BIOITTICA

RICERCA & GESTIONE IN BIOLOGIA, ACQUACOLTURA & AMBIENTE

Relazione tecnica

Valutazioni ittiologico-ambientali

inerenti il

Progetto preliminare per il ripristino dell'impianto mini-idroelettrico ad acqua fluente denominato "Filanda" sul bacino del Torrente Lavagna nei Comuni di Moconesi, Tribogna e Cicagna



A cura del

Dott. Luca Ciuffardi

Naturalista e Ittiologo

www.bioittica.it – luca.ciuffardi@bioittica.it

Maggio 2013

INDICE

	Pag.
1. Considerazioni introduttive	3
2. Inquadramento territoriale e descrizione dell'intervento	4
3. Screening ittiofaunistico dell'area di intervento	8
4. Elaborazione del Deflusso Minimo Vitale	10
5. Biologia natatoria dell'ittiofauna e progettazione del passaggio per pesci	15
6. Bibliografia	20

1. CONSIDERAZIONI INTRODUTTIVE

Gli aspetti relativi al mantenimento della continuità longitudinale dei corsi d'acqua coinvolgono numerose discipline generalmente racchiuse insieme nell'ambito dell'*Ecoidraulica*, materia che si prefigge l'analisi e la comprensione complessiva degli ambienti fluviali e delle loro dinamiche.

L'Ecoidraulica mira a compatibilizzare l'utilizzo delle risorse idriche con approfondite considerazioni ecologiche, promuovendo la riabilitazione e la rinaturalizzazione degli habitat acquatici in un'ottica di sviluppo sostenibile. Al fine di preservare la continuità longitudinale di un corso d'acqua, sia la pianificazione di un adeguato Deflusso Minimo Vitale (DMV) sia la progettazione di un efficace passaggio per pesci coinvolgono tematiche tipiche di svariate discipline, e rappresentano un settore altamente specialistico al quale concorrono sia conoscenze tecniche che biologiche (PINI PRATO *et al.*, 2006).

L'Ecoidraulica infatti, prevedendo lo studio dell'analisi spaziale degli habitat, ha permesso il recupero di una visione globale dell'ambiente fluviale, interpretando la complessità strutturale e funzionale dell'ecosistema acquatico in ogni suo aspetto. I concetti di *continuum fluviale* e di *migrazioni ittiche* ne costituiscono i fondamenti ecologici. Un importante riferimento, alla base della lettura degli ambienti fluviali, è infatti il *"River Continuum Concept"*, che ha analizzato il fiume come una successione di sistemi interconnessi ove un qualsiasi tratto costituisce l'ambiente di uscita per il tratto precedente e di entrata per quello successivo. Tale scambio è costituito da materiali ed energia, in un sistema "aperto". In questo tipo di lettura viene enfatizzata la zonazione longitudinale del corso d'acqua, integrando i dati provenienti da informazioni biologiche con parametri fisico-morfologici come la pendenza dell'alveo, le caratteristiche della corrente, ecc (PINI PRATO *et al.*, 2006).

Alla luce di queste considerazioni si può comprendere interamente l'importanza delle attività biologiche e degli spostamenti della fauna ittica nell'ambito dell'ecositema fluviale. In presenza di un utilizzo antropico delle risorse idriche, il mantenimento di un adeguato DMV e l'esistenza di passaggi per pesci vanno ad assumere il ruolo di veri e propri *corridoi ecologici*, garantendo le condizioni idonee allo svolgimento delle attività vitali dell'ittiofauna e assicurando, in definitiva, la continuazione delle specie nel loro habitat naturale.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il progetto si prefigge di ripristinare l'impianto mini-idroelettrico ad acqua fluente denominato "Filanda" e situato lungo il corso del Torrente Lavagna, sul territorio dei Comuni di Moconesi, Tribogna e Cicagna (Figg.1 – 2). Gli interventi intendono recuperare le strutture esistenti nonché realizzare ex novo alcuni dettagli costruttivi indispensabili per l'ottimale sfruttamento della risorsa idrica e per il mantenimento degli equilibri del sistema fluviale nel suo complesso.

Lo sbarramento esistente (con quota in testa muro stimata in 133,16 m s.l.m.) verrà mantenuto: la struttura risulta costituita da una traversa in muratura di pietrame e cemento fondata su roccia lunga 38 m, profonda 1,80 m ed alta 2,30 m, con una scarpa del 10% circa. Le paratoie saranno anch'esse mantenute, realizzandone ovviamente due nuove con le stesse dimensioni di quelle originali (1,50 x 1,00 m).

Considerata tuttavia la necessità di garantire il DMV e il superamento dell'opera di presa da parte di pesci ed altri organismi acquatici, si intende realizzare una struttura artificiale che permetta il rispetto di entrambe le condizioni. Verrà quindi approntata una scala di risalita costituita da una successione degradante di vasche; essa avrà una serie di finalità: ridurre la velocità dell'acqua al di sotto della capacità natatoria delle specie ittiche, assorbire eventuali rapidi cambiamenti di portata garantendo sempre la presenza di luoghi di riposo, far passare una portata sufficiente ad attirare i pesci, operare senza interventi dell'uomo, essere facilmente accessibile. Le soglie stramazzanti verranno dimensionate e posizionate in modo da captare il DMV, in modo che la portata ad esso corrispondente non raggiunga il canale derivatore e fluisca quindi interamente in alveo. La soglia più a monte verrà dotata di un'asta opportunamente graduata che permetterà di misurare la portata (MARINI *et al.*).

Da questo punto l'acqua derivata verrà convogliata nelle vasche di sghiaiatura e dissabbiatura poste in fregio all'opera di presa, che verranno modificate in ragione della nuova portata per cui si intende far domanda di concessione; da qui l'acqua sarà incanalata verso la vasca di carico e quindi verso la casa macchine, posta 16,65 m più in basso.

Il canale di carico è ancora interamente esistente ed in buone condizioni: si sviluppa in sponda destra del Torrente Lavagna per una lunghezza pari a 1.300 m, di cui 1.100 m allo scoperto e 200 m in galleria (anch'essa perfettamente conservata); presenta una pendenza media pari allo 0.15%. La sezione tipo ha dimensioni pari a 1,20 x 1,00 m, ma tali dimensioni possono subire variazioni nei punti in cui la sponda è direttamente costituita dalla parete rocciosa. Queste caratteristiche permetteranno il transito di 1,55 m^3/s, considerando un franco di 20 cm fra il pelo

libero e la sponda del canale. Il canale sarà opportunamente ripulito, verranno ricostruite le parti crollate e rifatto l'intonaco interno delle pareti nei punti dove esse si presentassero ammalo rate (MARINI *et al.*).

La vasca di carico è posta a quota + 128,57 m s.l.m. ed ha una capacità complessiva di 1.200 m^3. Attualmente si presenta piena di terra e vegetazione cresciuta nel tempo, pertanto anch'essa verrà svuotata e ripulita dal materiale accumulato; ne verranno inoltre impermeabilizzate le pareti interne. Infine sarà dotata di un troppo pieno per lo scarico del volume d'acqua eventualmente in eccesso.

La condotta in pressione è la condotta di adduzione che dalla vasca di carico porta l'acqua alle turbine: attualmente è costituita da una tubazione in ferro del diametro di 600 mm, di spessore 5 mm e lunga 40 m, ma verrà sostituita con una condotta in polietilene PN16 ad alta densità del diametro di 800 mm.

La sala macchine è posta a quota + 116,00 m s.l.m. (per cui garantisce un salto utile di 17,37 m) ed ha dimensioni pari a 6,22 x 7,90 m circa, per un'altezza di 6,13 m ed una volumetria complessiva di 300 m^3 circa. Il suo stato di conservazione si può considerare sufficientemente buono, ma verranno effettuati lavori di ristrutturazione della struttura e di posa in opera della nuova turbina.

La condotta di scarico era costituita da una tubazione verticale in ferro che dalla turbina scendeva entro una grotta, alta circa 2,70 m, sottostante il locale macchine stesso. In fase di progetto tale tubazione verrà sostituita con una in polietilene PN6 ad alta densità del diametro di 800 mm, che restituirà in alveo l'acqua derivata ad una quota pari a circa + 110,44 m s.l.m., garantendo così un salto dall'opera di presa pari a 22,72 m. L'acqua che avrà solo turbinato entro l'impianto sarà restituita inalterata rispetto alla presa, e pertanto potrà fluire in alveo senza necessità di depurazione alcuna (MARINI *et al.*).

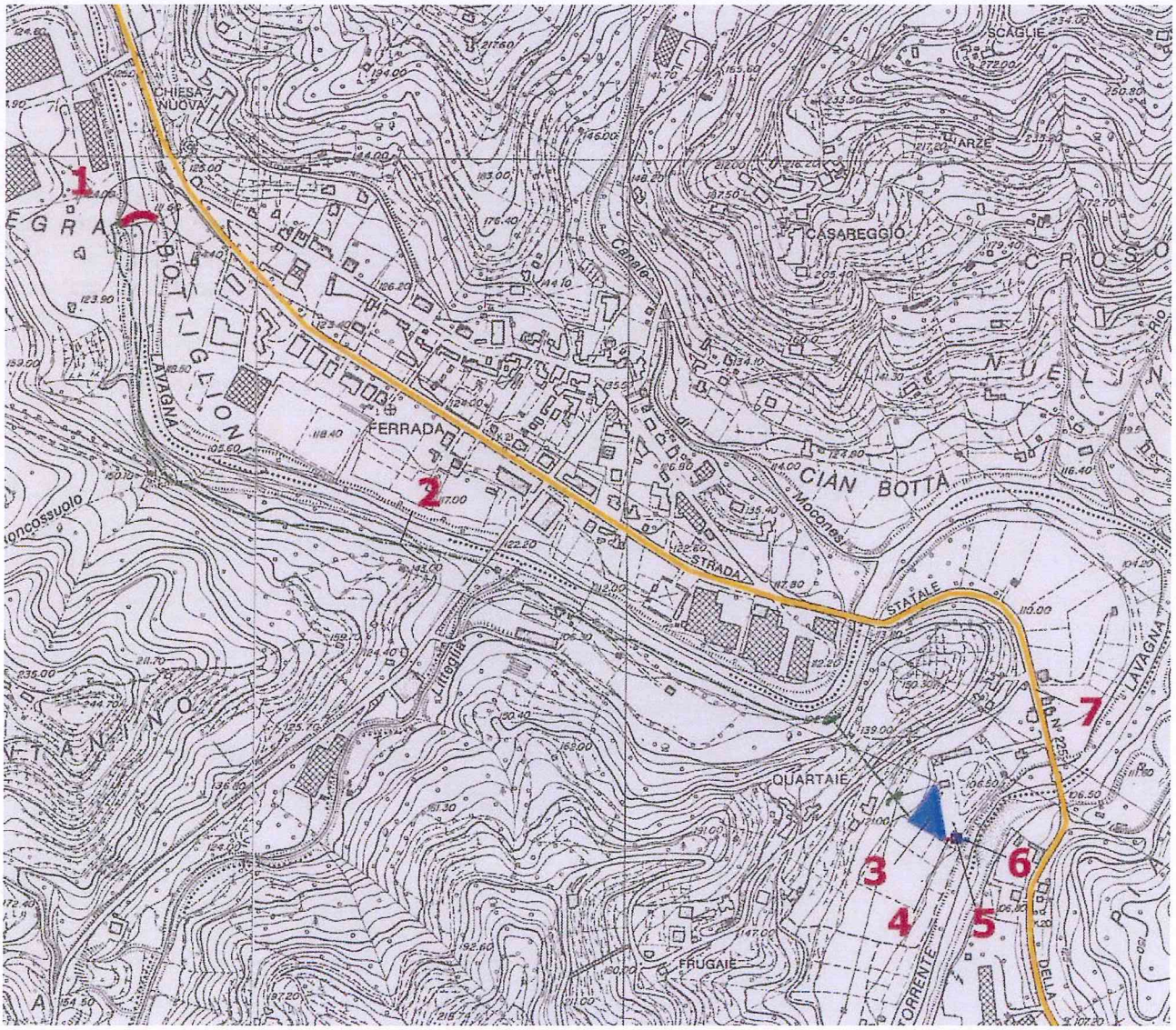


Fig. 1 – Planimetria dell'impianto mini-idroelettrico "Filanda"; n. 1: sbarramento esistente; n. 2 (tratto verde): opere di adduzione; n. 3: vasca di accumulo; n. 4: condotta forzata; n. 5: locale macchine; n. 6: canale di restituzione; in giallo è evidenziata la strada statale n. 225 della Fontanabuona (immagine tratta da: EN'A, 2006).



Fig. 2 – Lo sbarramento lungo il Torrente Lavagna posto nella porzione a monte dell'impianto mini-idroelettrico "Filanda".

3. SCREENING ITTIOFAUNISTICO DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area di intervento è localizzata in un tratto di Torrente Lavagna a vocazione tipicamente ciprinicola (BORRONI, 1995; BORRONI, 2005; Fig. 3), caratterizzato dalla presenza di specie come il vairone (*Leuciscus souffia muticellus*), il cavedano (*Leuciscus cephalus*), il barbo (*Barbus plebejus*) e l'anguilla (*Anguilla anguilla*). Nell'ambito di queste specie, in termini di valenza scientifica e conservazionistica spiccano in particolare il vairone ed il barbo; entrambi i taxa sono infatti inseriti nell'Allegato II della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" e nell'Allegato III della Convenzione di Berna.

Leuciscus souffia è diffuso nei territori alpini e carpatici dell'Europa centro-meridionale; la sottospecie *muticellus*, in particolare, è endemica dell'Italia, dove è presente nelle regioni settentrionali e centrali (fino alla Campania e al Molise). Il vairone vive in gruppi lungo i tratti medio-alti dei corsi d'acqua caratterizzati da fondali ghiaiosi o ciottolosi ed acque limpide e ossigenate. La dieta di *Leuciscus souffia* è formata soprattutto da organismi macrobentonici ed alghe epilitiche, anche se non disdegna la cattura di insetti adulti in superficie. La riproduzione avviene tra aprile e luglio, periodo in cui i maschi si ricoprono di piccoli tubercoli nuziali sul capo; i gameti vengono deposti in acque basse e correnti, su fondali ghiaiosi raggiunti in seguito a spostamenti dei riproduttori verso monte. La maturità sessuale viene raggiunta a 2 – 3 anni di età; ogni femmina depone mediamente circa 150 uova per grammo di peso corporeo.

Anche il barbo frequenta i tratti medio-alti dei corsi d'acqua, dove vive e si nutre a stretto contatto col fondo catturando macroinvertebrati bentonici attraverso l'impiego delle numerose terminazioni sensoriali presenti nei barbigli. La maturità sessuale è raggiunta a partire dai due anni nei maschi, dai tre anni nelle femmine; la riproduzione avviene tra la fine di aprile e luglio, periodo in cui gli esemplari adulti compiono vere e proprie migrazioni alla ricerca di un substrato idoneo alla deposizione (composto da fondale ghiaioso o ciottoloso e corrente abbastanza veloce). Ogni femmina depone mediamente 6.000 – 7.000 uova per kg di peso corporeo. Durante il periodo invernale i barbi si concentrano tra gli anfratti del fondale nei punti più profondi del corso d'acqua, dove trascorrono l'inverno in uno stato di semi-letargo.

Per entrambe le specie i principali pericoli derivano essenzialmente dai fenomeni di captazione indiscriminata, dagli interventi in alveo che ne distruggono gli habitat vitali (attività di spianamento e rettifica dei corsi d'acqua, cantieri per l'edificazione di opere di arginatura, ecc.) e dalla costruzione di sbarramenti non dotati di passaggi per pesci, che impedendo il raggiungimento delle zone di frega possono limitarne pesantemente le potenzialità riproduttive (CIUFFARDI, 2006).

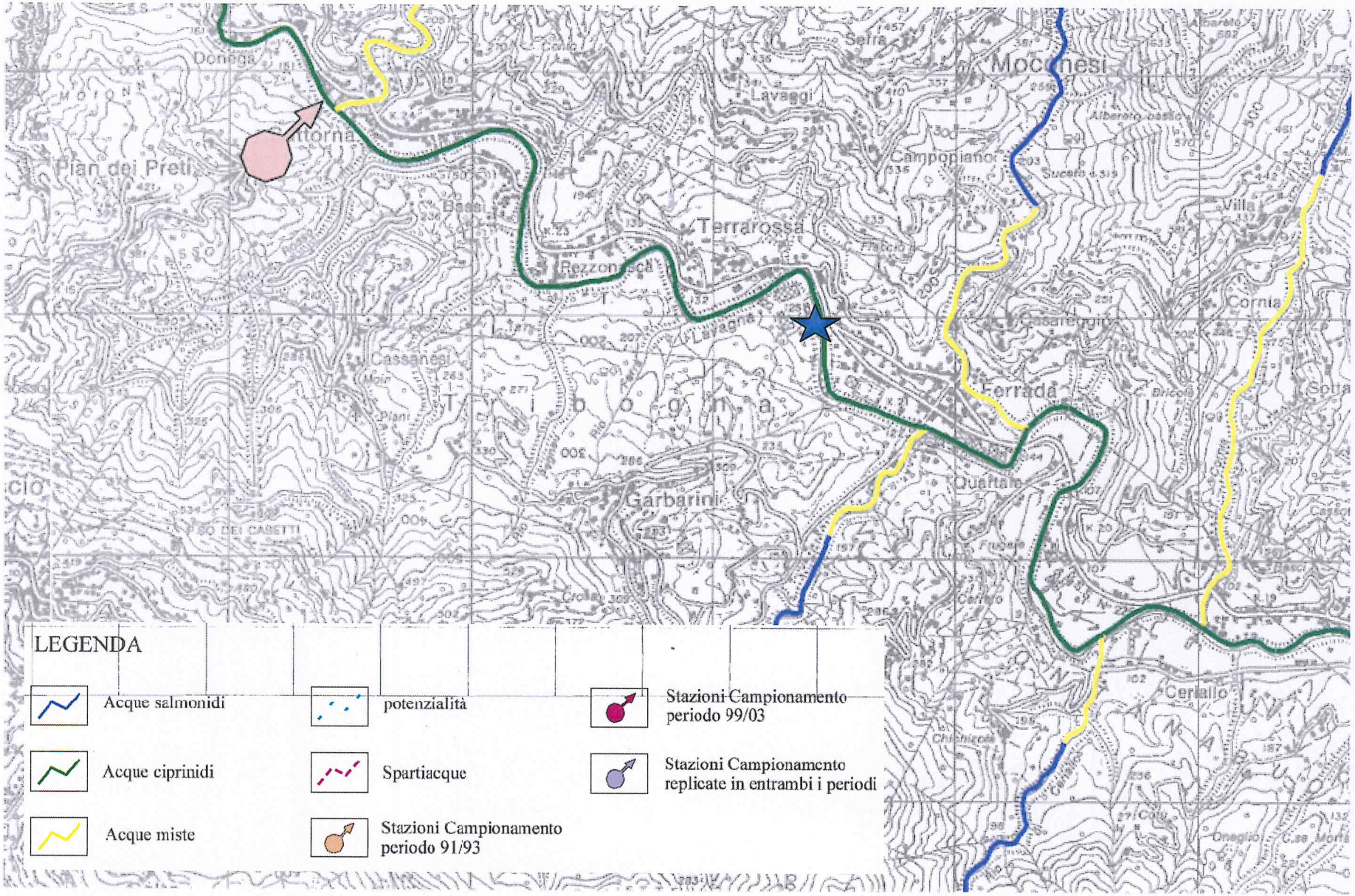


Fig. 3 – Carta ittiologica del tratto oggetto d'intervento; la stella azzurra indica la posizione della sbarramento (immagine tratta e modificata da: BORRONI, 2005).

4. ELABORAZIONE DEL DEFLUSSO MINIMO VITALE

Il Deflusso Minimo Vitale (DMV) è definito dal limite inferiore di deflusso che, salvo casi specifici, occorre sempre rispettare e, in certi casi, superare per garantire il mantenimento o il raggiungimento di obiettivi di qualità definiti per il singolo corso d'acqua dalla Pianificazione, integrando l'applicazione delle tecnologie depurative (TOMASELLI *et al.*, 2008).

L'impatto antropico più evidente sulle portate dei corsi d'acqua è quello provocato dalle derivazioni idriche ed è rappresentato dall'impoverimento della portata fluente nel tratto compreso tra l'opera di presa e quella di restituzione. Oltre ai conflitti d'uso tra i vari utilizzi, ciò induce condizioni di sofferenza per i macroinvertebrati e per i pesci e, in casi estremi, può condurre a estese morie ittiche e di altri organismi acquatici.

Lo stato di sofferenza non è conseguente alla sola riduzione di portata: in tali condizioni, la poca acqua scorre più lentamente ed essendo esposta più a lungo ai raggi solari, si riscalda, determinando la riduzione dell'ossigeno disciolto mentre il fabbisogno di ossigeno degli organismi acquatici è più elevato (il riscaldamento accelera il metabolismo). La minor velocità ed il riscaldamento favoriscono inoltre la proliferazione algale che può innescare l'eutrofizzazione, crisi anossiche ed estese morie, anche in alvei non asciutti. La riduzione di portata non induce solo condizioni attuali di sofferenza per i pesci, ma può comprometterne anche la riproduzione, ripercuotendosi così sulle generazioni successive e danneggiando quindi l'ecosistema venutosi a creare. È necessario garantire una continuità longitudinale dei corsi d'acqua, ossia assenza di anche brevi tratti di secca o con un battente idrico troppo basso, che impediscono ai pesci di raggiungere i siti di frega o di fuggire da uno stress; a tal scopo ogni opera di derivazione deve prevedere un passaggio per i pesci. La riduzione della portata comporta inoltre una minor diluizione degli inquinanti, effetto potenziato sinergicamente dalla riduzione della capacità autodepurante del corso d'acqua (TOMASELLI *et al.*, 2008).

La norma attuale intende il DMV come lo strumento minimale di salvaguardia ambientale e come il parametro fondamentale per la razionalizzazione delle concessioni di derivazione delle acque. Non è demandata, però, all'applicazione del DMV la risoluzione di tutti le inefficienze e le criticità legate alla gestione e allo stato qualitativo delle risorse idriche.

La necessità di determinare il Deflusso Minimo Vitale nei corpi idrici soggetti ad utilizzazioni e prelievi è ormai sottolineata da tutti i programmi delle Amministrazioni locali, a partire dagli anni '90, con diverse proposte operative, e si allaccia alle disposizioni contenute nella normativa statale ed in quelle delle Regioni e Province Autonome, a partire dalla Legge 183/89

sulla difesa del suolo. Anche se la necessità, soprattutto nei territori di collina e montagna, di non essere eccessivamente privati delle proprie risorse idriche, risale a periodi ben più lontani, ed è legata alle prime iniziative di sfruttamento delle risorse idriche.

Gli obiettivi legati al mantenimento del DMV sono quindi in sostanza finalizzati alla salvaguardia delle caratteristiche naturali dei corsi d'acqua, sia geomorfologiche (tendenze evolutive), idrologiche (comprese variazioni naturali di portata) e biologiche (comunità vegetali ed animali). Tuttavia, se chiari sono gli scopi e la necessità di mantenere il DMV in un fiume o torrente, non altrettanto chiari sono i criteri per definirlo e quantificarlo. L'obiettivo primario è quantizzare questo "deflusso minimo", fondamentale in ogni situazione di "derivazioni d'acqua"; in seguito, una volta fissato questo minimo, resta da stabilire se la rimanente acqua disponibile è tutta sfruttabile (TOMASELLI *et al.*, 2008).

Coerentemente alle indicazioni espresse nella Deliberazione 1146 del 15/10/04 della Regione Liguria, per la determinazione del DMV attualmente si ricorre alla metodologia indicata dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, espressa dalla seguente formula relativa alle sole componenti idrologiche (TOMASELLI *et al.*, 2008):

$$DMV = k \cdot q_{meda} \cdot S$$

Questo si ottiene, sulla base delle indicazioni dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, moltiplicando tra loro la "portata specifica media annua per unità di superficie sottesa" (q_{meda}), la superficie sottesa alla sezione considerata (S) e un coefficiente "k".

Per quanto riguarda portata media e superficie sottesa si utilizza il modello di bilancio idrico *Hydro*, in grado di individuare il bacino sotteso e di fornire un valore di deflusso per ciascuna sezione considerata. Per quel che concerne invece il coefficiente "k", questo rappresenta un fattore di tipo idrologico che esprime la percentuale di portata media da considerarsi nel calcolo del DMV. A seguito dell'Apporto Istruttorio ricevuto dalla Regione Liguria ad aprile 2007 tale valore non risulta costante su tutto il territorio; in particolare il coefficiente "k" assume i seguenti valori:

- $k = - 2.24 \cdot 10^{-5} S + 0.086$; [S in km^2] *(per i bacini padani siti ad est del bacino del Fiume Trebbia, incluso, e per quelli tirrenici siti ad est del Torrente Bisagno, escluso)*

- $k = - 2.39 \cdot 10^{-5} S + 0.058$; [S in km^2] *(per i bacini padani siti ad ovest del bacino del Fiume Trebbia, escluso, e per quelli tirrenici siti ad ovest del Torrente Bisagno, incluso).*

In particolare, per quel che riguarda il tratto di Torrente Lavagna oggetto dell'intervento di ripristino dell'impianto mini-idroelettrico denominato "Filanda", l'elaborazione del DMV deve essere intrapresa a partire dai dati forniti dal modello di bilancio idrico *Hydro* e illustrati nel *Piano di bacino stralcio sul bilancio idrico* redatto dalla Provincia di Genova, relativo al bacino del Fiume Entella (TOMASELLI *et al.*, 2008).

Lo schema idrologico del Torrente Lavagna (Fig. 4) mostra come nei pressi dell'abitato di Gattorna, a valle di una derivazione idroelettrica e dell'immissione del Torrente Neirone, il bacino presenti una $Q_{media\ annua\ antropizzata}$ pari a 2.788,00 l/s (al netto della portata concessa non restituita, in virtù di una superficie sottesa pari a 63 kmq). Presso questa sezione di chiusura il DMV può essere quindi calcolato nel modo seguente:

$$DMV_{Gattorna} = (-2.24 \cdot 10^{-5} \cdot 63 + 0.086) \cdot (2.788/63) \cdot 63 = 235,83\ l/s$$

Il punto di derivazione dell'impianto "Filanda", posto all'altezza dello sbarramento lungo il Torrente Lavagna, è localizzato circa 3 km a valle rispetto alla suddetta sezione di Gattorna; lungo questi 3 km di corso d'acqua, tuttavia, non sono presenti significative fonti di variazione della portata, né in termini di ulteriori derivazioni dal corpo idrico principale, né sotto forma di acque affluenti nel Torrente Lavagna. Sulla base di queste considerazioni appare possibile pervenire ad una stima del $DMV_{Filanda}$, nei pressi del punto di derivazione dell'impianto, attraverso il rapporto proporzionale relativo alla superficie di bacino sotteso, che presso lo sbarramento dell'impianto mini-idroelettrico risulta pari a 67 kmq (MARINI *et al.*). All'altezza della sezione di chiusura "Filanda", presso lo sbarramento oggetto del presente studio, il DMV da rispettare può essere quindi stimato nel modo seguente:

$$DMV_{Filanda} = (235,83 \cdot 67) / 63 = 250,80\ l/s$$

Rispetto al valore di DMV calcolato nell'ambito della relazione progettuale redatta da Marini *et al.*, elaborato secondo la metodologia prevista dall'Autorità di Bacino del Magra e pari a 433,61 l/s, spicca in maniera evidente come il valore di $DMV_{Filanda}$, stimato sulla base delle indicazioni espresse nella Deliberazione 1146 del 15/10/04 della Regione Liguria (TOMASELLI *et al.*, 2008), risulti notevolmente inferiore. Le motivazioni di questa netta differenza sono legate al fatto che nella metodologia impiegata dall'A.d.B. del Magra vengono prese in importante considerazione anche le componenti bio-naturalistiche dei bacini esaminati, caratteristiche che

invece non vengono considerate nella formula $DMV = k \cdot q_{meda} \cdot S$, la quale contempla esclusivamente le componenti idrologiche.

Alla luce delle valutazioni sopra esposte il valore di $DMV_{Filanda} = 250{,}80\ l/s$ attualmente costituisce la soglia di deflusso minimo da rispettare presso l'impianto mini-idroelettrico "Filanda" ai sensi della normativa vigente. Considerati tuttavia gli importanti aspetti naturalistici presenti nel bacino del Torrente Lavagna (tra cui spiccano le due specie ittiche vairone e barbo, inserite nell'Allegato II della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" e nell'Allegato III della Convenzione di Berna), va sottolineato che sarebbe consigliabile l'innalzamento della soglia di DMV per il tratto oggetto di studio ad un valore pari ad almeno 300,00 l/s.

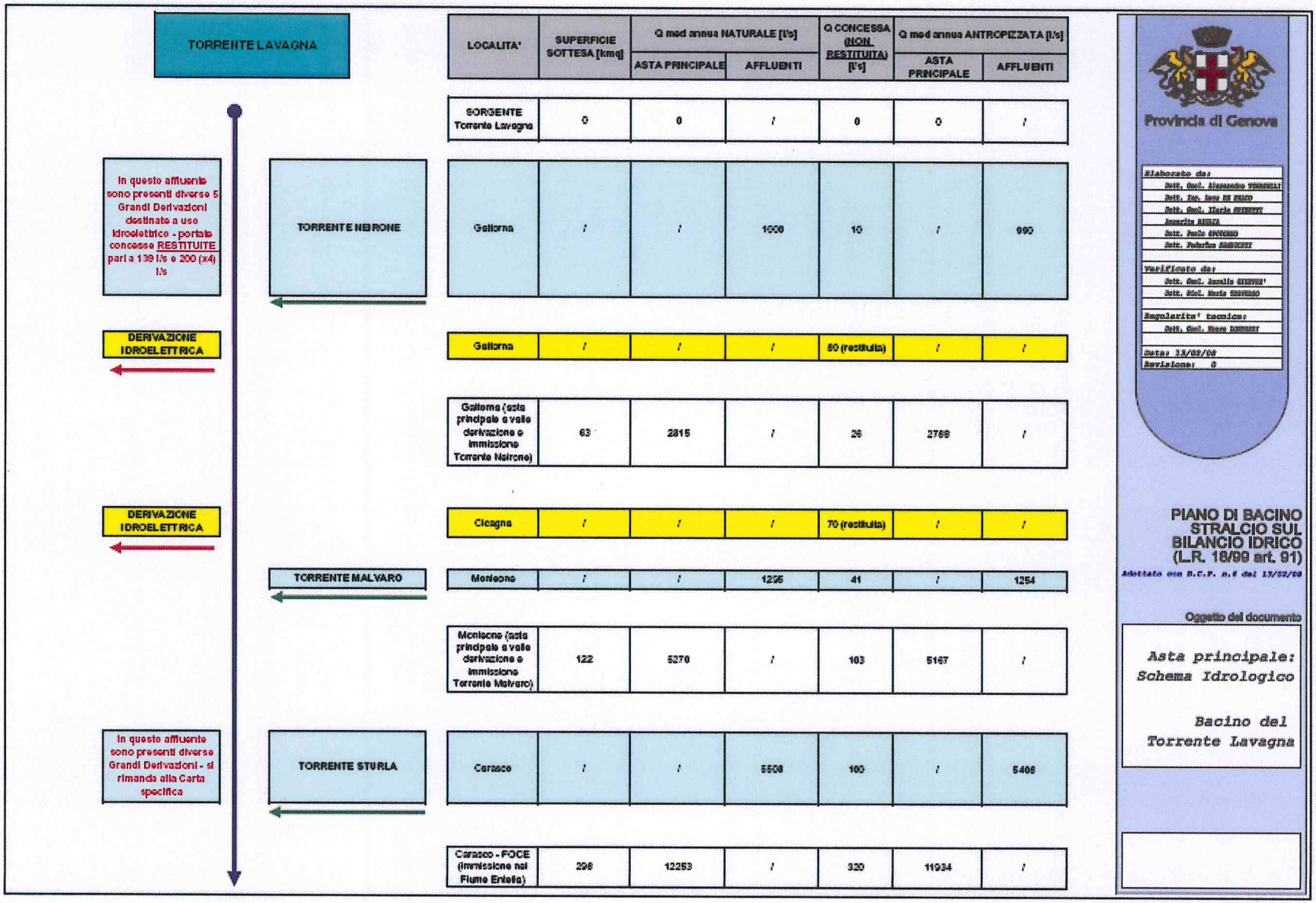


Fig. 4 – Schema idrologico del bacino del Torrente Lavagna (immagine tratta da: TOMASELLI *et al.*, 2008).

5. BIOLOGIA NATATORIA DELL'ITTIOFAUNA E PROGETTAZIONE DEL PASSAGGIO PER PESCI

Come illustrato da FAO-DVWK (2002) e successivamente confermato da Pini Prato *et al.* (2006), i passaggi per pesci (P.p.P.) possono essere classificati in tre grandi gruppi:

- ***Passaggi tecnici:*** passaggi artificiali di varie tipologie testate, apparentemente simili a comuni opere di ingegneria civile. Privilegiano l'uso di murature e parti metalliche o meccaniche (paratoie, diaframmi, ecc.), non imitando situazioni naturali come rapide e rocciosità. Sono la tipologia di P.p.P. più comune: comprendono i passaggi a bacini successivi, quelli a fenditure verticali nonché i passaggi Denil.
- ***Passaggi "close to nature":*** passaggi artificiali il cui aspetto imita il più possibile le caratteristiche naturali del corso d'acqua, creando pertanto rapide, corsi d'acqua minori, ecc. Possono essere realizzati anche con tecniche di ingegneria naturalistica (canali by-pass o rampe in pietrame senza utilizzo di calcestruzzo per l'intasamento dei massi).
- ***Strutture speciali:*** opere che permettono il passaggio dei pesci senza ricostituire la continuità fluviale (es. chiuse o ascensori per pesci). I pesci vengono semplicemente spostati passivamente oppure attivamente, ma il fiume continua a rimanere sostanzialmente interrotto.

Nel caso dello sbarramento dell'impianto mini-idroelettrico "Filanda", localizzato lungo il Torrente Lavagna, l'altezza della traversa esistente (pari a 2,30 m) nonché il suo stesso impiego a fini di derivazione delle acque portano a sconsigliare la progettazione e l'allestimento di P.p.P. di tipo "close to nature", quali per esempio le rampe in pietrame.

Molto più adatto al tipo di opera esistente appare invece un P.p.P. di tipo tecnico, realizzato secondo la tipologia "a bacini successivi", con setti divisori dotati di una fenditura laterale e di un orifizio sul fondo (Fig. 5). La struttura dell'opera andrà realizzata in muratura, mentre i setti divisori potranno essere eventualmente allestiti anche in legno o in metallo. A differenza dei P.p.P. di tipo "close to nature", i passaggi tecnici a bacini successivi si rivelano idonei anche per dislivelli di media entità come nel caso dell'impianto "Filanda", risultando particolarmente adatti all'impiego in presenza di opere di presa e derivazione; questo tipo di passaggio consente inoltre un efficace funzionamento dell'opera anche in presenza di portate idriche medio-basse, che spesso caratterizzano i corsi d'acqua liguri del versante tirrenico.

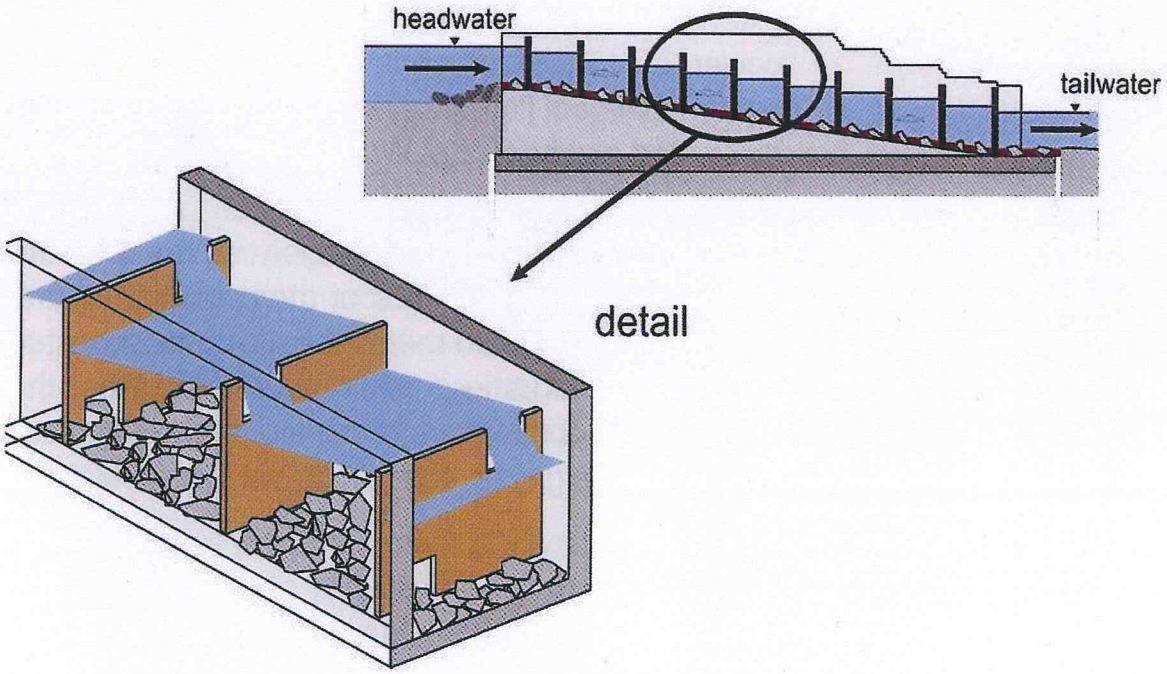


Fig. 5 – Sezione longitudinale e struttura dei bacini in un P.p.P. a bacini successivi (immagine tratta da: FAO-DVWK, 2002).

Per quel che riguarda gli aspetti biologici dell'ittiofauna connessi con la progettazione dei P.p.P., uno dei fattori fondamentali è costituito dalla capacità di nuoto del pesce in fase di risalita, intesa sia in termini di velocità che di resistenza. Si possono distinguere due tipi di velocità natatoria della fauna ittica: la velocità di crociera e la velocità di scatto. La prima risulta bassa, e tale da essere mantenuta anche per lunghi periodi; questo tipo di velocità è sostenuta dalla muscolatura aerobica "rossa", tipologia di tessuto in cui la quantità di ossigeno consumata dalle cellule muscolari risulta inferiore o uguale a quella disponibile nell'organismo dell'animale. La più rapida velocità di scatto, invece, impiega il muscolo "bianco" anaerobico, il quale può contrarsi rapidamente in assenza di ossigeno trasformando il glicogeno contenuto nelle cellule in acido lattico; rispetto all'andatura di crociera, però, in quest'ultimo caso la velocità massima può essere mantenuta solo per tempi piuttosto brevi, e richiede inoltre tempi lunghi per ricostituire le riserve di glicogeno (BEACH, 1984).

Un parametro fondamentale che va ad influenzare la rapidità del nuoto è costituito dalla dimensione del pesce: la velocità natatoria è infatti strettamente correlata alla frequenza dei colpi di

coda, e la distanza percorsa dall'animale con ciascun ondeggiamento del corpo corrisponde a circa 7/10 della sua lunghezza (PINI PRATO *et al.*, 2006). Sulla base di queste considerazioni si può così evincere la formula:

$$V = 0,7\ L / 2\ t$$

dove V costituisce la velocità natatoria massima, L la lunghezza del pesce e t il tempo di contrazione delle singole fibre del muscolo bianco.

Il tempo di contrazione del muscolo risulta a sua volta influenzato dalla temperatura: un muscolo freddo si contrae infatti più lentamente di uno caldo. La velocità natatoria massima dipende dunque da due fattori: la lunghezza del pesce e la temperatura dell'acqua; attraverso la conoscenza di questi due valori appare così possibile stimare la velocità massima raggiungibile dall'animale durante il nuoto.

Anche la resistenza nel nuoto (legata all'ammontare della riserva di glicogeno contenuta nel muscolo "bianco") è determinata sia dalla lunghezza del pesce che dalla temperatura dell'acqua; in particolare, la resistenza cresce col diminuire delle temperature e con l'aumentare della taglia corporea.

Tra le specie ittiche presenti nel tratto di Torrente Lavagna interessato dall'impianto mini-idroelettrico "Filanda", il barbo (*Barbus plebejus*) e il vairone (*Leuciscus souffia muticellus*) costituiscono sicuramente le specie target di riferimento sulla base delle quali andrà progettato il P.p.P., in virtù della loro particolare valenza scientifica e conservazionistica. In base ai dati noti circa le classi dimensionali dei riproduttori (riguardanti in particolare il vairone, specie di taglia più piccola rispetto al barbo; cfr. GANDOLFI *et al.*, 1991), si è ritenuto idoneo utilizzare come taglia minima di riferimento i 10 cm. Sebbene esistano anche esemplari di dimensioni minori, la misura minima pari a 10 cm permette di includere con certezza la maggior parte delle classi dimensionali che prendono parte alla riproduzione.

Attraverso le equazioni di Videler (1993) sono stati calcolati i valori della velocità natatoria massima e di crociera per una taglia dei pesci pari a 10 cm; in accordo con Pini Prato *et al.* (2006) sono emersi i seguenti valori:

Velocità di crociera: 0,4 m/s

Velocità massima: 1,14 m/s.

Seppur indicativi, i valori calcolati costituiscono comunque un valido riferimento per il calcolo del funzionamento idraulico del P.p.P lungo il Torrente Lavagna. La funzionalità dell'opera sarà infatti garantita dall'ottenimento di valori di velocità sostenibili dal pesce in risalita per uno

sforzo di durata variabile, ma comunque prolungato nel tempo. Di conseguenza, per essere sostenibili dal pesce, tali valori dovranno essere inferiori alla velocità massima di scatto (attività che si prolunga per pochi secondi in quanto avviene in anaerobiosi) e dovranno avvicinarsi il più possibile alla velocità di crociera (che può essere mantenuta a lungo in quanto non intacca le riserve di glicogeno). In definitiva il P.p.P. dovrà essere dimensionato in modo da ottenere valori di velocità dell'acqua all'interno dell'opera compresi nel range: 0,4 – 1,14 m/s.

Per quel che riguarda la portata di funzionamento del P.p.P., questa risulta strettamente legata al periodo migratorio delle specie ittiche target, periodo che va a coincidere con la stagione riproduttiva. Il barbo (*Barbus plebejus*) e il vairone (*Luciscus souffia muticellus*) svolgono la riproduzione nel periodo complessivamente compreso tra aprile e luglio; gli spostamenti migratori longitudinali dei riproduttori possono tuttavia iniziare fin dal mese di marzo, per concludersi nel mese di agosto. Così come già evidenziato ampiamente dall'esperienza francese, la portata da destinare al P.p.P. presso l'impianto "Filanda" dovrà quindi essere pari ad un valore compreso almeno tra il 1 % - 5 % del valore medio di portata registrato nel periodo marzo-agosto.

Un valore di portata del P.p.P. elaborato sulla base delle suddette valutazioni è motivato dal concetto di attrattività dell'opera nei confronti della fauna ittica: è infatti fondamentale destinare al P.p.P. una portata d'acqua ben distinguibile per l'ittiofauna che tenta la risalita dello sbarramento. Il pesce percepisce la direzione della corrente attraverso la "linea laterale", e si muove quindi attratto dal flusso nuotando in direzione opposta ad esso; se un corso d'acqua presenta una buona portata ed il P.p.P. è invece alimentato con portata assai ridotta, il pesce non riuscirà a localizzare l'opera di risalita e si fermerà nei pressi dello sbarramento.

Proprio al fine di permettere la localizzazione del P.p.P da parte del pesce, è inoltre importante creare un'entrata dell'opera particolarmente "invitante", assicurandosi che la portata di alimentazione (anche se sufficientemente abbondante) non venga "nascosta" all'ittiofauna da zone di ricircolo, controcorrenti o risalto idraulico, o ancora da ampie porzioni di corso d'acqua raggiungibili dai pesci e site al di sotto dello sbarramento insormontabile ma abbondantemente a monte dell'ingresso dell'opera di risalita.

In presenza di sbarramenti per derivazione, come nel caso oggetto del presente studio, è conveniente alimentare il P.p.P. con il Deflusso Minimo Vitale stabilito, o con sua quota parte solo qualora il DMV presenti valori talmente elevati da rendere diseconomica la realizzazione di un P.p.P. con tale portata defluente. Il dimensionamento dell'opera avverrà quindi sulla portata di alimentazione assegnata, compatibilmente con i limiti di velocità e di dissipazione energetica della stessa in relazione alle esigenze del pesce. Per esempio una struttura sovradimensionata, oltre a

costare di più, rischierà di non funzionare in caso di regimi di magra per i bacini troppo grandi che non riusciranno a riempirsi, con conseguente mancanza di profondità e scarsa velocità dell'acqua; una struttura sottodimensionata, invece, non risulterà attrattiva in quanto difficilmente individuabile in un grande corso d'acqua (PINI PRATO *et al.*, 2006).

Attraverso il P.p.P. dovrà sempre scorrere la prima acqua defluente: le altezze delle varie soglie di sfioro andranno predisposte in modo che prima entri in funzione la struttura di risalita e possa essere altresì assicurato il DMV per il Torrente Lavagna; in seguito entrerà in funzione la derivazione elettrica, e in ultimo lo sfioro dello sbarramento esistente.

6. BIBLIOGRAFIA

BEACH M.H., 1984 – Fish pass design. Criteria for the design and approval of fish passes and other structures to facilitate the passage of migratory fish in rivers. *Fisheries research technical report No. 78. Ministry of agriculture, fisheries and food, Directorate of fisheries research, U.K.*

BORRONI I., 1995 – Carta Ittica della Provincia di Genova. *Amministrazione Provinciale di Genova.*

BORRONI I., 2005 – Carta Ittica della Provincia di Genova. Indagine d'aggiornamento anni 1999/2003. *Amministrazione Provinciale di Genova.*

CIUFFARDI L., 2006 – Pesci. In: Arillo A. & Mariotti M.G. (eds.), Guida alla conoscenza delle specie liguri della Rete Natura 2000. *Regione Liguria.*

EN'A, 2006 – Progetto preliminare per il ripristino dell'impianto mini idroelettrico ad acqua fluente denominato "Filanda" sul bacino del Torrente Lavagna nei Comuni di Moconesi, Tribogna e Cicagna. Tavola n. 004 Sezioni tipo e particolari impianto.

FAO-DVWK, 2002 – Fish passes. Design, dimensions and monitoring. *FAO, Rome.*

GANDOLFI G., ZERUNIAN S., TORRICELLI P., MARCONATO A., 1991 – I pesci delle acque interne italiane. *Ist. Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.*

MARINI A., LARI M., TRONCHI B. – Progetto preliminare per il ripristino dell'impianto mini idroelettrico ad acqua fluente denominato "Filanda" sul bacino del Torrente Lavagna nei Comuni di Moconesi, Tribogna e Cicagna. Relazione tecnico-descrittiva.

PINI PRATO E., GIANAROLI M., COMOGLIO C., 2006 – Linee guida per il corretto approccio metodologico alla progettazione dei Passaggi per Pesci. Il caso studio del medio corso del Panaro. *Provincia di Modena.*

TOMASELLI A., SPINETTI I., DE ANTONI F., DE FALCO L., BRANDINO A., GRITA M., 2008 – Piano di bacino stralcio sul bilancio idrico. *Provincia di Genova.*

VIDELER J., 1993 – Fish swimming. *Chapman & Hall, Fish and fisheries series.*