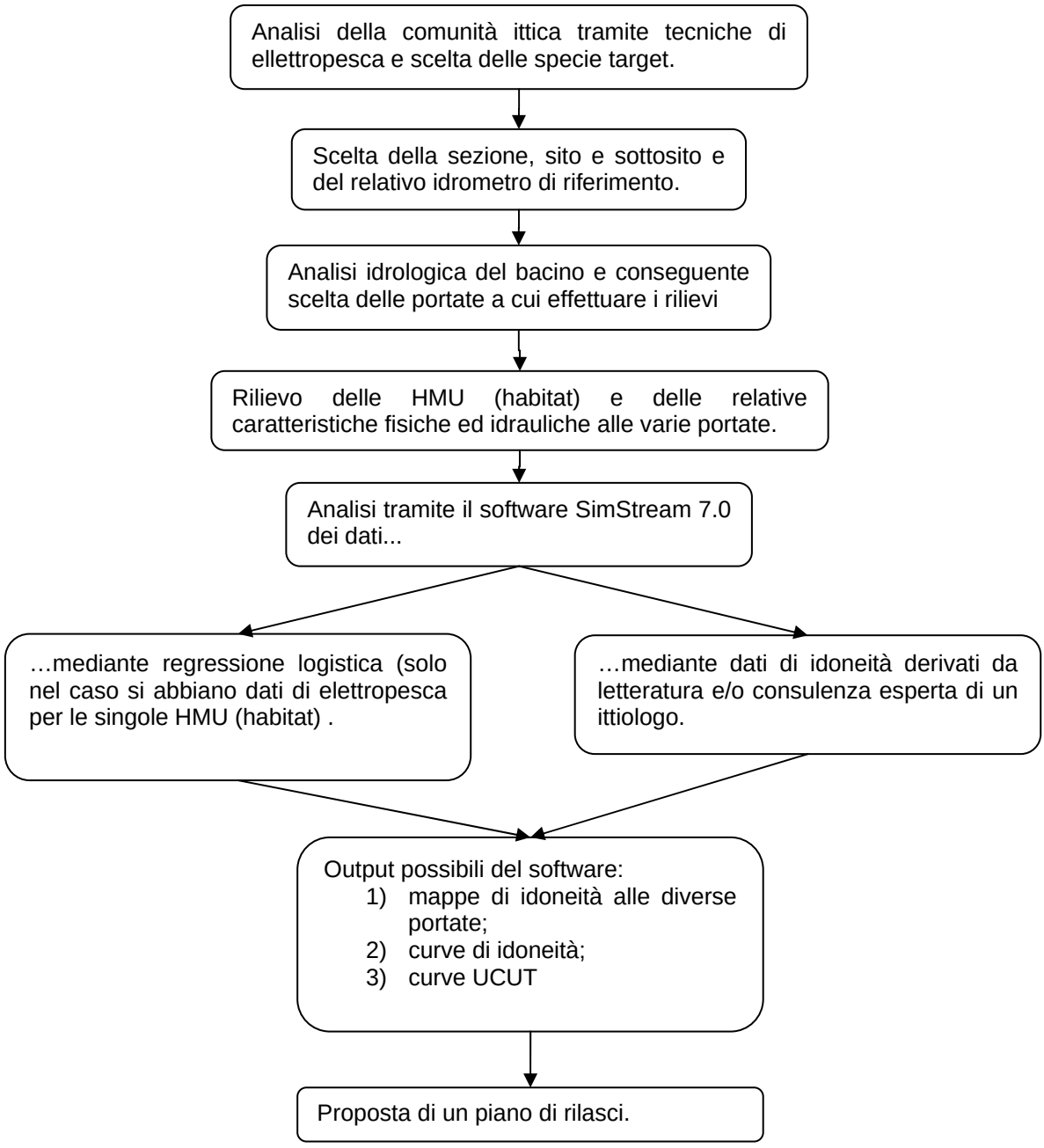


Figura 31. Diagramma di flusso del metodo mesohabsim.

3.3.1. IL MESOHABSIM APPLICATO AL TORRENTE LAVAGNA

Nel caso specifico lo scopo finale dell'applicazione del metodo è consistito nell'ottenere una serie di mappe di *suitability* ambientale per le specie target ad una portata ritenuta idonea come DMV dallo scrivente staff tecnico. Le varie fasi sono consiste in:

1) consulenza con l'ittiologo per avere informazioni sulla struttura della comunità ittica e quindi per la scelta delle specie target su cui svolgere l'analisi (cfr. capitolo sull'indagine ittiologica). Nel caso specifico sono stati scelti il barbo ed il vairone come specie target in quanto le più rappresentative nonché tipiche per il tipo di torrente in esame.

2) Studio dei dati idrologici e della relativa curva di durata (cfr. paragrafo sull'alimentazione del passaggio per pesci): sul corso d'acqua analizzato non sono presenti idrometri di riferimento per cui sono stati utilizzati i dati forniti direttamente dal committente.

3) Rilievo degli habitat con 1 m^3/s ca. in quanto ritenuta una portata più consona per un DMV calcolato su base biologica rispetto ai 0,43 m^3/s calcolati su base idrologica. Essendo le curve di idoneità (cfr. par. sul MSA) fornite del consulente ittiologo (così come la maggior parte delle curve fornite dai vari autori in letteratura) basate sui tre parametri velocità, profondità (dell'acqua) e grandezza del substrato, durante il rilievo degli habitat (o HMU) ci si è concentrati principalmente sui suddetti parametri.

Tabella 10. Classificazione del substrato.

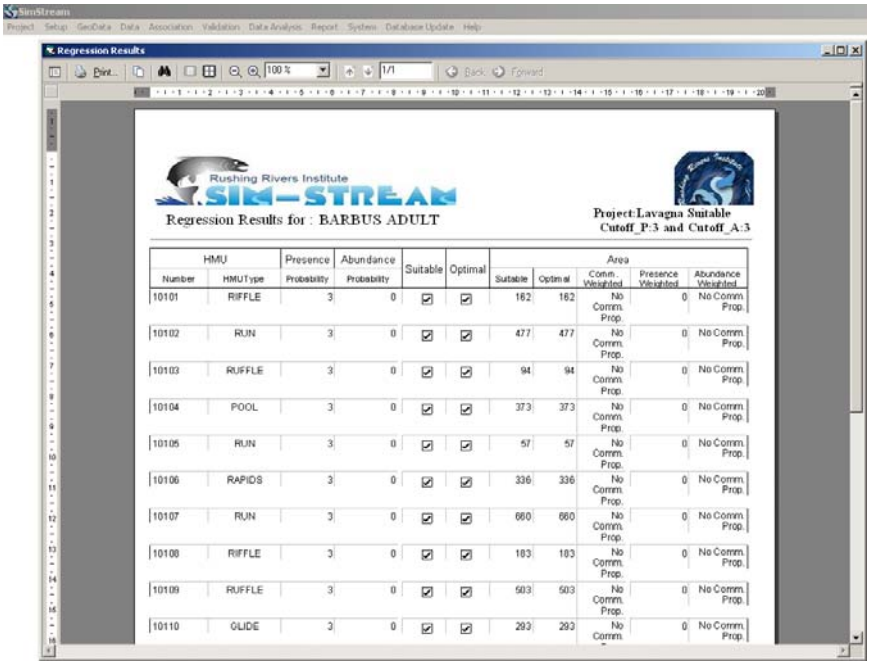
Table 4: Natural choriotop types describing river bottom (Modified from Austrian Standard ÖNORM 6232).

Nomenclature	Grain size	Choriotop description
Megalithal	> 40 cm	upper sides of large cobbles and blocks, bedrock
Macrolithal	> 20 - 40 cm	coarse blocks, head-sized cobbles, variable percentages of cobbles, gravel and sand
Mesolithal	> 6.3 - 20 cm	fist to hand-sized cobbles with a variable percentage of gravel and sand
Microlithal	> 2 - 6.3 cm	coarse gravel, (size of a pigeon egg to child's fist) with percentages of medium to fine gravel
Akal	>2 mm - 2 cm	fine to medium-sized gravel
Psammal	0.063 - 2 mm	sand
Pelal	< 0.063 mm	silt, loam, clay, and sludge



Figura 32. Sx: substrato tipo Microlithal, substrato tipo Akal.

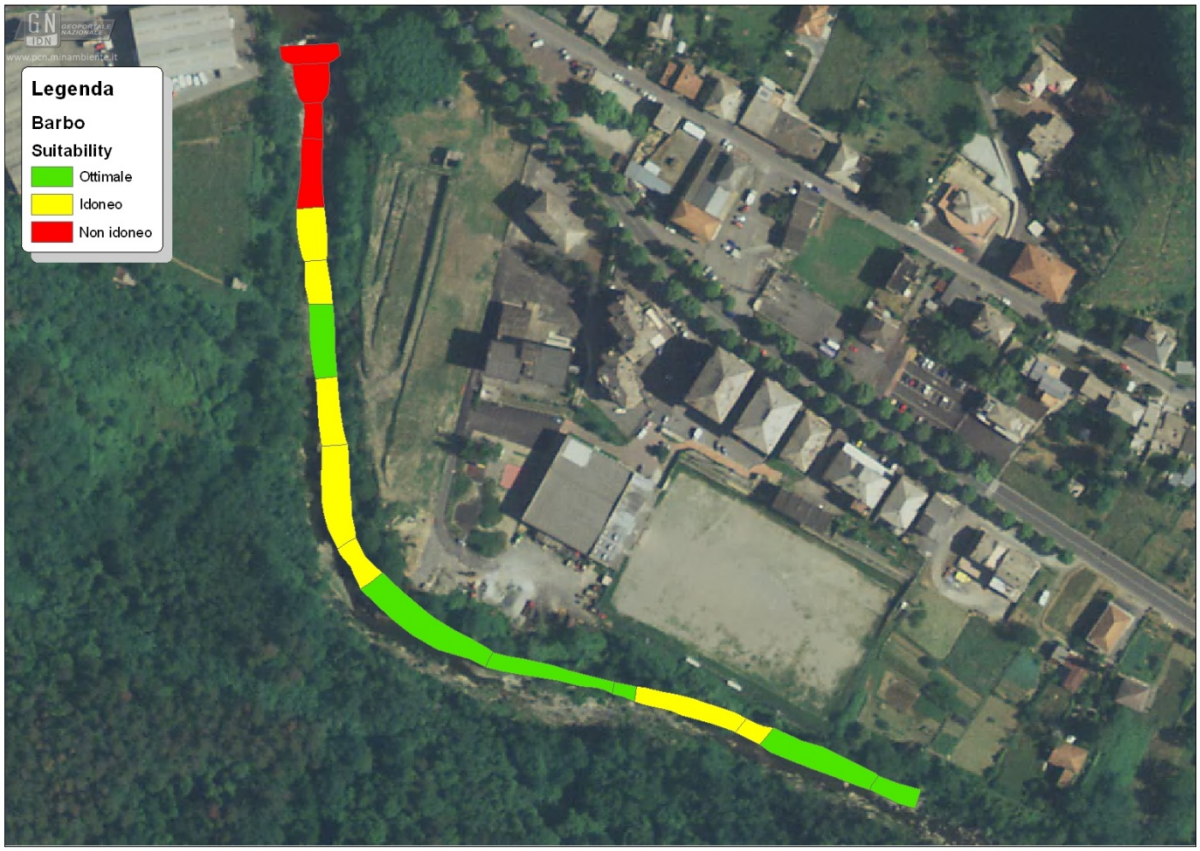
4) Restituzione dei rilievi con il GIS-Palmare e successiva elaborazione dei dati con il software SimStream 7.0.



HMU		Presence	Abundance	Suitable	Optimal	Area				
Number	HMUType	Probability	Probability			Suitable	Optimal	Comm. Weighted	Presence Weighted	Abundance Weighted
10101	RIFFLE	3	0	☑	☑	162	162	No Comm. Prop.	0	No Comm. Prop.
10102	RUN	3	0	☑	☑	477	477	No Comm. Prop.	0	No Comm. Prop.
10103	RUFFLE	3	0	☑	☑	94	94	No Comm. Prop.	0	No Comm. Prop.
10104	POOL	3	0	☑	☑	373	373	No Comm. Prop.	0	No Comm. Prop.
10105	RUN	3	0	☑	☑	57	57	No Comm. Prop.	0	No Comm. Prop.
10106	RAPIDS	3	0	☑	☑	336	336	No Comm. Prop.	0	No Comm. Prop.
10107	RUN	3	0	☑	☑	660	660	No Comm. Prop.	0	No Comm. Prop.
10108	RIFFLE	3	0	☑	☑	183	183	No Comm. Prop.	0	No Comm. Prop.
10109	RUFFLE	3	0	☑	☑	503	503	No Comm. Prop.	0	No Comm. Prop.
10110	GLIDE	3	0	☑	☑	293	293	No Comm.	0	No Comm. Prop.

Figura 33. Risultati di SS 7.0.

5) Creazione delle mappe di idoneità ambientale per le specie target (barbo e vairone)


Legenda
Barbo
Suitability
Ottimale
Idoneo
Non idoneo


Legenda
Vairone
Suitability
Ottimale
Idoneo
Non idoneo

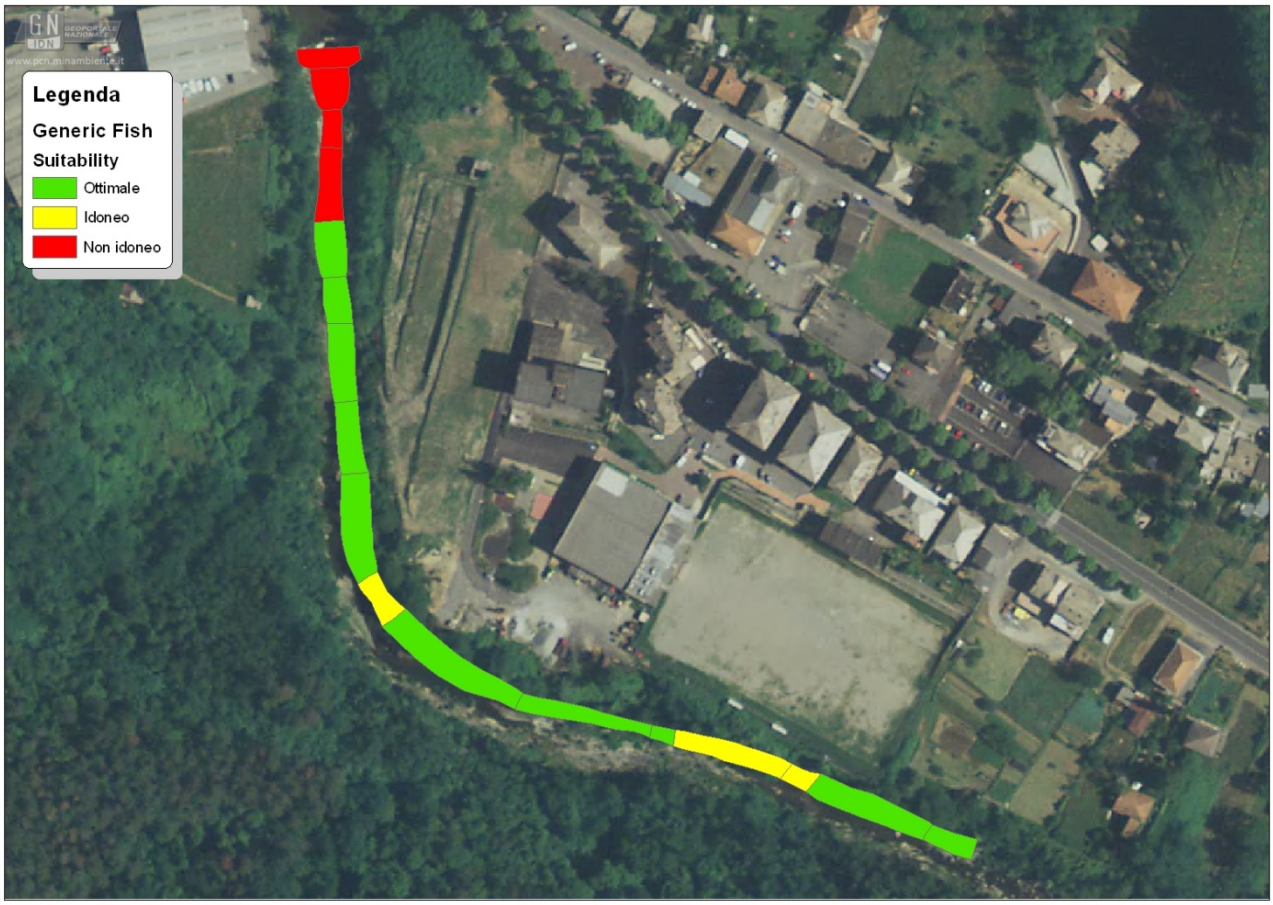


Figura 34. Mappe di idoneità per il Barbo, Vairone ed il *Generic Fish* alla portata di 1m^3/s.

3.4. INDICAZIONI TECNICHE PER IL RILASCIO DEL DMV

Sulla base di quanto finora analizzato, il DMV attualmente proposto di circa 0,43 m^3/s può essere sostenibile per la maggior parte delle specie ittiche, ma non soddisfacente durante il periodo riproduttivo. Volendo perciò garantire ai Ciprinidi reofili maggior idoneità ambientale, soprattutto durante la fase riproduttiva, si ritiene che siano opportuni rilasci superiori, in grado di generare valori più soddisfacenti. Infatti si ritiene importante che, durante la frega dei Ciprinidi reofili, i rilasci rispettino il più possibile l'andamento delle portate naturali del fiume, affinché questi possano trovare le migliori condizioni per la deposizione delle uova ed il compimento dei cicli vitali.

Il metodo MSA ha dimostrato che la portata di circa 1 m^3/s costituisce una portata non critica per il popolamento ittico target, anche in virtù dell'alternanza di mesohabitat, che consente agli animali lo spostamento negli ambienti più idonei a seconda delle necessità. Si può perciò sostenere che questa portata sia sempre idonea a mantenere nei mesohabitat *run, riffle e ruffle* condizioni sostenibili per le specie target analizzate.

Anche il metodo Mesohabsim mostra come gli habitat siano quasi tutti da idoneo a ottimale eccetto che per le tre HMU più a monte (*pool*, *rapids* ed un piccolo *run*), ma ciò è anche da ascriversi alla conformazione morfologica di questi ambienti. Guardando alla mappa di idoneità per il *Generic Fish*[1] si nota inoltre che la maggior parte degli habitat sono da considerarsi ottimali per le specie esaminate.

Si individua perciò un elenco di punti costituente una proposta tecnica per effettuare le modalità dei rilasci, una volta che l'impianto sarà in fase di esercizio, ovvero:

- Ipotizzare lo scenario di una modulazione dei rilasci, per un range da circa 0,43m^3/s a circa 1 m^3/s. In tale range, i valori di DMV dovranno essere maggiori nel tipico periodo riproduttivo dei Ciprinidi reofili (Maggio – Giugno), mentre si possono supporre rilasci inferiori in periodi di non criticità per l'ittiofauna, come i mesi autunnali – invernali, in cui le attività metaboliche e fisiologiche sono ridotte al minimo così come le esigenze autoecologiche.

- Verificare comunque e sempre che, in fase di gestione dell'impianto e su questa gamma di valori, ci sia la naturale continuità fluviale di questo tratto, in modo da permettere alla fauna ittica di spostarsi liberamente negli habitat più graditi ed idonei in base alla portata e periodo dell'anno, consentendo il libero raggiungimento di pool, run o riffle a seconda delle esigenze. Per questo motivo le portate non dovranno mai generare condizioni per le quali i mesohabitat riffle e ruffle (a tirante idrico ridotto) possano seccare o comunque non essere percorribili.

- Monitorare il popolamento ittico durante la fase di esercizio della centrale con campionamenti da ripetersi 1 volta l'anno nelle medesime stazioni di controllo eseguite per questo lavoro, al fine di verificare eventuali depauperamenti o stati di sofferenza nei

[1] Nel Generic Fish vengono considerate tutte le specie accorpate a formare un unico popolamento ittico e l'idoneità dell'HMU viene assegnata in base alla specie con idoneità più alta per la singola HMU.

popolamenti ittici ad oggi esistenti. In tal caso provvedere a rivedere le caratteristiche e le modalità dei rilasci.

- Provvedere, in caso di criticità, a rilasci della portata naturale per effettuare "lavaggi" del corso d'acqua nel caso di evidenti e perduranti fenomeni di anossia ed eutrofizzazione.

4. PROGETTAZIONE PRELIMINARE PASSAGGIO PER PESCI

4.1. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Come prescritto dalla legislazione e come evidenziato con le indagini ambientali finora svolte, la realizzazione dell'impianto idroelettrico deve essere accompagnata da interventi per il recupero della continuità fluviale del t. Lavagna nel tratto in esame, in particolare consentendo il superamento del salto costituito dallo sbarramento esistente.

Nello specifico capitolo si è prodotta la progettazione definitiva del passaggio pesci, che andrà poi elaborata a livello esecutivo in una successiva fase di avanzamento dei lavori, collegata alla redazione dell'assetto tecnico finale dell'opera di presa.

Il perseguire un preciso iter progettuale risulta il corretto metodo per realizzare un efficace passaggio per pesci. Per tale scopo, è opportuno ricondursi a quanto contenuto nella pubblicazione "*Linee guida per il corretto approccio metodologico alla progettazione dei passaggi per pesci",* edito dalla Provincia di Modena nel 2006. Tale pubblicazione costituisce in effetti il primo manuale italiano di riferimento ed indirizzo per la progettazione di passaggi per pesci e contiene il percorso analitico per una regolare organizzazione dei lavori. In tale iter, i dati di input da sviluppare sono contenuti nel seguente elenco di punti:

- *indagine sulla fauna ittica, scelta della/e specie da favorire definite specie target*
- *conoscenza del calendario migratorio e/o riproduttivo per la/e specie target*
- *analisi del regime fluviale durante l'arco dell'anno e in particolare nel periodo migratorio prima individuato per la/e specie target*
- *scelta della portata di utilizzo da destinare al passaggio artificiale in relazione ai deflussi del corso d'acqua nel periodo individuato*
- *analisi del contesto ambientale in cui si colloca l'intervento*
- *scelta della tipologia progettuale più idonea*
- *progettazione dell'intervento*

In questo caso i dati di input elencati sopra per la preparazione del progetto sono forniti rispettivamente da:

- Indagine sul popolamento ittiofaunistico, indagine per la scelta delle specie target (punti 1. e 2.) – indagine specialistica (vedi capitolo dedicato)
- Studio idraulico, calcolo della portata di utilizzo, (punti 3. e 4.) – fornito da ing. B.Tronchi
- Rilievo dell'area di intervento e dell'opera di presa (punto 5.) – fornito da ing. B.Tronchi
-

La progettazione costituisce i punti 6. e 7. dell'iter metodologico prima esposto, e si colloca in conformità con la normativa regionale e col D.G.R. 551/08.

4.2. PORTATA DI ALIMENTAZIONE DEL PASSAGGIO PER PESCI

Le portate naturali del t. Lavagna saranno modificate artificialmente dal sistema idroelettrico una volta che questo rientrerà in regime e risulta perciò assai complesso, e poco utile, indagare sui rapporti tra portata naturale ed alimentazione di un passaggio per pesci. Infatti, anche se questa procedura è consuetudine per una corretta progettazione, diviene scarsamente applicabile in un contesto di traversa di derivazione esistente, ove invece si configura meglio un'analisi mirata al miglior sfruttamento di parte del DMV come portata di alimentazione.

Attualmente il calcolo del DMV concordato tra la Committenza ed il Comitato Tecnico Provinciale è di 0,43 m^3/sec, (anche se gli studi da noi svolti nel presente studio dimostrano che è migliorativo un rilascio più elevato e modulato durante la stagione migratoria): considerando gli spazi disponibili ed ottimizzando il dimensionamento complessivo del passaggio per pesci da affiancare all'opera di presa, si è individuato come valore adeguato di portata ottimale circa 0,13 m^3/s (inferiore alla Q_{365} per garantirne sempre il funzionamento più performante). La restante portata per raggiungere la quantità di DMV stabilita potrà stramazzare dalla traversa, col vantaggio di mantenere il piacevole aspetto estetico della "cascata", ed evitando ristagni nel gorgo a valle della traversa stessa, accorgimento importante per l'ossigenazione dell'acqua nel catino di ricezione per mantenere lo stato sanitario dell'acqua inalterato a scopo igienico.

In definitiva, lo scenario che si prospetta può essere rappresentato da 3 situazioni tipo:

SITUAZIONE 1 – Portata naturale inferiore al DMV (Q_t<DMV)
Quando la portata naturale del fiume è inferiore al valore minimo costante del DMV: l'impianto non può derivare e tutta l'acqua in arrivo da monte deve poter liberamente defluire a valle dello sbarramento. Si è scelto, nel presente progetto, che tale deflusso (totalmente o parzialmente) alimenti sempre il passaggio artificiale per pesci.

SITUAZIONE 2 – Portata naturale compresa tra il DMV e la portata massima derivabile (DMV<Q_t≤DMV+ $Q_{der\ max}$)
In queste condizioni di portata l'impianto può derivare la differenza tra la portata naturale del torrente ed il DMV stabilito.

SITUAZIONE 3 – Portata naturale superiore alla somma del DMV e della portata massima derivabile (Q_t>DMV+$Q_{max\ der}$)
Per valori di portata naturale del fiume superiori, la portata derivata dall'impianto resta fissa e pari al valore massimo di concessione più il DMV mentre tutta l'eccedenza viene rilasciata al torrente stramazzando direttamente dalla traversa.

Dovendo garantire sia il rilascio del DMV sia che il passaggio per pesci lavori a regime prima che l'opera di presa inizi a derivare, sarà messo a punto un sistema che alimenta il passaggio per pesci proprio con parte del DMV, in modo da soddisfare, contemporaneamente, queste due condizioni.

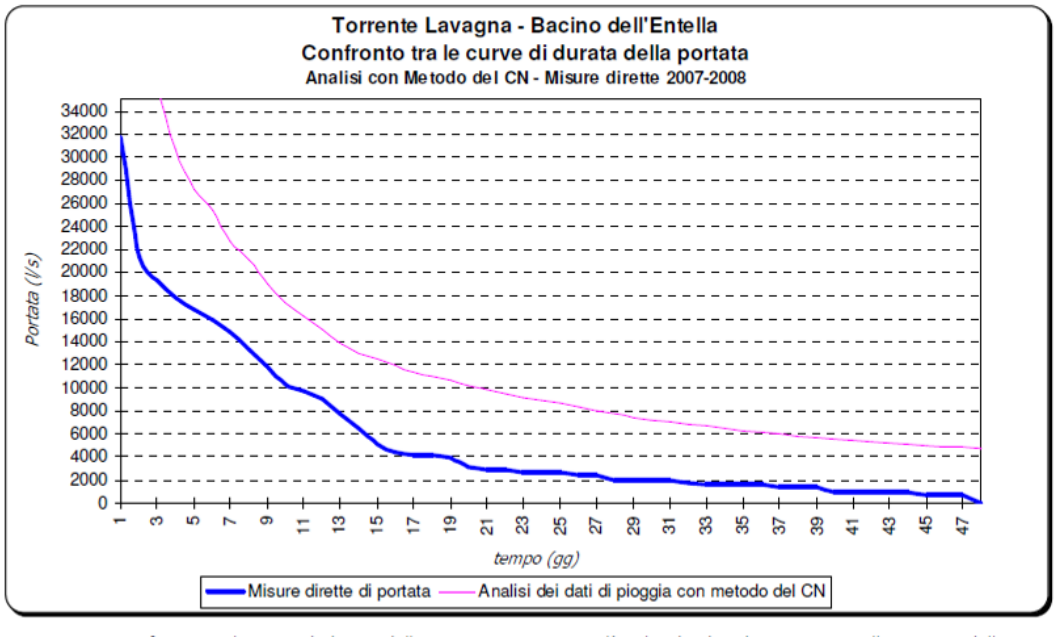


Figura 35. Curve di durata delle portate (da studio idrologico ing.Tronchi)

Pertanto, affinchè sia garantita questa condizione, l'imbocco del passaggio per pesci dovrà essere costituito da una soglia sfiorante quotata più in basso rispetto allo sfioro del coronamento della traversa, circa 0,60 m più in basso. Questa scelta tecnica garantirà che la "prima" acqua defluente alimenti subito il passaggio artificiale, ed una volta soddisfatta la condizione del rilascio del DMV, sarà successivamente possibile derivare nell'impianto idroelettrico.

4.3. INDICAZIONI TECNICHE PER LA REALIZZAZIONE

Per giungere alle più idonee soluzioni progettuali si sono rivedute le principali tipologie di passaggio artificiale, onde potere escludere quelle inadeguate per motivi tecnici, economici, funzionali e via dicendo. Le molte tipologie di passaggi per pesci vengono classificate in tre macro-gruppi secondo la più recente bibliografia internazionale e conformemente alla Commissione Europea "EIFAC Working Party for Fish Passage Best Practises" – istituita dalla FAO. Questa catalogazione consente l'utilizzo di una terminologia comune per la definizione delle opere, al fine di creare una maggior chiarezza intorno a fuorvianti dizioni. In particolare, per il progetto in esame, si è ritenuta come soluzione più opportuna, una progettazione che prevede una soluzione del tipo "passaggi tecnici".

4.3.1. CARATTERISTICHE DEI "PASSAGGI TECNICI" ED APPLICAZIONE ALLA TRAVERSA DI FERRADA

I passaggi tecnici, tra i quali i classici "bacini successivi", i "denil" ed i "vertical slot", i "pre-barrages" rappresentano la tipologia più utilizzata e diffusa, pur essendo di remota concezione progettuale. In particolare, il principio sul quale si basa il funzionamento di un passaggio a bacini successivi consiste nella ripartizione del dislivello tra il pelo libero di monte e valle in molti piccoli salti di uguale altezza tramite una serie di vasche consecutive. Il passaggio dell'acqua da una vasca all'altra può avvenire attraverso un orifizio sommerso, una fenditura verticale rigurgitata o uno stramazzo libero di varia forma (rettangolare, triangolare, etc.). Spesso vengono utilizzati impianti ibridi, nei quali il passaggio dell'acqua (e quindi dell'ittiofauna) avviene associando uno o più orifizi sommersi ad uno stramazzo o ad una fenditura laterale (orifizio a battente e bocca a stramazzo parzialmente rigurgitata). I principali parametri progettuali per i passaggi a bacini successivi sono le dimensioni delle vasche e le caratteristiche del setto o la paratoia che separa i bacini (dimensioni delle fenditure, degli stramazzi e degli orifizi). Queste caratteristiche geometriche, unitamente ai livelli d'acqua nel fiume a monte e valle dello sbarramento, determinano il comportamento idraulico della struttura e soprattutto la portata di alimentazione e la velocità dell'acqua. Lo scopo dei bacini è quello di offrire ai pesci un'area di sosta e contemporaneamente permettere un'adeguata dissipazione di potenza del getto stramazzante tra un bacino ed il successivo: in ogni bacino debbono rigorosamente verificarsi le stesse condizioni. Per questo esistono moltissimi tipi di passaggi a bacini successivi che differiscono per dimensioni, portata, interconnessione tra le singole vasche. La lunghezza di queste può variare da 0,50 m a oltre 10 m, la profondità da 0,50 m a più di 2 m. La portata di alimentazione può variare da poche decine di litri al secondo a molti m^3/s e la pendenza del fondo da 5% a più del 20%. Il salto tra ogni singola vasca costituisce un rilevante fattore discriminante in funzione delle capacità natatorie dell'ittiofauna e può variare da 0,10 a 0,50 m, ma frequentemente si usano dislivelli di 0,20-0,30 m. Con tali dislivelli la massima velocità della corrente nel passaggio da un bacino all'altro è rispettivamente pari a 1,98 e 2,43 m/s.

La larghezza minima di orifizi/fenditure/stramazzi è di 0,15-0,20 m. Il volume d'acqua nella singola vasca è determinato dal valore di potenza specifica dissipata che si ritiene ammissibile per ogni singola specie; questo criterio è unanimemente accettato e si utilizzano, come valori standard, i seguenti: 100-150 w/m^3 animali di dimensioni molto piccole e specie con modeste capacità natatorie, mentre per Salmonidi si può arrivare sino a valori massimi di 200-250 w/m^3. Un valore medio comunemente accettato come riferimento è comunque compreso tra 150 e 200 w/m^3. Data l'alta valenza di questo modello di passaggio artificiale e l'adattabilità a quasi tutti i contesti fluviali, si è messo a punto un progetto basato su questa tipologia progettuale poiché:

- Si possono minimizzare gli ingombri rispetto alla sezione di deflusso del fiume, utilizzando parte dei manufatti esistenti, costituiti in questo caso dal muro del canale esistente.
- Assorbire escursioni di livello dovute alle fluttuazioni di portata.
- Effettuare agevolmente operazioni di monitoraggio del funzionamento.

La tipologia utilizzata, in particolare, è un *passaggio tecnico* della sotto-tipologia *pool and weir* in grado di superare il dislivello di circa 1,50 m tra la massima quota di sfioro posta a quota 112.24 ed il livello di valle al piede della traversa 110.79. Per il superamento del dislivello occorrono 6 bacini scalati di 0,25 m ciascuno, più un bacino per l'entrata del pesce protetto da una scogliera, realizzati ripartendo un canale principale in CLS con paratoie prefabbricate in metallo. La pendenza del canale, costante, sarà circa del 12%.

Il collocamento del passaggio per pesci sarà in dx idraulica, dallo stesso lato dell'opera di presa ed al fianco della vaca di carico, al fine di semplificarne oltre che la realizzazione sfruttando il muro esistente, anche le successive fasi di manutenzione e monitoraggio, oltrechè per porre l'opera in maggior sicurezza idraulica.



Figura 36. Posizionamento del passaggio per pesci in riva dx

A titolo di esempio si allegano di seguito due immagini di passaggi per pesci di tipo tecnico da noi realizzati in contesti similari (opera di presa esistente e canale di derivazione esistente in riva dx):

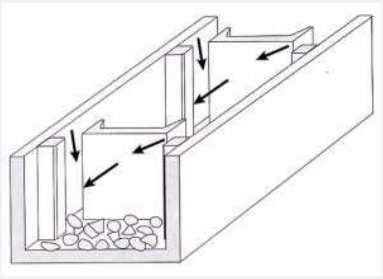
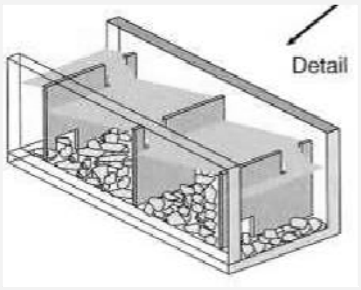
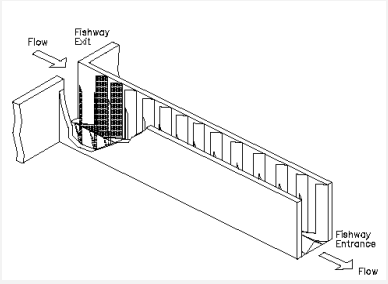


Figura 37. Passaggio artificiale a bacini successivi con portata circa 0,170 m^3/s, t. Sturla (GE)



Figura 38. Passaggio artificiale vertical slot, portata circa 0,42 m^3/s, f. Dora Riparia (TO)

Tabella 11. Scheda riassuntiva dei "passaggi tecnici"

PASSAGGI TECNICI		
schema	*caratteristiche tecniche*	*vantaggi, svantaggi, efficacia*
 Vertical slot	Passaggio a fenditure verticali generalmente costituito da un canale in muratura con setti divisori in muratura oppure legno con 1 o 2 fenditure che si estendono per tutta l'altezza della parete. I bacini hanno dimensioni minime di 1.90 m di lunghezza ed 1.20 di larghezza, almeno 0.80 m profondità; portata minima utilizzabile da circa 150 l/s fino a molti m^3/s. Usati per piccoli medi ed elevati salti d'acqua, risultano adatti a far fronte a grandi variazioni di livello del fiume senza compromettere la propria efficacia. Adatti sia per piccoli che grandi corsi d'acqua.	Possono essere dimensionati per grandi portate risultando quindi molto attrattivi. Più funzionali dei passaggi a bacini per i minori rischi di intasamento delle fenditure. Attualmente rappresentano i migliori tipi di passaggi tecnici, essendo adatti per tutte le specie e possono essere utilizzati anche da invertebrati se il fondo viene naturalizzato con pietrame misto.
 Pool and weir	Passaggi a bacini successivi generalmente in muratura con setti divisori in muratura, legno o metallo con 1 fenditura laterale ed 1 orifizio sul fondo. Le pareti presentano le fenditure alternate a destra e sinistra. Bacini con lunghezza minima 1.40 m e larghezza 1.00 m; portate utilizzabili da 50 fino a 500 l/s. Usati per piccoli e medi salti d'acqua, risultano adatti per sbarramenti idroelettrici o per manufatti di sistemazione dell'alveo.	Permettono soltanto l'utilizzo di portate relativamente basse, potendo così risultare poco attrattivi. Possono esserci notevoli rischi di intasamento con i detriti fluitati. Adatti per tutte le specie se le dimensioni dei bacini sono scelte in funzione della specie "target" da favorire.
 Denil	Canali in muratura, legno o metallo con deflettori sagomati a"U" e posti con angolazione a 45°. Possono avere larghezza variabile tra 0.6-0.9 m, pendenza massima I=1:5 e lunghezza 6-8 m. Oltre queste lunghezze è previsto l'uso di "resting pools"per la stabulazione del pesce. Utilizzano portate di almeno 250 l/s. Adatti per piccoli dislivelli, soprattutto per riabilitare vecchi mulini ove vi è poco spazio. Per dislivelli maggiori si devono realizzare delle "resting pools" tra un tratto e l'altro.	Non si usano in presenza di forti variazioni di livello del fiume e utilizzano portate relativamente alte; occupano tuttavia poco spazio e creano correnti molto attrattive. Risultano non molto adatti a specie deboli o pesci molto piccoli; sono invalicabili per la fauna benthonica.

4.3.2. DIMENSIONAMENTO TECNICO-IDRAULICO DEL PASSAGGIO PER PESCI DI FERRADA

Il passaggio per pesci, dal punto di vista idraulico, è progettato ed ottimizzato per essere alimentato da una portata di circa 0,130 m^3/s; tuttavia ne è previsto il regolare funzionamento anche con portate inferiori (fino ad un minimo di circa 0,06-0,07 m^3/s) e superiori (circa 0,150 – 0,180 m^3/s).

Per il superamento del dislivello di 1,50 m occorrono 6 bacini scalati di 0,25 m ciascuno, realizzati ripartendo con paratoie prefabbricate in metallo un canale principale in CLS a pendenza omogenea del 12,5%. Ogni bacino avrà lunghezza 2 m e larghezza 1,0 m. La comunicazione tra i bacini avviene tramite una fenditura laterale verticale (bocca a stramazzo parzialmente rigurgitata) di larghezza 0,20 m e bagnata dall'acqua di monte per un'altezza di 0,60 m alla portata ottimale stabilita. Le fenditure saranno posizionate alternativamente a dx e sx. Ogni fenditura sarà dotata di un deflettore metallico posizionato ortogonalmente al fine di migliorare l'idraulica della lama d'acqua stramazzante. Con questa portata ogni singolo bacino avrà una profondità media di 1,0 m, massima di circa 1,12 e minima di 0,88 m; l'altezza totale della paratoia è stabilita comunque in 1,20 m in modo da avere circa 0,10 m di franco per funzionare anche con aumenti di livello. In un secondo momento, in fase di esercizio, potrà essere valutata la possibilità di aprire un orifizio sul fondo delle paratoie di 0,10 x 0,10 m.

La velocità massima dell'acqua si sviluppa esclusivamente al momento dell'efflusso dalle fenditure ed è calcolata con la formula di Torricelli $V= (2gDH)^{0,5}$, pari a circa 2,21 m/s: valore tollerabile per la fauna ittica e inferiore alla velocità massima sostenibile. Nelle fenditure comunque la velocità media è calcolata con la formula di Leonardo e Castelli $V = Q/\Omega$ e pari a circa 1,08 m/s, mentre nei bacini risulta circa 0,1 m/s: valori assolutamente sostenibili dalla fauna ittica. In realtà si formano comunque gradienti e linee d'acqua variabili, per cui con il modello tecnico adottato il pesce ha la possibilità di nuotare a profondità maggiori o minori, oppure radente le pareti del bacino, trovando le condizioni migliori in funzione delle proprie capacità natatorie.

La dissipazione di potenza specifica, nelle condizioni di portata e di carico idraulico assegnati (Q=0,13 m^3/s – DH = 0,25 m), è calcolata con la formula $Pv = \rho gQDH/V$ ed è pari a circa 160 W/m^3, valore ottimale per un impianto simile (vedi paragrafo passaggi tecnici). Si sottolinea comunque che i valori ottenuti sono di riferimento, e che la distribuzione delle velocità si ripartisce secondo determinati gradienti.

Si rimanda la veduta d'insieme delle opere alle tavole progettuali allegate.

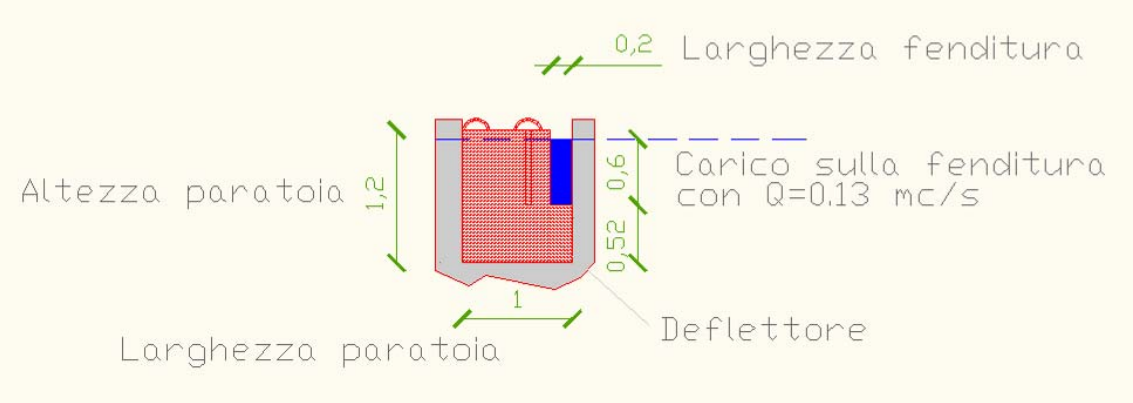


Figura 39. Sezione bacini – tipo

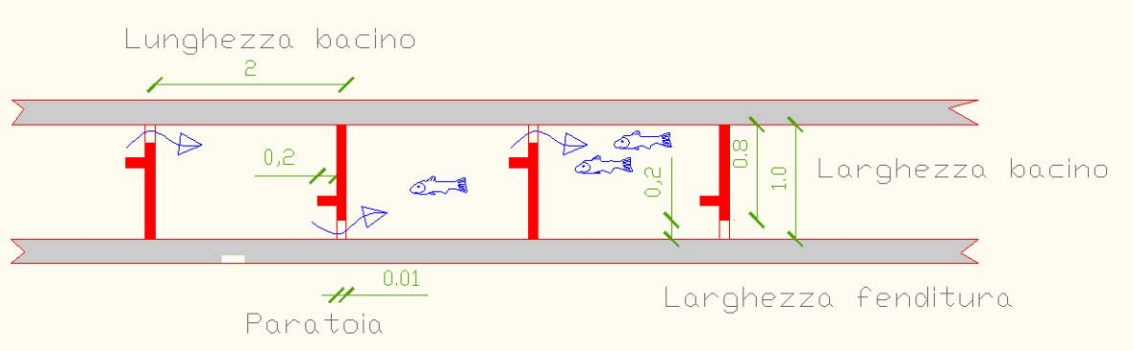


Figura 40. Schema longitudinale bacini – tipo

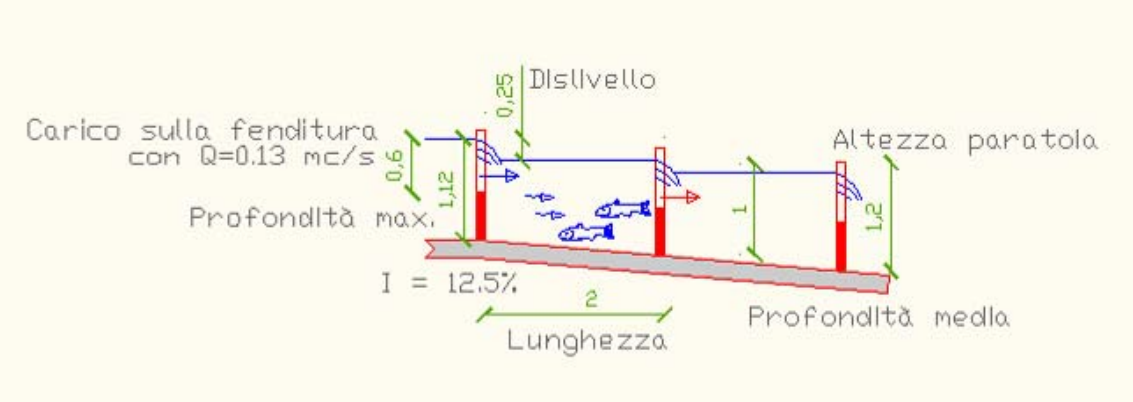


Figura 41. Profilo bacini – tipo

La progettazione dei bacini e la verifica del funzionamento idraulico è stata infine ricontrollata con apposito software francese per il dimensionamento di passaggi per pesci, di cui si riporta la schermata di calcolo. Il software ha validato il dimensionamento dell'opera con la portata ottimale assegnata e pari a 0,130 m^3/s.

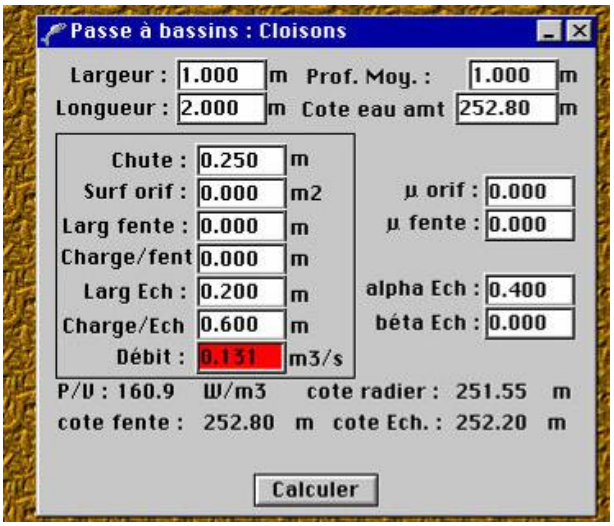


Figura 42. Schermata del foglio di calcolo per la verifica di dimensionamento

Infine, per migliorare la performance dell'impianto, è prevista l'apposizione di scabrezze e rugosità sul fondo del canale, al fine di modificare il gradiente di velocità e abbassarne sensibilmente i valori, oltre che diversificare il fondale e naturalizzarlo. Tra i vari metodi per aumentare la scabrezza di un canale si è ritenuto quello più naturalistico ed economico l'utilizzo di conci di pietra di cava, a spigolo vivo, di dimensioni circa 10 -15 cm adagiati sul fondo.



Figura 43. Esempio di macro-scabrezze di fondo in un passaggio a bacini successivi sul t. Bisenzio (PO)

4.3.3. ALTRI ELEMENTI TECNICI: PARATOIE E GRIGLIATI METALLICI

Paratoie metalliche

Le paratoie dovranno essere realizzate in lamiera zincata di spessore 5 - 7 m, aventi altezza circa 1,20m e larghezza 1,0 m eccetto il ritaglio costituito dalla fenditura; peseranno complessivamente circa 70 kg ciascuna (peso specifico lamiera circa 8 kg/m^2 per mm di spessore). Si dovranno realizzare paratoie dotate di manici o di fori per l'aggancio con fune o con catena; si ritengono comunque necessari 2 operatori per il montaggio delle stesse o calandole col braccio meccanico dell'escavatore. Saranno necessarie, in totale, 6 paratoie. Le paratoie saranno montate con orifizio sul fondo sfalsato alternativamente a dx e sx.

Grigliato metallico

Il passaggio per pesci dovrà essere totalmente protetto da un grigliato elettrosaldato calpestabile avente le funzioni di: impedire il danneggiamento dell'opera da parte di eventi alluvionali o eventi vandalici; impedire il prelievo ittico degli uccelli ittiofagi, impedire la pesca di frodo nella struttura. Il grigliato dovrà essere amovibile ed ispezionabile, pertanto dovrà essere bloccato con cerniere e bulloni, comunque non ammorsato nel getto d'opera.



Figura 44. Esempio di profilati e paratoie (sx), grigliato protettivo (dx) in un passaggio tecnico

4.4. CENNI PER LA MANUTENZIONE DELLE OPERE

La manutenzione ordinaria è un'operazione finalizzata a rendere l'opera efficiente e massimamente funzionale, nel momento in cui sta per iniziare la stagione migratoria della fauna ittica. Poiché si è in presenza essenzialmente di fauna ittica ciprinicola la manutenzione ordinaria andrà effettuata una volta l'anno, ovvero prima del momento migratorio, che per la rimonta ciprinicola avviene tra tarda primavera ed inizio estate. La manutenzione ordinaria consiste nella verifica che tutte le fenditure non risultino occluse da residui vegetali, plastica o quant'altro che possa inficiarne il funzionamento idraulico. Particolare attenzione andrà posta alla bocca di ingresso dell'acqua (uscita a monte per il pesce), visto che è la parte del passaggio artificiale maggiormente soggetta ad intasamento: andrà mantenuta sempre pulita affinché la giusta portata d'acqua alimenti correttamente il passaggio per pesci. Si dovrà infine verificare che la bocca per l'uscita dell'acqua a valle (entrata per il pesce) sia perfettamente efficiente e non occlusa, dal momento che risulta l'accesso all'opera. La manutenzione straordinaria è una operazione da effettuarsi ogni qualvolta un evento eccezionale renda inefficiente il passaggio per pesci, generalmente a causa di piene con elevatissima fluitazione di materiali galleggianti e non. Le operazioni consistono nelle stesse già esplicate per la manutenzione ordinaria, in sostanza la manutenzione si può considerare straordinaria nel momento in cui viene effettuata al di fuori dei periodi prima individuati. Per queste operazioni sono di ausilio una paratoia di manutenzione del passaggio per pesci che ne chiude l'alimentazione da monte. Nel caso di danneggiamento importante di parti del passaggio artificiale (che siano murarie, metalliche o quant'altro), si dovrà provvedere a restauro della parte danneggiate o completa sostituzione, al fine di garantire massima funzionalità all'opera.



Figura 45. Accumulo di detriti vegetali nei bacini di un passaggio tecnico, t.Tavaiano (FI)

4.5. INDICAZIONI DI MASSIMA PER IL COLLAUDO ED I MONITORAGGI

4.5.1. CAMPIONAMENTI E CATTURE DELL'ITTIOFAUNA

La metodologia più immediata per il monitoraggio degli spostamenti migratori è la predisposizione di una nassa, realizzata su misura per ogni passaggio per pesci, presso l'uscita a monte del passaggio artificiale, in modo da catturare gli animali che hanno risalito completamente la struttura. Tale sistema è molto efficiente, ma richiede notevole manodopera specializzata ed un controllo continuo per tutta la durata della sperimentazione. Il passaggio per pesci in esame dovrà essere collaudato per verificare la rimonta della fauna ciprinicola, pertanto è da prevedersi come minimo indispensabile una fase di monitoraggio con campionamenti in periodo primaverile, articolata così: fase di durata 3 gg. in tarda primavera (maggio) ed una ad inizio estate (inizi luglio).Inoltre sarebbe auspicabile un monitoraggio col metodo della "marcatura-ricattura" in ausilio all'altro sistema, in modo da verificare, nel lungo periodo, gli spostamenti effettuati dalla fauna ittica, magari facendo compilare ai pescatori un libretto ove vengono censiti gli animali marchiati rinvenuti nelle attività di pesca sportiva. Tuttavia si rimanda alla stesura di un vero e proprio protocollo di monitoraggio sul lungo periodo, da concordarsi con la Regione Liguria.

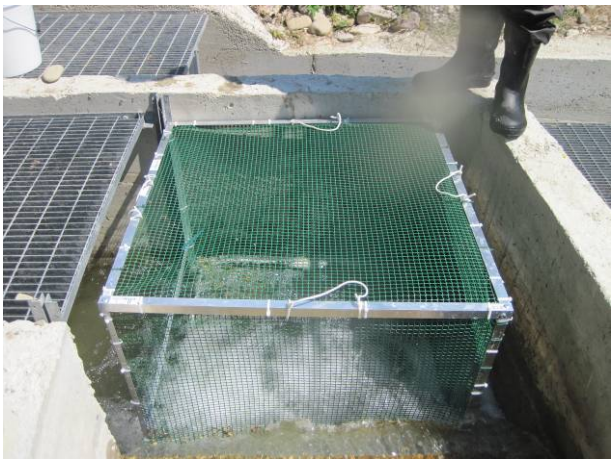


Figura 46. Nassa di cattura per il collaudo di un passaggio per pesci, t. Tavaiano (FI)



Figura 47. Elettropesca per la verifica di funzionalità, t.Tavaiano (FI)

4.5.2. VERIFICA DEI PARAMETRI IDRAULICI

I test di funzionamento debbono essere effettuati tramite misure di verifica basate sul controllo di parametri di carattere tecnico-funzionale. Tra questi sono evidenziati la verifica delle velocità dell'acqua nelle fenditure, stramazzi, ecc. per la comparazione coi valori sostenibili dalla fauna ittica interessata.
Opportuna anche la verifica del materiale che si accumula nel passaggio a seguito di eventi di piena (ghiaia, sabbia, residui vegetali, plastica, etc.), eventuale messa a punto di eventuali altri sistemi di protezione; verifica delle variazioni di livello alle quali il passaggio continua a lavorare correttamente tramite apposita asta idrometrica posta alla presa d'acqua; verifica dell'attrattività del passaggio durante le basse portate tramite misurazione della velocità del getto defluente a valle; verifica dei valori di dispersione energetica all'interno di bacini, vasche, canali, etc. a differenti livelli d'acqua e pertanto con portate variabili. La messa a punto di un passaggio per pesci deve essere quindi eseguita durante le fasi di esercizio, l'opera deve essere periodicamente testata e pertanto la sola realizzazione del dispositivo non è da considerarsi sufficiente a garantirne l'efficacia.

Tabella 1. Risultati del monitoraggio: in rosso sono indicati i valori critici

Bacino n°	Dislivello (m)	Diss. Ener. (W/m³)	Vel. Max. acqua (m/s)*		Prof.media acqua (m)	Specie rinvenute	Note
			fend.	orif.			
8	Circa 0,30	Circa 309	1,8	2,4	0,40	Barbo (sp.), altri Ciprinidi	Scarsa profondità
9	Circa 0,30	Circa 386	1,9	2,2	0,32	Savetta, pesce gatto punteggiato	Scarsa profondità
10	-	-	1,7	2,4	0,27	Pesce gatto punteggiato	Scarsa profondità
11	-	-	1,8	2,0	0,30	Piccoli ciprinidi, pesce gatto puntaggiato	Scarsa profondità
12	Circa 0,57	Circa 235	4,0	3,1	0,32	-	Bacino critico
13	-	-	1,6	1,7	0,64	-	Bacino critico
14	Circa 0,61	-	-	3,5	-	-	Invalicabile



Figura 12. Malfunzionamento degli orifizi: eccessiva velocità dell'acqua e relativa turbolenza, causate dall'insufficiente profondità dell'acqua nel bacino ricevente e nell'eccessivo dislivello tra due bacini successivi.



Figura 13. Malfunzionamento delle fenditure: lo stramazzo dovrebbe essere rigurgitato anziché libero, affinché i pesci possano nuotarvi dentro e non essere costretti a tentativi di salto.

Figura 48. Esempio di scheda di verifica dei parametri idraulici ed energetici per il collaudo di un passaggio per pesci a bacini successivi sul f.Ombrone (GR)

5. MATRICE RIASSUNTIVA IMPATTI / INDICAZIONI TECNICHE

Infine si riassume, schematicamente, quanto emerge dall'analisi ambientale eseguita col presente lavoro, andando a ripercorrere ogni singolo studio sulle componenti ambientali considerate:

Tabella . Tavola riassuntiva dell'analisi ambientale

Componente ambientale	**Tipologia di impatto**		**Indicazioni tecniche per la mitigazione**	**note**
	Temporanei (cantiere)	Permanenti (esercizio)		
1. Ecosistemi fluviali (habitat fisico)	presenti	assenti	Adeguata cantieristica	Ripristino condizioni *ante-operam*
2. Fauna ittica	assenti	da verificare con opportuno monitoraggio	Cantieristica rispettosa, adeguato rilascio del DMV	Occorre proteggere la fauna ittica durante lavori in alveo mentre occorre adeguare il rilascio del DMV in fase di esercizio secondo le diversità ecologiche delle specie target.
3. DMV	assenti	da verificare con opportuno monitoraggio	Rilascio di DMV stagionalizzato e modulato tra 0,43 – 1 m^3/s	E' necessario verificare la validità di questa proposta di rilasci con una campagna di monitoraggio da ripetersi 1 volta l'anno in fase di esercizio da concordarsi con la Regione Liguria.
4. Passaggio per pesci	lievi	assenti	Adeguata cantieristica in fase realizzativa	E' necessario verificare la funzionalità dell'opera con opportuno piano di monitoraggio da concordarsi con la Regione Liguria.