



*Veduta del Real Museo di Fisica e d'Urania Naturale
 dalla parte del Real Giardino di Boboli
 1775*

Museo di Storia Naturale
Sezione di Zoologia “La Specola”
Università degli Studi di Firenze



Progetto pilota per la determinazione e verifica del Deflusso Minimo Vitale su base biologica per l'asta del Fiume di Sieve - (BioDeMiV)

Relazione finale

Marzo 2005

Responsabile scientifico

Marco Vannini

Coordinatore generale

Marta Poggesi

Responsabile operativa

Annamaria Nocita

Collaboratori

Stefano Bartali

Gabriele Pini

Fotografia

Saulo Bambi e Enrico Pini Prato

INDICE ANALITICO

1 Premessa	3
2 Metodologie di calcolo e legislazione relativa al DMV	5
2.1 IFIM	13
2.2 PHABSIM	16
2.2.1 Curve di idoneità	18
2.2.2 Area Disponibile Ponderata	24
3 Campionamenti della fauna ittica	27
3.1 Metodi per la stima delle popolazioni	27
3.2 Metodologia di campionamento	30
3.3 Elaborazione dati	34
3.4 Parametri fisici: l'importanza della temperatura	41
3.5 Rilievi parametri fisici (T e O ₂)	45
3.5.1 Temperatura	45
3.5.2 Ossigeno disciolto	50
3.6 Osservazioni	54
4 Calcolo del DMV su base biologica	57
4.1 Rilevamento dati di campagna	57
4.2 Elaborazione dati di campagna	67
4.3 Analisi dei dati di ADP	74
5 Conclusioni	81
6 Estensione del progetto all'intero Bacino del Fiume Arno	83
7 Bibliografia	85
8 Ringraziamenti	87



Assessorato Agricoltura
Caccia e Pesca



Museo di Storia Naturale



Autorità di bacino
del Fiume Arno

1 PREMESSA

Negli ultimi anni la crescente richiesta di acqua per scopi sociali (acquedotti) e produttivi (utilizzo irriguo o industriale) ha gravato quasi interamente sui corsi d'acqua che hanno così subito fortissime alterazioni idrologiche e morfologiche, stravolgendo spesso gli ecosistemi acquatici.

Notevoli diminuzioni della portata possono infatti essere causa della scomparsa di specie sensibili e nei casi più gravi di interi ecosistemi acquatici.

L'urgenza di far fronte a tali problemi ha reso necessario l'utilizzo di criteri e metodologie di valutazione utili all'individuazione di condizioni idrologiche da rispettare, in quei corsi d'acqua soggetti a derivazioni o sbarramenti.

E' proprio in relazione a questa problematica che la gestione della portata risulta essere un fattore fondamentale perché i processi biologici vitali degli organismi acquatici, riproduzione e sviluppo, possano svolgersi nella normalità.

Questi criteri di valutazione sviluppati con soluzioni e metodologie diverse hanno l'obiettivo di individuare per ogni singolo caso le portate minime e ottimali idonee alla vita acquatica.

La determinazione del Deflusso Minimo Vitale (la minima quantità di acqua fluente presente in alveo necessaria a consentire il perpetuarsi della comunità biologica ivi residente), non essendo ancora disponibile un metodo riconosciuto come ufficialmente valido, è di evidente difficoltà; coinvolge infatti fattori biotici e abiotici, nonché aspetti relativi ai singoli componenti delle diverse comunità, difficilmente trasformabili in formule o modelli.

Una soluzione a questo problema è l'utilizzo di specie sensibili o di particolare interesse, per le quali sono note le principali esigenze ambientali e sulle caratteristiche delle quali può essere valutato un Deflusso Minimo Vitale.

Lo studio sul Fiume Sieve, nel tratto a valle dell'invaso artificiale di Bilancino, si propone proprio di dare una risposta alle problematiche ambientali, legate essenzialmente agli aspetti ecologici del sistema fluviale, createsi dopo la costruzione di tale bacino.



Assessorato Agricoltura
Caccia e Pesca



Museo di Storia Naturale



Autorità di bacino
del Fiume Arno

2 METODOLOGIE DI CALCOLO E LEGISLAZIONE RELATIVA AL DMV

Le problematiche indotte su di un corpo idrico, a seguito di modificazioni delle portate naturali, sono oggetto di studio da molti anni, soprattutto da parte di autori anglosassoni (inglesi, americani).

Sono state elaborate metodiche di studio e previsionali con vari approcci e con varie difficoltà realizzative.

Ognuno di questi metodi consta di una parte conoscitiva dello stato attuale e di una seconda parte previsionale o gestionale.

Il dibattito attorno a queste modellizzazioni si è sviluppato a tal punto da indurre la costituzione di gruppi di studio all'interno di istituti di ricerca statali, di cui il più famoso è il Cooperative Instream Flow Service Group del Fish and Wildlife Service – Department of the Interior (USA).

Esse si basano su indagini locali di tipo idrologico e forniscono delle indicazioni sul flusso minimo residuo in funzione del bacino drenante del fiume.

Complessivamente i metodi attualmente sviluppati possono essere raggruppati in due categorie principali:

- **nei metodi orientativi o tradizionali** il flusso minimo o ottimale non viene ricavato da studi sperimentali specifici per il singolo corso d'acqua, ma viene individuato a partire da un valore, definito a priori, di una variabile messa in relazione alla portata (es. superficie sottesa allo sbarramento o la portata media del corso d'acqua).

Sono metodi di facile applicazione ma non tengono assolutamente conto delle variabili biologiche;

- **i metodi sperimentali** sono basati su misure sperimentali e fanno riferimento a specifici obiettivi di tutela ambientale.

Le portate minime sono in genere ricavate dalla relazione che lega una variabile idraulica o strutturale del corso d'acqua con la portata.

Sono definiti anche metodi *incrementali* in quanto il risultato finale consiste in una relazione che definisce la risposta della variabile ambientale al variare (incremento) della portata, oppure come nel caso del “Habitat Quality Methods”, le variabili fisiche considerate sono trasformate con criteri biologici.

Il grado di complessità di queste metodologie è diverso in relazione al numero di variabili considerate e al criterio di calcolo utilizzato.

Questi metodi consentono inoltre non solo di calcolare le portate minime ma quelle ottimali.

Del primo gruppo fanno parte quei modelli che necessitano di una o poche variabili in entrata, generalmente parametri idrologici (es. metodo di Baxter), e del secondo gruppo fanno parte quei modelli che utilizzano, oltre alle variabili idrologiche, anche quelle di tipo biologico, in modo da ottenere un'informazione sulla qualità ambientale in funzione delle varie situazioni di portata:

- **metodi che usano la superficie bagnata del fiume:** vengono usate queste variabili idrologiche come un mezzo per ottenere informazioni più precise sull'ambiente biologico. Ad esempio, identificazione di una serie di benefici biologici all'aumentare dell'alveo bagnato. Quest'ultimo viene correlato alla portata fluente e vengono così fornite indicazioni per il flusso minimo. Necessitano comunque di buona conoscenza delle variabili idrologiche, della loro relazione con i dati ambientali e soprattutto di dati sperimentali. Es. Metodo di Annear e Conder;

- **metodi che usano variabili idrologiche e variabili strutturali:** le informazioni raccolte vengono elaborate in vario modo e rappresentate come indice bidimensionale in funzione della portata. I dati strutturali e idrologici possono essere valutati in funzione del loro valore biologico e quindi aggregati per formare un indice. I dati necessari per poter operare con questi modelli sono molti e tutti derivanti da rilevazioni delle caratteristiche fisiche e biologiche del fiume stesso. Sono quindi gravosi in termini di tempo e lavoro, ma forniscono informazioni precise e sintetiche della situazione dell'ambiente in funzione delle variazioni di portata. Es. Metodo di Osborne;

- **metodi che usano variazioni rilevate in modo sperimentale:** comprendono quelle chimico-fisiche e idrologiche, quelle biologiche e quelle ottenute dalla fusione di alcune di esse. Le informazioni vengono elaborate con metodi di analisi statistica multivariata, per la determinazione di funzioni, come ad esempio l'Habitat Quality Index o l'Habitat Suitability Index; queste sono in grado di descrivere le modificazioni di alcune variabili biologiche in funzione della portata. Es. Metodo di Binns e Eiserman, Metodo di Waters, Metodo di McKinley, **IFIM o Metodo dei Microhabitats**.

Come si può comprendere dalla breve descrizione precedente, le metodologie che consentono una previsione completa e puntuale degli effetti finali sugli ecosistemi acquatici, al variare delle portate fluenti, sono quelle che si basano su una conoscenza dettagliata della situazione presente (con dati analitici reali e non teorici) e di quella storica; partendo da queste informazioni e unendo quelle provenienti dalle conoscenze biologiche relative alle specie, è possibile costruire un modello previsionale valido per un certo fiume e per una certa specie.

E' evidente che una tale precisione può essere ottenuta solo con studi lunghi e dettagliati, ma al contempo viene consentito al gestore di poter oggettivamente operare delle scelte conoscendo i possibili effetti sull'ambiente.

Di seguito sono elencate alcune delle metodologie più comunemente utilizzate per il calcolo del Deflusso Minimo Vitale.

I modelli di seguito elencati appartengono al gruppo dei metodi *orientativi* che conducono a indicazioni di massima, spesso non molto precise.

L'ultimo modello descritto (IFIM), appartenente ai metodi *sperimentali*, fornisce una valutazione delle portate in relazione alla preservazione dell'ecosistema fluviale, ed è appunto la metodologia da noi utilizzata.

Tra i metodi "storici" di definizione di un flusso minimo vitale, incentrati soprattutto alla protezione del patrimonio ittico salmonicolo, vi sono:

Metodo di Baxter (1961)

Questa metodologia è stata definita da Baxter (1961) sulla base di uno studio compiuto su 15 corsi d'acqua inglesi e scozzesi di varie dimensioni.

La ricerca ha avuto come obiettivo la protezione della riproduzione del salmone atlantico (*Salmo salar*) ed ha condotto alla **definizione di una percentuale di portata media mensile** da mantenere nel corso d'acqua per assicurare il normale svolgimento del ciclo vitale del salmone.

Il fatto di considerare le portate medie mensili, non mette al riparo da eventuali situazioni particolari (secche eccezionali) che potrebbero condurre ad eventi non desiderati.

Metodo dell'equazione di regressione o di Rantz (1964)

Questo autore evidenziò una **relazione esistente tra alcuni parametri idrologici** (portata media, larghezza dell'alveo bagnato, area del bacino imbrifero) che garantivano le condizioni ottimali di protezione per lo sviluppo del salmone del Pacifico in corsi d'acqua californiani.

La relazione fu ricavata con circa 10 anni di rilevamenti sperimentali in tratti di corsi d'acqua che ospitavano la riproduzione di questa specie.

La relazione ricavata da questo autore ha un valore di tipo locale e andrebbe nuovamente tarata per le altre situazioni; in mancanza di tale possibilità, l'equazione definita di Rantz (1964) è la seguente:

$$Q_o = 0.89 (Q_m)^{1.09} (L/H)^{1.44}$$

dove

Q_o = portata minima che corrisponde alla massima area idonea per la riproduzione (piedi³/s)

Q_m = portata media (piedi³/s)

L = larghezza media del corso d'acqua con portata media (piedi)

H = area del bacino imbrifero (miglia²)

Metodo di Elser o del Montana (USA)

Le esigenze di conservazione della fauna salmonicola è al centro di questa metodologia che è stata messa a punto da Elser nel 1972 e verificata sperimentalmente da Tennant nel 1976.

Le aree campione studiate per **definire le aliquote d'acqua** da mantenere in alveo sono state scelte in circa 160 corsi d'acqua del Montana (USA) ed è stata proposta una scala dei valori per l'acqua residua che assicurava vari gradi di protezione della fauna.

La verifica sperimentale ha evidenziato come il limite inferiore corrispondeva a circa il 10% della portata media annua.

Il riferimento a valori statistici di questo tipo, che inducono ad un livellamento delle variazioni idrologiche naturali, può comportare effetti negativi sulle biocenosi acquatiche.

Questo metodo, come il precedente metodo di Baxter, è piuttosto semplice da usare, anche se porta a conclusioni con un'ampia parte di soggettività.

Per quanto riguarda l'Italia, la volontà di tutelare le esigenze della comunità acquatica è stata recepita dal quadro normativo nazionale nel 1989, con la Legge 183, che ha proposto di garantire un *"deflusso minimo costante vitale"* tale da non provocare danni alle biocenosi acquatiche dei corsi d'acqua soggetti a captazione. Tale concetto sottende l'idea che i sistemi ecologici siano dotati di una "carring capacity", che dovrebbe essere individuata e rispettata.

Qualche anno dopo, la legge 36/94 ha fornito gli strumenti di complemento all'attuazione dei principi ispiratori della 183, riprendendo il concetto di deflusso minimo vitale e indicando che le derivazioni avrebbero dovuto essere regolate *"in modo da garantire il livello di deflusso necessario alla vita negli alvei e tale da non danneggiare gli equilibri degli ecosistemi interessati"*.

Alle Autorità di Bacino è stato affidato il compito di definire il bilancio idrico per assicurare l'equilibrio tra le disponibilità di risorse reperibili ed i fabbisogni per i diversi usi, nel rispetto dei criteri di solidarietà, risparmio e rinnovo delle risorse *"per non pregiudicare il patrimonio idrico, la vivibilità dell'ambiente, l'agricoltura, la fauna e la flora acquatiche, i processi geomorfologici e gli equilibri idrologici"*.

I ritardi nell'applicazione della normativa hanno indotto diversi Enti a formulare criteri autonomi per la determinazione dei DMV, rispondenti a diverse esigenze territoriali; ciò ha determinato sia l'applicazione di metodi differenti, sia la definizione di obiettivi diversi (tutela delle specie ittiche, degli usi ricreativi, della qualità delle acque, del paesaggio,...). In particolare, le Province di Bolzano e Trento, la Regione Piemonte, l'Autorità di bacino del Po per l'area Valtellina, la Regione Valle D'Aosta, l'Autorità di Bacino del Magra sono stati tra i primi enti a dotarsi di una regolamentazione per la determinazione del DMV; i valori proposti sono di tipo "standard setting" e nella maggior parte dei casi sono basati su parametri idrologici, talvolta pesati con coefficienti legati a qualità ambientale e naturalità.

Il D. Lgs. 152/99 ha infine esplicitato la necessità di considerare in modo integrato gli aspetti qualitativi e quantitativi dell'acqua, affermando l'idea che *"la tutela quantitativa della risorsa idrica concorre al raggiungimento degli obiettivi di qualità"* degli ecosistemi acquatici.

Con il Decreto 28 luglio 2004 il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio stabilisce le **"Linee guida per la predisposizione del bilancio idrico di bacino, comprensive dei criteri per il censimento delle utilizzazioni in atto e per la definizione**

del minimo deflusso vitale, di cui all'articolo 22, comma 4, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152.

Tra le metodologie utili al calcolo del DMV, il cui valore specifico deve essere stabilito nei Piani di tutela, suggerisce l'adozione di *metodi regionali e metodi sperimentali*.

Sempre in base al suddetto decreto, nella prima categoria rientrano i metodi che esprimono il DMV in funzione di caratteristiche morfologiche ed idrologiche del bacino o del sottobacino; essi si distinguono, a seconda delle grandezze assunte come variabili indipendenti, in:

- ***metodi con variabili morfologiche***: questi metodi sono basati sulla definizione di un "contributo specifico" (portata per unità di superficie); la variabile indipendente è la sola superficie del bacino. Spesso, per la massima semplificazione, il valore del *contributo unitario* minimo è assunto costante in un ambito territoriale abbastanza esteso; data però l'impossibilità di rappresentare in tal modo talune situazioni particolari, sono stati introdotti vari fattori correttivi;

- ***metodi con variabili idrologiche semplici***: in questi metodi la portata minima vitale è funzione - di solito mediante leggi di diretta proporzionalità - di alcuni valori caratteristici del deflusso nella sezione considerata (per esempio: della portata media mensile, portata media annua, ecc.);

- ***metodi con variabili idrologiche e morfologiche***: questi metodi esprimono una equazione di regressione tra la portata minima vitale ed alcune variabili idrologiche e morfologiche del bacino, come ad esempio la portata media;

- ***metodi con variabili statistiche***: sono i metodi basati sull'individuazione di particolari valori di frequenza o di durata dei deflussi. Un esempio semplice è quello basato sulla minima portata media di 7 giorni (media mobile) con tempo di ritorno 10 anni ($Q_{7,10}$); altri sono basati sulla portata media giornaliera di durata 335 giorni in un anno (Q_{335}) ovvero, come prevede la normativa svizzera, su una funzione della portata di durata 347 giorni (Q_{347}).

I metodi appartenenti alla seconda categoria (sperimentali)

- ***metodi sperimentali semplici***, in cui il DMV è correlato al contorno bagnato o alla larghezza della sezione utile per lo sviluppo della specie considerata, assumendo un criterio semplice per valutare l'idoneità di alcuni parametri ambientali;

- **metodi sperimentali complessi**, nei quali si utilizzano particolari curve continue per valutare gli ambiti di idoneità dei parametri ambientali; per esempio, con il modo dei "microhabitat", viene determinata una curva che correla l'*area disponibile ponderata* (funzione della portata media, della velocità media e della natura del substrato) alla portata del corso d'acqua; in corrispondenza del massimo di tale curva si può individuare il valore ottimale del DVM.

A quest'ultimo metodo (IFIM) si riferisce appunto il progetto di ricerca esposto in questa sede.

Di seguito alcuni esempi di metodologie adottate tra le varie amministrazioni locali:

Metodo della Provincia Autonoma di Bolzano

Questa provincia, nel "Progetto di Piano Generale per l'utilizzazione delle acque pubbliche in Provincia di Bolzano" (1983), prevede che gli ambienti acquatici vengano conservati ed in particolare siano garantite portate minime residue adeguate, da valutarsi di volta in volta e comunque non inferiore al valore corrispondente da un contributo unitario di 2 l/s per km² di bacino sotteso.

Viene così stabilito un criterio di base che indica un limite minimo da rispettare, fermo restando che le situazioni devono essere vagliate di caso in caso, introducendo il concetto che le regole precise e le conseguenti formule per determinarle non possono essere applicate acriticamente a tutti i corsi d'acqua.

Metodo della Regione Piemonte

Per quanto il Bacino del Po l'orientamento della Commissione tecnica che dovrebbe stabilire i criteri per il rilascio delle concessioni è quello di differenziare il DMV in funzione dei diversi ambiti climatici, idrologici e morfologici del bacino del Po.

In base all'attuale normativa adottata con DGR n.74-45166 del 26.04.95 il calcolo del DMV è legato alla portata specifica naturale sull'unità di superficie (non alterata dalla presenza di derivazioni) di durata di 355 giorni sulla base della

$$\text{DMV} = \text{KA} * \text{KB} * \text{KC} * \text{Q}_{355\text{-N}} * \text{S}$$

dove:

Q_{355-N}=portata minima di durata 355 giorni/anno, ottenuta mediante la regionalizzazione idrologica e corretta sulla base di tarature.

S= superficie del bacino.

KA 0,7=esprime condizioni idrologiche critiche rispetto alla Q_{355} (evento con tempo di ritorno medio 3-5 anni).

KB= assume valore 1 per DMV a valle delle nuove derivazioni, mentre valori temporaneamente minori, ma crescenti nel tempo, si adottano per le derivazioni esistenti, ai fini dell'introduzione graduale dello standard (dal 2005 sempre = 1).

KC=livello di protezione ambientale da assegnare al corso d'acqua, con valori crescenti compresi tra 1 e 1,5 in funzione degli obiettivi prefissati di tutela ambientale.

Nelle Istruzioni Integrative (1992) è prevista la modulazione temporale del deflusso minimo mediante l'adattamento della portata istantanea rilasciata alle fluttuazioni del regime idrologico naturale.

La Normativa della Regione Piemonte, essendo basata sulla regionalizzazione del dato idrologico, consente quindi di differenziare la zona alpina da quella appenninica e di pianura.

2.1 IFIM

IFIM (Instream Flow Incremental Methodology) è nato come risposta alle problematiche ambientali legate alla gestione ed allo sfruttamento della risorsa idrica. E' stato sviluppato da una équipe interdisciplinare di esperti sotto la responsabilità del United States Fish & Wild-Life Service (Department of the Interior).

IFIM è una complessa struttura analitica e concettuale, creata allo scopo di comprendere e gestire problematiche legate alla variazione indotta dei regimi fluviali provocate da azione antropica, con particolare riferimento alle portate dei corsi d'acqua (Stalnaker *et al.*, 1995). IFIM deve essere quindi considerato come un mezzo per dare una risposta ai problemi legati alla distribuzione della risorsa idrica in relazione agli organismi appartenenti all'ecosistema acquatico (Bovee *et al.*, 1998).

La scelta dell'habitat quale variabile decisionale sullo stato di sopravvivenza degli organismi acquatici, con particolare riferimento alle specie ittiche, è dovuta al fatto che IFIM è stato appositamente creato per quantificare gli impatti sull'ambiente e che le modificazioni dell'habitat sono senza dubbio le più evidenti manifestazioni di tali variazioni di portata, sicuramente le più facilmente misurabili (Stalnaker *et al.*, 1995).

Le quattro componenti fondamentali di un sistema fluviale che determinano la produttività di organismi acquatici sono: il regime di portata; la struttura fisica dell'habitat (forma del letto fluviale e distribuzione del substrato); la qualità dell'acqua (% di O₂ disciolto nell'acqua, temperatura, etc); l'apporto di nutrienti e materia organica dal bacino idrografico del corso d'acqua preso in esame.

La complessa interazione di tutte queste componenti determina la produzione primaria, quella secondaria e lo stato ecologico delle popolazioni ittiche nell'ambito del sistema fluviale.

Attraverso l'analisi combinata di più variabili ambientali IFIM riesce a predire con buona approssimazione la modificazione subita da un habitat al variare delle condizioni idrauliche di un corso d'acqua. Per una corretta applicazione di IFIM è stato necessario creare una classificazione gerarchica dell'intero habitat fluviale: si possono distinguere infatti tre livelli di habitat principali, Macro, Meso e Microhabitat.

Si parla di Macrohabitat in relazione a porzioni longitudinali del corso d'acqua all'interno delle quali le condizioni chimiche o fisiche influenzano l'idoneità dell'intero segmento di fiume per tutti gli organismi acquatici.

Al Macrohabitat appartengono i bacini di drenaggio, i sottobacini e le sezioni che sono le più piccole unità usate in IFIM.

Il Mesohabitat invece è una discreta porzione di fiume definita dalla geometria del letto fluviale con caratteristiche simili, quali: pendenza, larghezza, profondità, substrato. Tali unità geomorfologiche del corso d'acqua sono comunemente definite dai termini pool, run, riffle. Con il termine **pool** viene definita una zona con profondità variabile ($> 0,50$ m), velocità di corrente ridotta, priva di onde o increspature superficiali; velocità inferiore a $0,3$ m/s; **run** identifica una porzione fluviale nella quale si ha profondità media, poca o nulla turbolenza superficiale, velocità elevata o media; con **riffle** si identifica una zona di rapida con innalzamento del fondo, basso tirante, superficie increspata, substrato più grossolano, parzialmente sommerso, velocità media superiore a $0,3-0,4$ m/s. La larghezza del Mesohabitat è identificabile principalmente con la larghezza del letto fluviale inteso come superficie bagnata.

Il Microhabitat, infine, si riferisce a piccole e localizzate aree all'interno del Mesohabitat, utilizzate dagli organismi acquatici durante le varie fasi della loro esistenza, come il periodo riproduttivo. Il Microhabitat è identificato come quell'area definita del corso d'acqua dove si riscontrano condizioni omogenee di profondità, velocità, substrato e copertura di fondo (questi ultimi due definiti Channel Index). Queste aree con caratteristiche omogenee, definite "celle", devono essere considerate come l'unità di base nell'ambito del programma per il calcolo del deflusso minimo vitale su base biologica.

L'utilizzazione dei dati relativi a queste diverse categorie di habitat e soprattutto la loro interazione sono legate al tipo di studio che vogliamo intraprendere. E' possibile infatti utilizzare la metodologia IFIM per mettere in relazione le variabili ambientali del Microhabitat con quelle del Macrohabitat (ad esempio composizione chimica e/o temperatura dell'acqua) in modo da analizzare le possibili interazioni tra l'habitat totale e il flusso di corrente del tratto fluviale preso in esame, ed in particolare considerare le popolazioni ittiche oggetto di studio, così come la loro biomassa, piuttosto che gli invertebrati presenti, come funzione delle quattro componenti ambientali sopra descritte (profondità, velocità, substrato e

copertura di fondo), che operano su scale di valori temporali e spaziali diverse (ad esempio m/s per la velocità e m per la profondità).

E' fondamentale nelle analisi effettuate con il modello IFIM la calibrazione e l'aggiustamento dei valori relativi ai parametri ambientali utilizzati, in maniera da predire in maniera il più verosimile possibile i cambiamenti subiti dall'ecosistema ad opera delle modificazioni ambientali, con particolare riferimento ai cambiamenti generati dalle variazioni di portata.

Le limitazioni indotte dall'habitat su di una popolazione ittica o di invertebrati sono legate alla quantità ed alla qualità dell'habitat disponibile per le medesime popolazioni, soprattutto durante gli stadi vitali più critici (stadio giovanile e riproduttivo) ed una riduzione di tale habitat, soprattutto per un lungo periodo, dovuto magari ad una drastica diminuzione della portata, può causare notevoli diminuzioni di produttività delle popolazioni di vertebrati ed invertebrati del sistema fluviale.

2.2 PHABSIM

PHABSIM (PHysical HABitat SIMulation System) è solo una parte di IFIM; è infatti una modello di simulazione idraulica che consente, attraverso un software, di ottenere misure idrauliche e strutturali con pochi valori di portata misurati direttamente sul campo o ricavati da precedenti rilevamenti.

Il fine di PHABSIM è quello di sviluppare relazioni funzionali tra la quantità di acqua che fluisce in un corpo idrico (portata) ed il Microhabitat a sua volta collegato alla comunità biologica fluviale. A tale proposito PHABSIM è stato anche utilizzato per quantificare le diverse portate per una grande varietà di attività ricreative quali ad esempio la pesca sportiva e le discese in canoa.

PHABSIM è composto da tre componenti principali: la geometrie del letto fluviale, la simulazione idraulica ed i criteri di idoneità ambientale.

Il primo comprende tutte le caratteristiche geometriche del corso d'acqua, come ad esempio le dimensioni e la configurazione delle sezioni del letto fluviale e le caratteristiche e la distribuzione del substrato che vengono trattate come non modificabili con il normale flusso di corrente.

La simulazione idraulica ha come componenti fondamentali le proprietà idrauliche, come la profondità, la velocità, il perimetro della superficie bagnata ed altri, tutti parametri che cambiano dinamicamente in funzione della portata.

L'elaborazione attraverso il software di PHABSIM di tali parametri, come nel nostro caso, a partire da misurazioni delle geometrie e delle velocità per almeno due portate, dette di calibrazione, genera, per altre portate simulate, una mappa di caratteristiche porzioni di fiume rappresentate come un mosaico di "celle" tridimensionali (Fig. 1). Per ogni portata simulata ciascuna di queste celle presenta un'unica e propria combinazione di profondità, velocità, lasciando inalterati substrato e copertura del fondo (Channel Index) e ciò accadrà per ogni variazione di portata.

La mappa informatica ricavata descriverà le modificazioni fisiche del tratto fluviale considerato, ma per trasformare tali modificazioni in stima di microhabitat disponibile è necessario determinare quali valori di profondità, velocità, tipo di copertura e caratteristiche del substrato saranno idonee alla specie ittica oggetto del nostro studio o ad un suo stadio vitale.

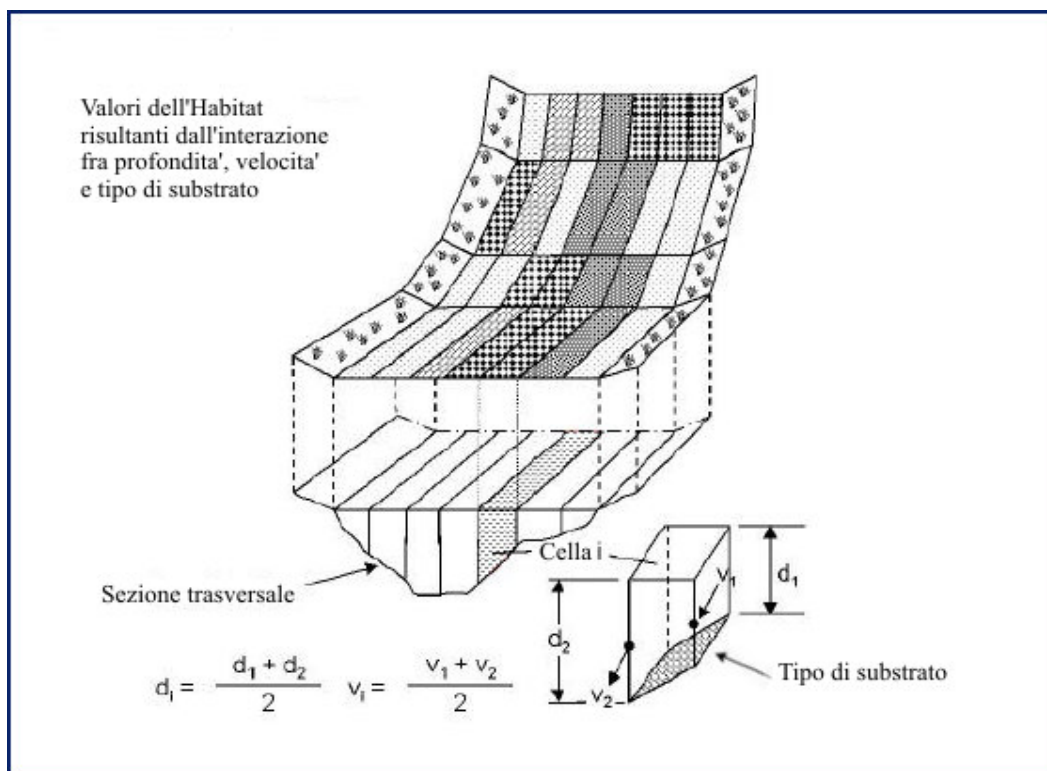


Figura 1. Suddivisione di un tratto di fiume in celle e calcolo delle variabili del microhabitat (in questo caso velocità della corrente e profondità) per ogni singola cella

In generale quindi, possiamo dire che si definiscono criteri di idoneità ambientale, tutte quelle variabili del microhabitat idonee alla sopravvivenza degli organismi acquatici appartenenti al sistema fluviale, variabili cioè che consentono la sopravvivenza degli individui nelle varie fasi di vita (adulto, giovane, avannotto, larva) e permettano un corretto svolgimento di tutte le varie fasi della riproduzione (dalla deposizione allo sviluppo degli embrioni all'interno delle uova).

Il software di PHABSIM mette in relazione i valori di microhabitat riscontrati in ciascuna cella con i dati di idoneità ambientale, in modo da ottenere una stima dell'area disponibile con caratteristiche compatibili con le esigenze dell'organismo acquatico studiato. Quando i valori di idoneità combinati ottenuti (S_i) sono moltiplicati per la superficie della cella (A_i) si ottiene un prodotto che sommato ai valori ottenuti per le altre celle determina Area Disponibile Ponderata per quella portata.

2.2.1 Curve di idoneità

Le curve di idoneità sono l'elemento fondamentale nella stima dell'habitat favorevole alla sopravvivenza ed alla riproduzione della specie ittica presa in esame. Tali curve divengono così parte integrante del sistema PHABSIM, in quanto, integrando i dati relativi alle simulazioni di portata, ci consentono di ottenere la stima dell'area necessaria affinché l'ecosistema acquatico, nella fattispecie la fauna ittica, possa svolgere le varie funzioni vitali. Le curve d'idoneità sono rappresentate in un sistema cartesiano nel quale l'ascissa e l'ordinata corrispondono rispettivamente alla variabile ambientale e al grado di idoneità espresso fra 0 e 1. (Fig. 2)

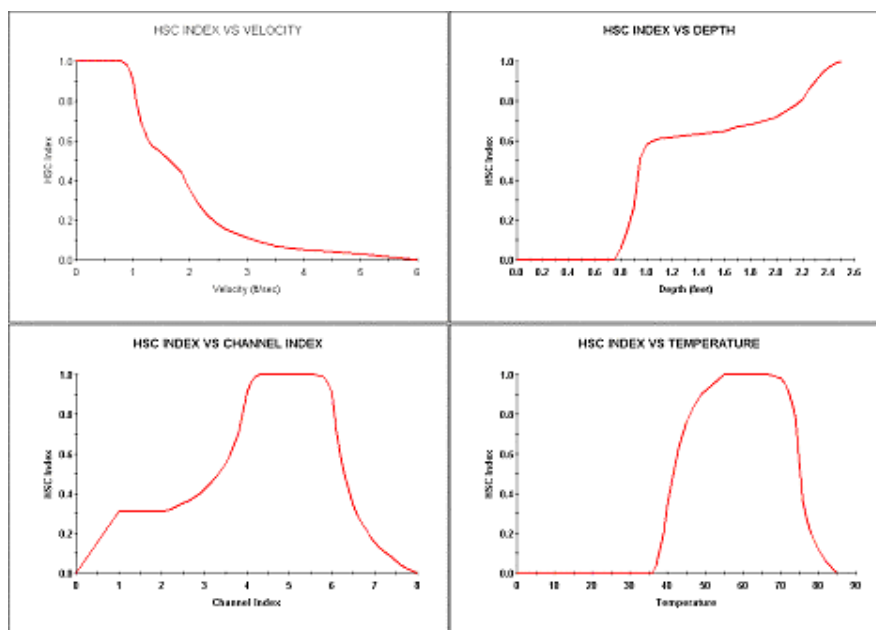


Figura 2. Esempio di curve di idoneità. Sono presi in considerazione parametri quali velocità, profondità, Channel Index ed anche temperatura (unico parametro non appartenente al microhabitat). Da Waddle, T.J., 2001

Generalmente presentano un andamento a campana, la cui ampiezza è pari all'ambito dei valori compatibili con lo sviluppo dell'organismo e il cui picco indica la zona di condizioni ottimali.

Il grado di idoneità del parametro utilizzato nella costruzione della curva è solitamente identificabile secondo tre diversi intervalli (Thomas & Bovee, 1993):

- intervallo **ottimale**: è ottimale il range di parametro con preferenza maggiore/uguale a 0,7;
- intervallo **utilizzabile**: si tratta di un intervallo non ottimale ma comunque gradito e corrisponde al range di parametro con preferenza variabile fra 0,2 e 0,7. L'intervallo comprendente l'habitat ottimale e quello utilizzabile (osservazioni di pesci fino al 95% oppure con preferenza maggiore/uguale di 0,2) è definito **idoneo**;
- intervallo **non utilizzabile** o **non idoneo**: con preferenza inferiore a 0,2.

I criteri biologici per la costruzione delle curve di preferenza sono primariamente indirizzati a quei parametri dell'ambiente acquatico legati alla distribuzione della fauna ittica e sono direttamente collegati al flusso della corrente e alla morfologia dell'alveo: profondità, velocità, temperatura e Channel Index (copertura di fondo e substrato) (Fig. 3), quest'ultimo parametro è solo indirettamente collegato al flusso di corrente, ma riveste notevole importanza nell'ecologia delle varie specie. Possono essere considerati anche altri parametri ambientali sempre legati alle caratteristiche dell'ambiente fluviale analizzato quali ossigeno disciolto, pH, salinità etc.

L'assunzione di base è che l'abbondanza, così come la distribuzione di ciascuna specie non sono influenzate dai singoli parametri del corso d'acqua, ma sono dipendenti, in misura diversa, da tutti i parametri idraulici del corso d'acqua stesso e soprattutto dalla loro interazione. I singoli individui di ciascuna specie tenderanno a selezionare le migliori condizioni per la loro sopravvivenza all'interno dell'ecosistema acquatico, ma sfrutteranno anche zone con condizioni meno favorevoli con utilizzo decrescente delle medesime zone con il peggiorare delle condizioni ambientali. Grazie quindi alle trasformazioni di variabili idrauliche rispetto a parametri biologici determinati (densità, produzione, successo riproduttivo, strutture di popolazione, riproduzione etc.) è possibile ottenere una rappresentazione grafica del grado di preferenza di una certa specie ittica per uno o più parametri ambientali già descritti in precedenza.

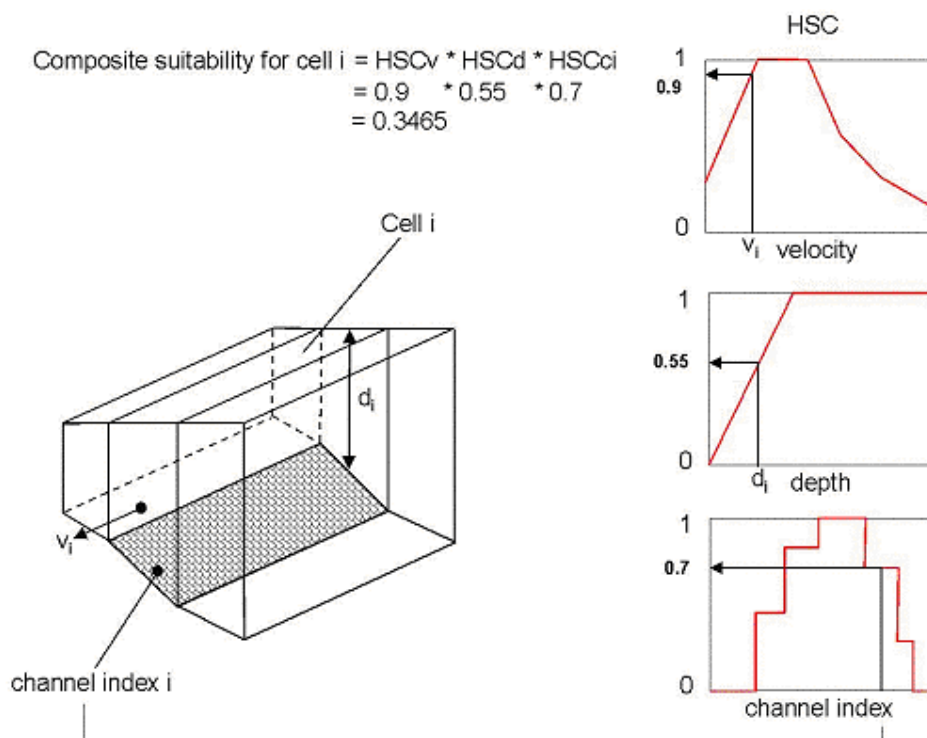


Figura 3. Relazione esistente tra cella e curve di idoneità. Da Waddle, T.J., 2001

In generale le curve di idoneità sono classificate secondo tre distinte categorie che ne descrivono le metodologie di creazione (Bovee *et al.*, 1998).

- **Categoria 1:** appartengono a questa categoria le curve ricavate dalla letteratura o dal giudizio dell'esperto, derivanti cioè dalla conoscenza dell'esperto, accumulata nel tempo, sull'ecologia delle specie ittiche prese in esame oppure da dati riscontrati in letteratura.

- **Categoria 2:** ne fanno parte le curve derivate direttamente dall'osservazione diretta sull'utilizzo dell'habitat da parte delle specie nelle varie fasi vitali, segnalando quindi la presenza-assenza dei vari individui al variare dei valori di microhabitat.

- **Categoria 3:** a questa categoria appartengono quelle che vengono definite "curve di preferenza dell'habitat". Sono curve elaborate grazie a dati ottenuti dall'osservazione diretta (sul campo) sull'uso dell'habitat, che verranno poi messi in relazione alla reale disponibilità di tale habitat per l'intero corso d'acqua.

Nella costruzione di tali curve solitamente si adotta uno schema metodologico replicabile ed estendibile a reti idrografiche e bacini con le medesime caratteristiche del corso d'acqua o bacino idrografico oggetto dello studio, anche se i criteri di comparazione dei microhabitat tra corsi fluviali simili possono essere usati, ma solo sui stadi vitali.

Infatti nel caso in cui vengano utilizzati modelli di idoneità ambientale elaborati per corsi d'acqua diversi da quello in studio, *è importante apportare modifiche su tali modelli perché le differenti caratteristiche dei corsi d'acqua e le differenti abitudini ecologiche delle specie ittiche considerate, possono indurre in errori di valutazione, tali da compromettere la validità dello studio effettuato* (Raleigh, 1986), (Thomas & Bovee, 1993), (Vismara *et al.*, 2001).

Sia quindi che si debbano costruire curve di idoneità ex novo sia che si utilizzino curve ricavate da bibliografia è indispensabile da parte dell'esperto acquisire una conoscenza diretta o indiretta dell'ecologia del sistema fluviale preso in esame. Così osservazioni dirette sul campo, campionamenti di fauna ittica, dati bibliografici recenti e storici contribuiscono in maniera determinante ad un corretto utilizzo di tali curve. Le popolazioni di una medesima specie possono infatti assumere comportamenti differenti in relazione alle caratteristiche dell'ambiente nel quale si trovano; ad esempio le popolazioni di Trota fario, *Salmo (trutta) trutta* Linnaeus, 1758, dei fiumi del Nord Europa non dovranno affrontare condizioni particolarmente critiche come quelle di magra estiva accentuata come invece accadrà alle popolazioni mediterranee, che per questo avranno acquisito caratteristiche idonee per affrontare tali particolari periodi sviluppando la capacità di sopportare temperature lievemente maggiori o di sfruttare in maniera ottimale ambienti con velocità di corrente minori. Questa è solo una delle considerazioni che devono essere attentamente vagliate quando si utilizzano dati ricavati da studi su ambienti totalmente o parzialmente diversi. L'attenta e costante valutazione della trasferibilità dei dati relativi a criteri di idoneità ambientale tra corsi d'acqua differenti è un fattore che deve in ogni momento condizionare le scelte dell'esperto.

Nella costruzione ex novo di tali curve, l'esperto può scegliere quali e quanti parametri ambientali prendere in considerazione: l'utilizzo di più variabili nella costruzione di una singola curva (curva multivariata) ha caratterizzato l'approccio iniziale dei primi ricercatori che si occupavano di questo campo di studi, ma negli ultimi anni le curve univariate (curve

costruite utilizzando un solo parametro ambientale) hanno preso decisamente il sopravvento su qualsiasi altro tipo di curva di preferenza, in particolare sulle curve multivariate; il metodo che prende in esame una sola variabile ambientale è infatti considerato molto affidabile ed attendibile (Bovee *et al.*, 1998), anche se, secondo altri autori (Morhardt & Mesick, 1988), questa metodologia non considera le forti interazioni tra le variabili stesse.

La costruzione di curve di idoneità, utilizzando classi univariate (quali: profondità, velocità, substrato), sviluppate indipendentemente e adottando regressioni polinomiali (multiple, di 2° fino al 4° ordine) sui dati in esame, si basa su alcuni punti fondamentali qui riassunti:

Divisione di ogni variabile in classi di frequenza di utilizzazione delle specie ittiche considerate e disponibilità;

1) Le preferenze di ogni classe di intervallo delle variabili misurate sono calcolate dalle frequenze di utilizzazione delle specie e disponibilità relative, stimate con la seguente formula:

$$P_i = U_i/A_i$$

Dove P_i è il grado di preferenza, U_i è utilizzazione della variabile, A_i è la disponibilità della variabile nel settore analizzato.

2) Le preferenze sono adottate con un valore massimo di 1.0

3) Per la costruzione di tali curve vengono usati modelli di regressione polinomiale, basati su valori di preferenza relativa.

Per ogni stadio di vita o variabile sono esaminate diverse funzioni polinomiali di ordine diverso. Le matrici polinomiali (elaborate per ciascuna variabile, quali: la velocità, la profondità, il substrato) servono per il calcolo di P . Gli stadi vitali considerati sono di solito quello giovanile e quello adulto o uno dei due, anche se possono essere presi in esame anche lo stadio riproduttivo e quello di avannotto.

Le specie ittiche prese in esame, dovranno essere scelte con precisi criteri legati e all'importanza ecologica all'interno dell'ecosistema fluviale da noi studiato. Sarà importante altresì effettuare una scelta oculata sullo stadio vitale su cui focalizzare l'attenzione: nello studio di ambienti alquanto degradati sarà inutile prendere in considerazione specie di pregio o stadi vitali altamente sensibili alle modificazioni ambientali quali gli stadi giovanili, nonostante possano essere presenti alcune condizioni favorevoli alla loro sopravvivenza.

Infatti molti corsi d'acqua della nostra regione per buona parte dell'anno possono presentare condizioni favorevoli alla sopravvivenza dei salmonidi adulti, ma difficilmente presentano le caratteristiche ambientali idonee alla fase riproduttiva nè tanto meno alle varie fasi giovanili di questa famiglia. Dovrà quindi essere valutato molto attentamente l'ambiente fluviale analizzato, ovvero le caratteristiche fisiche, ambientali ed ecologiche del medesimo, prima che venga effettuata la scelta della specie e dello stadio vitale sui quali effettuare lo studio.

Non avendo a disposizione una gamma esaustiva di tali curve elaborate su base sperimentale soprattutto in riferimento alle specie caratterizzanti i corsi d'acqua della nostra penisola sono state utilizzate curve costruite su base teorica, utilizzando dati in parte bibliografici od ottenuti sul campo, in parte elaborati sulla base dell'esperienza professionale. In particolare sono state modificate o elaborate, ex novo, le curve d'idoneità che prendevano in considerazione i due parametri ambientali ritenuti più importanti per l'ecologia delle specie ittiche presenti nel Fiume Sieve. La quasi totale omogeneità del substrato del fiume oggetto dello studio (presenza pressoché costante su tutto il suo corso di ciottoli di dimensioni medio-piccole) ha reso tale variabile ambientale meno importante ai fini del suo utilizzo nell'ambito della metodologia informatica PHABSIM. Le curve sono state estrapolate e successivamente modificate, per una corretta utilizzazione, dai seguenti lavori: Lamouroux *et al.*, 2002, La Porta *et al.*, (anno sconosciuto), Raleigh *et al.*, 1986, Rambaldi *et al.*, 1997, Strakosh *et al.*, 2003. Sono state prese in considerazione le seguenti specie:

Barbo adulto, Rovella adulta, Vairone adulto, Ghiozzo adulto, Gobione adulto, Cavedano giovane, Cavedano adulto, Carpa adulta, Carpa riproduttiva, Trota fario avannotto, Trota fario giovane, Trota fario adulto, Trota fario adulto riproduttivo

2.2.2 Area Disponibile Ponderata

L'habitat favorevole si traduce in Area Disponibile Ponderata (ADP) della parte di sezione bagnata considerata (cella), che sarà a sua volta indispensabile nel calcolo del Deflusso Minimo Vitale. L'ADP è un valore che viene prodotto direttamente dal PHABSIM; è infatti una misura che utilizza la combinazione di quantità e qualità del Microhabitat per esprimere unità di area di Microhabitat disponibile. Utilizzando curve di idoneità univariate, l'ADP calcolato è solo un indice, che non può essere misurato direttamente, anche se, utilizzando differenti metodi di aggregazione degli indici di idoneità si possono fare differenti stime di ADP (Morhardt & Mesick 1988).

Il valore massimo di ADP (Fig. 4) indica le condizioni idrauliche ottimali per le esigenze biologiche ed ecologiche della fauna ittica. Valori inferiori devono essere considerati limitanti in quanto modificano le caratteristiche demografiche e strutturali sia della comunità ittica che delle popolazioni; la limitazione aumenta col ridursi dei valori di portata ottimale e nel caso si riduca drasticamente può comportare condizioni di non idoneità per la vita acquatica.

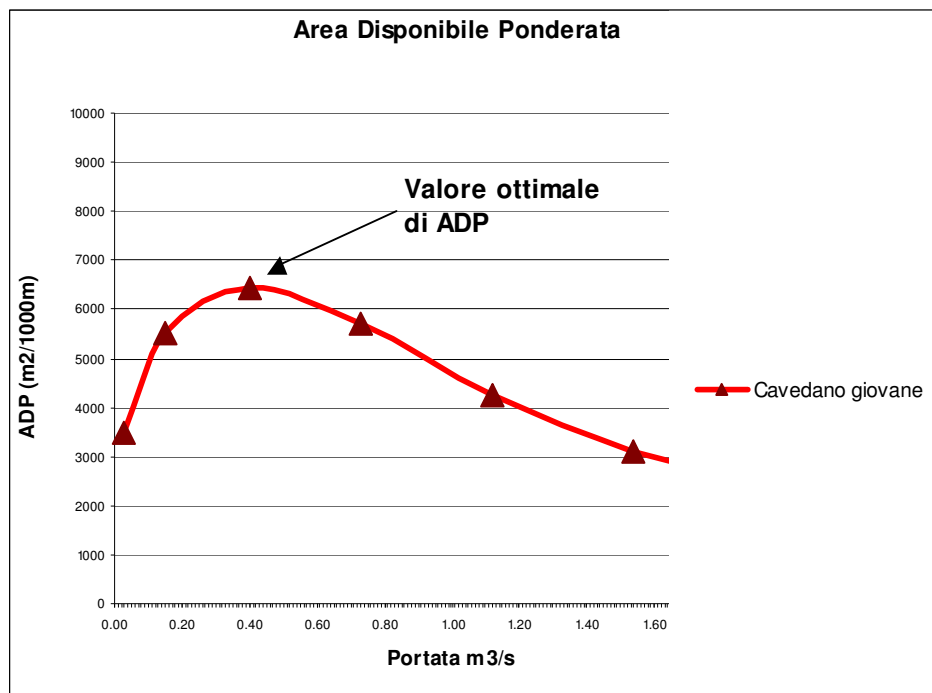


Figura 4. Esempio di curva di idoneità. In ascissa sono riportati i valori di portata (m^3/s) in relazione ai valori (in ordinata) di Area Disponibile Ponderata ($m^2/1000m$) per la specie, in questo caso il Cavedano nello stadio giovanile

I valori di ADP totale (relativi ad ogni portata simulata) ricavati dalla sommatoria delle ADP relative alle singole celle, una volta graficizzati, consentono la determinazione delle curve ADP/Portata, che costituiscono il risultato primario dell'applicazione del metodo.

Le curve ADP/Portata esprimono la variazione della “quantità di habitat” disponibile per la specie ittica e per lo stadio vitale di riferimento, al variare della portata.

Tale “quantità di habitat” è riferita evidentemente alle sole aree caratterizzate dalle condizioni idrauliche (tiranti e velocità) e di substrato considerato nel metodo.

Sono escluse pertanto le zone di rifugio eventualmente non caratterizzate da un punto di vista idraulico (zone di sponda, detriti in alveo ecc.) e le zone con morfologie particolari (pools di grandi dimensioni) che normalmente non sono inserite nei tratti di monitoraggio e analisi idraulica per problemi di carattere logistico nell'esecuzione dei rilievi e di significatività delle simulazioni numeriche.

In questo caso tale metodologia può fornire risultati non corrispondenti a pieno alla realtà fisica, risultando quindi conservativi sul piano ambientale.

Le curve ADP/Portata vengono normalmente utilizzate per valutare le portate di deflusso minimo vitale conseguenti a determinate ipotesi di riduzione della quantità di habitat ottimale (espressa dal massimo della curva o da punti caratteristici nel campo delle portate di regime idrologico medio).

Nel secondo caso la riduzione di habitat viene espressa schematicamente assumendo percentuali ridotte di ADP (normalmente comprese nel campo 40÷80% del valore ottimale).

Fisicamente tale riduzione corrisponde alla diminuzione della superficie delle zone d'alveo idonee alla manifestazione delle funzioni vitali della specie ittica considerata, che viene espressa come dato assoluto (area in m^2) o come percentuale della superficie d'alveo bagnata complessiva.

Una volta ottenuta la curva di riferimento che mette in relazione la portata con l'habitat disponibile, si passa all'individuazione di un possibile valore di deflusso minimo vitale, riferendosi ad uno dei seguenti criteri fra quelli più comunemente utilizzati in letteratura.

- **l'individuazione del *break-point*** (Milhous et al., 1989) rappresenta il punto di evidente cambiamento di pendenza della curva dell'habitat-portata ed è particolarmente idoneo per

l'interpretazione di curve in cui tale cambiamento sia particolarmente evidente. Concettualmente il punto di "rottura" rappresenta il confine tra una situazione in cui al crescere della portata, l'ADP aumenta in modo sostanziale, ed una situazione in cui ulteriori incrementi di ADP sono ottenuti solo con un notevole aumento delle portate, anche se oltre un determinato valore di portata l'ADP rimane costante. In un'ottica costi-benefici, il punto di "rottura" individua quindi il valore di portata per il quale potrebbe essere raggiunto il migliore compromesso tra le esigenze di tutela ambientale e quelle di natura economica.

- nel caso in cui curve di l'ADP subiscano un incremento graduale, fino ad un punto massimo, oltre il quale l'habitat disponibile decresce, in genere a causa delle velocità troppo sostenute, la portata minima può essere scelta in corrispondenza del massimo di ADP (portata ottimale) o di sue percentuali variabili fra il 40 e l'80% del valore massimo (Orth & Leonard , 1990, García de Jalón, 2003). Nel nostro caso, oltre al valore di ADP ottimale, sono stati considerati i valori di ADP relativi alla $Q_{(7/10)}$, alla Q_{292} e alla Q_{183} .

3 CAMPIONAMENTI DELLA FAUNA ITTICA

3.1 Metodi per la stima delle popolazioni

La metodologia di campionamento è alla base per una corretta stima della densità di popolazione. Si possono effettuare campionamenti con modalità semiquantitativa attuando un'unica passata (es. in: Nocita, 2002), oppure come nel nostro caso, campionamenti di tipo quantitativo, nel quale si attuano passaggi ripetuti su di una superficie di almeno 70 m lineari.

Si possono utilizzare varie formule di stima anche in relazione al numero dei passaggi effettuati; la formula di De Lury, ad esempio, prevede due passaggi di cattura (passate). Essa si basa sul rapporto tra il quadrato del numero di individui catturati al primo passaggio con la differenza del numero di individui catturati al primo passaggio con quelli catturati al secondo. La formula per la stima di popolazione è quindi:

$$P = m^2 / m - n$$

Dove **P** è la popolazione stimata, **m** gli individui catturati al primo passaggio e **n** gli individui catturati al secondo passaggio.

Nel nostro caso è stato utilizzato il metodo dei “passaggi ripetuti” o “removal sampling” (Zippin, 1958). Perché tale metodologia possa essere attuata è necessario che le o la popolazione siano stabili, ovvero che durante il periodo di campionamento non si verifichino variazioni nel numero di individui totale. E' altresì importante che vi siano uguali probabilità di cattura durante tutto il campionamento per ogni animale e che le condizioni tra i diversi campionamenti rimangano le medesime (uguale probabilità di cattura tra diversi campionamenti).

E stata anche utilizzata anche una metodologia elaborata nel 1949 da Hayne allo scopo di confrontare i dati ottenuti con la metodologia Zippin. La metodologia di Hayne si propone di stimare la grandezza di una popolazione grazie a equazioni di regressione. Su di un grafico, dove i valori di ordinata rappresentano il numero quantitativo del campionamento iesimo e i valori di ascissa spiegano la biomassa espressa in grammi o il numero individui catturati, sono riportati i valori delle passate effettuate, in particolare sull'asse delle ordinate vengono riportati i valori n_i delle passate del campionamento, mentre nell'asse delle ascisse sono riportati i valori relativi alla somma della biomassa riscontrata precedentemente (n_{i-1}) al campionamento iesimo. Se ad esempio avessimo valori di biomassa, per tre diverse passate, pari a 300g, 100g, 50g, il primo punto riportato sul grafico avrebbe coordinate: $y=300$, $x=0$; il secondo $y=100$, $x=300$;

infine il terzo avrebbe $y=50$, $x=400$. Una linea di tendenza (rappresentata da un'equazione) dei tre valori ottenuti, indicherà, sull'asse delle ascisse, il valore di stima di biomassa da noi ricercato (Fig. 5).

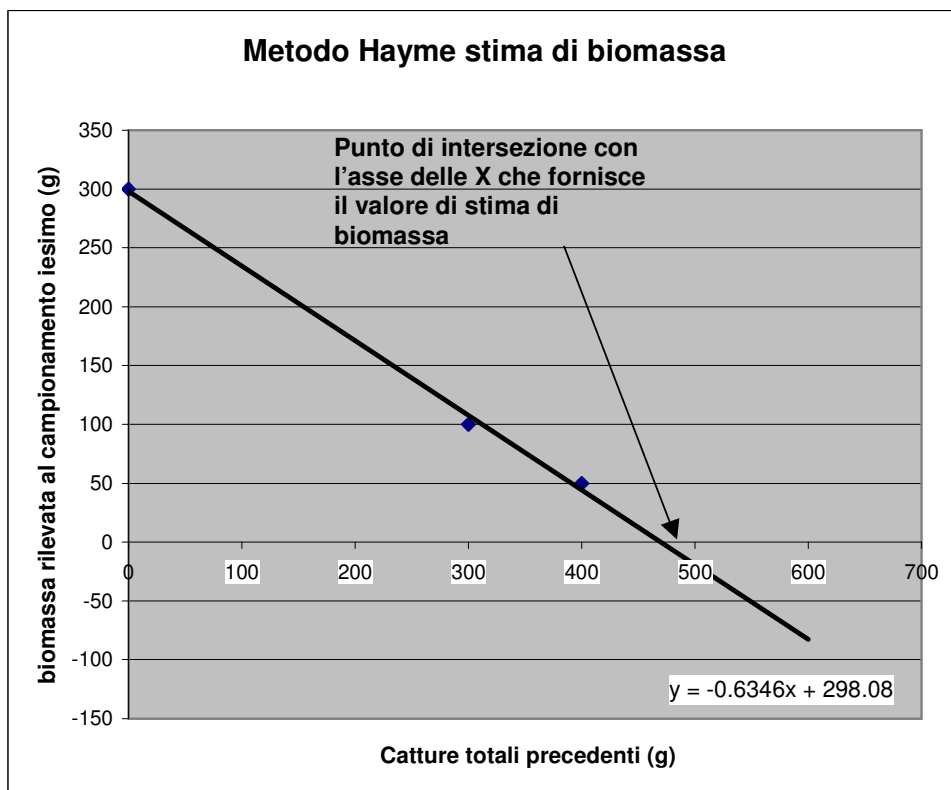


Figura 5. Esempio di grafico ottenuto con il metodo di Hayne, con linea di tendenza

La metodologia di Zippin, ritenuta da molti la più attendibile, si basa su una elaborazione dei dati molto specifica e complessa, mentre la metodologia di Hayne, anche se presenta un margine di errore più ampio, può facilmente essere utilizzata anche sul campo, per una veloce stima di biomassa o grandezza di popolazione.

Si possono effettuare più passaggi successivi di cattura (nel nostro caso ne sono stati effettuati tre) all'interno di un'area delimitata da reti; quest'ultimo fattore è fondamentale per ridurre gradualmente ad ogni passata le dimensioni della popolazione del tratto prescelto e impedire che si verifichino variazioni nel numero di individui totale e stimare quindi in maniera corretta il valore di densità di popolazione.

Questa è la formula utilizzata:

$$N = T / (1 - q^k)$$

Con **N** stima della grandezza di popolazione, **T** individui catturati totali o biomassa campionata totale, $q^k = 1 - p$, dove **p** è la probabilità di cattura ad ogni passaggio. Si assume che **p** sia uguale o costante ad ogni passaggio.

P è ottenuto con la seguente formula: $p = (y_1 - y_2) / y_1$, con y_1 = peso individui catturati alla I^a passata e y_2 = peso individui catturati alla II^a passata. Il valore $(1 - q^k)$ è anche estrapolabile dai grafici per la stima di $(1 - q)$ appunto in relazione a **R** (rapporto tra la sommatoria delle biomasse riscontrate nei vari campionamenti con la biomassa totale) (Zippin, 1958). **R** si ottiene secondo la formula: $R = \sum_{i=1}^k (i-1)y_i / T$ con **k** numero di passate, y_i numero iesimo di catture. Entrambi le metodologie necessitano di un'attenta valutazione dei dati prima del loro utilizzo; in particolare i valori relativi ai singoli passaggi di cattura dovrebbero seguire precisi andamenti per poter essere utilizzati, ovvero dovrebbero essere in ordine decrescente (con i valori maggiori nella prima passata, e i minori nella terza) e possibilmente il valore della terza passata dovrebbe essere prossimo allo zero, indice questo di un ottimo sforzo di cattura delle passate precedenti. Se i dati riscontrati non seguissero questo preciso andamento, sarebbe compito dell'esperto valutare l'attendibilità dei medesimi. Nel caso in cui valori riscontrati fossero tutti decrescenti, con i valori dell'ultima passata relativamente bassi, si avrebbe conferma di buona attendibilità dei campionamenti effettuati.

Come si può facilmente intuire sia la metodologia Zippin che la metodologia di Hayne, non consentono soltanto una valida elaborazione dei dati ottenuti sulla fauna ittica ,ma consentono, attraverso l'applicazione rigorosa delle loro indicazioni, una corretta modalità di campionamento, proprio per poter utilizzare in maniera appropriata tali metodologie.

3.2 Metodologia di campionamento

Per i campionamenti della fauna ittica, effettuati in collaborazione con il Corpo delle Polizia Provinciale di Firenze, è stata utilizzata la tecnica dell'elettropesca, metodologia decisamente efficace e poco invasiva per i pesci, effettuando come accennato in precedenza tre “passate” per ciascun sito di campionamento, ad una certa distanza temporale l'una dall'altra per ovviare al problema dell'intorbidimento dell'acqua causato da materiale che tende ad andare in sospensione durante il passaggio degli operatori nel fiume. Per il campionamento sono stati scelti i medesimi quattro siti del Fiume Sieve utilizzati per i rilievi ambientali (Campeggio “Mugello Verde”, Sagginale, Dicomano, Scopeti). Le stazioni di campionamento sono diverse tra loro per quota e morfologia.

I tratti fluviali scelti sono stati delimitati da reti affinché non si verificasse nessuno spostamento della fauna ittica (Fig. 6).



Figura 6. Posizionamento di reti a monte e a valle dell'area di campionamento effettuato in data 15.06.04 in località Scopeti

I pesci catturati sono stati messi in vasche ossigenate (Fig. 7) grazie a un alternatore elettrico, dopo di che si è proceduto con le varie fasi di misurazione e pesatura (Fig. 8). In particolare sono stati pesati i pesci appartenenti alla medesima specie catturati in ciascuna delle tre passate effettuate.



Figura 7. Esemplari di Barbo catturati durante il campionamento effettuato in data 15.06.04 in località Scopeti



Figura 8. Pesatura di esemplari catturati durante il campionamento effettuato in data 15.06.04 in località Scopeti

Delle specie riscontrate sono stati misurati anche gli esemplari di dimensioni maggiori ed inferiori per stimare la struttura di popolazione.

Tutte le fasi sono avvenute nel minor tempo possibile per non recare un eccessivo danno alla fauna ittica. Grazie ad i dati ottenuti è stato possibile calcolare la biomassa relativa alle singole specie e quella totale nei quattro siti analizzati.

Per la cattura della fauna ittica è stato utilizzato un elettrostorditore MODELLO IEL63GI, potenza di 4,5 KW, tensione 350/600 Volt + 80 impulsi/sec, di proprietà della Provincia di Firenze, in dotazione al Corpo di Polizia Provinciale.

Per la pesatura e misurazione della taglia degli animali è stata utilizzata una bilancia elettronica (HANDY SCALE).

Durante il campionamento sono state riscontrati alcuni esemplari di Ghiozzo padano, *Padogobius bonelli* (Bonaparte, 1846), specie alloctona appartenente al bacino del Po', ma su questi esemplari non è stata effettuata nessun tipo di misurazione e vista l'esigua presenza di tale specie riscontrata durante i campionamenti; la biomassa riscontrata è stata integrata a quella della specie appartenete al medesimo genere, Ghiozzo comune o di ruscello, *Padogobius nigricans* (Canestrini, 1867).

Assieme a specie alloctone come appunto il Ghiozzo padano, ma comunque appartenenti alla fauna italiana sono state campionate anche specie esotiche come *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (Trota Iridea), *Pseudorasbora parva* (Schlegel, 1842) (Pseudorasbora) e *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) (Carassio).

Proprio in relazione alla presenza di tali specie la regione Toscana con la legge regionale 6 aprile 2000 n. 56 "Norme per la conservazione e la tutela degli habitat naturali e seminaturali, della flora e della fauna selvatiche", all'art. 15 (tutela della fauna) dispone che "è vietato il rilascio in natura di specie estranee alla fauna locale" e individua le specie animali di interesse regionale tra le quali anche 14 specie di pesci:

1. *Padogobius nigricans* (Gobiidae; Perciformes): Ghiozzo dell'Arno;
2. *Cottus gobio* (Cottidae; Scorpaeniformes): Scazzone;
3. *Leuciscus souffia* (Cyprinidae; Cypriniformes): Vairone;
4. *Rutilus rubilio* (Cyprinidae; Cypriniformes): Rovella;
5. *Alosa fallax* , (Clupeidae; Clupeiformes): Cheppia;
6. *Aphanius fasciatus*, (Cyprinodontidae; Cyprinodontiformes): Nono;

7. *Barbus caninus* (Cyprinidae; Cypriniformes): Barbo canino;
8. *Barbus meridionalis* (Cyprinidae; Cypriniformes): Barbo;
9. *Barbus plebejus* (Cyprinidae; Cypriniformes): Barbo padano;
10. *Barbus tyberinus* (Cyprinidae; Cypriniformes): Barbo tiberino;
11. *Chondrostoma genei* (Cyprinidae; Cypriniformes): Lasca;
12. *Esox lucius* (Esocidae; Esociformes): Luccio;
13. *Gasterosteus aculeatus* (Gasterosteidae; Gasterosteiformes): Spinarello;
14. *Leuciscus lucumonis* (Cyprinidae; Cypriniformes): Cavedano etrusco.

Delle 14 specie sopra riportate solo 5 (il Ghiozzo dell'Arno, lo Scazzone, il Nono e lo Spinarello) sono anche menzionate nell'allegato B come specie protette.

Per quanto riguarda le opere di ripopolamento si ricorda che L' art. 12 del Decreto del Presidente della Repubblica 12 marzo 2003, n. 120, **Regolamento recante modifiche ed integrazioni al decreto del Presidente della Repubblica 8 settembre 1997, n. 357, concernente attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche** (G.U. n. 124 del 30.5.2003), vieta :“la reintroduzione, l'introduzione e il ripopolamento in natura di specie e popolazioni non autoctone." Nel Decreto viene definita all'art.2 cosa debba intendersi per specie autoctona e non autoctona: autoctona è “quella popolazione o specie che per motivi storico ecologici è indigena del territorio italiano”; non autoctona è “quella popolazione o specie non facente parte originariamente della fauna indigena italiana”. Le variazioni alla fauna originaria sono da intendere quelle apportate dall'uomo, sia esse volontarie che accidentali.

3.3 Elaborazione dati

Nella tabella 1 sono riportati alcuni valori inerenti le caratteristiche morfologiche-strutturali delle quattro stazioni.

	LOCALITA'			
	C. Mugello Verde	Sagginale	Dicomano	Scopeti
Quota (m s.l.m.)	194	175	144	122
Copertura vegetale	arborea	arborea	arbustiva	arborea
Substrato	ciottoli, ghiaia	ciottoli e ghiaia	ciottoli e ghiaia	ciottoli, ghiaia, limo
Larghezza media alveo bagnato (m)	12	16,6	27	31,97
Lunghezza (m)	75.2	65	57,80	91,55
Area campionata (m²)	936.24	1079	1583,72	2926,85

Tabella 1. Dati e caratteristiche morfologiche relativi alle 4 stazioni prese in esame

Come si vede la quota delle quattro punti di campionamento varia tra i 194 ed i 122 m s.l.m., altimetria che descrive esattamente un corso d'acqua di fondovalle di tipo mediterraneo. La stazione con maggiore vegetazione riparia è senza dubbio quella del Campeggio "Mugello Verde", tanto che in alcuni punti la copertura arborea attenua notevolmente l'incidenza dei raggi solari sulla superficie dell'acqua. Le stazioni di Sagginale, Dicomano, Scopeti presentano caratteristiche simili, anche se Sagginale e Dicomano sono totalmente privi di vegetazione arborea lungo la riva destra, mentre presentano folta vegetazione arbustiva in riva sinistra con la presenza sporadica di alberi di alto fusto, che non impediscono però un forte irraggiamento solare sulla superficie bagnata. Anche Scopeti, nonostante presenti vegetazione arborea lungo entrambi le rive, data l'ampiezza del suo alveo, presenta forte irraggiamento solare su tutta la superficie dell'acqua.

Il substrato è quasi sempre rappresentato da ciottoli e ghiaia e solo nella stazione di Scopeti è presente del limo, in zone vicino alla sponda di sx, dove la velocità di corrente

tende a diminuire tanto da consentire una deposizione di materiale inerte di piccola granulometria come appunto il limo.

L'area delle superfici campionate varia in funzione delle necessità di campionamento e della struttura morfologica delle stesse stazioni, così si avranno valori di lunghezza che oscillano tra i 65m di Sagginale e i 91,55m di Scopeti. Di seguito sono riportate le tabelle delle quattro stazioni di campionamento con i valori di biomassa per ogni specie ittica, di biomassa totale e di densità totale riscontrati. (tab. 2,3,4,5)

Campeggio Mugello Verde 13.07.04 – biomassa, densità per specie e totale e misura min-max			
Specie presenti e biomassa totale per specie (g)	Biomassa	Densità	Misura min-max
Specie	g	g/m ²	cm
Barbo - <i>Barbus sp.</i>	400	0,43	8,5-20
Cobite - <i>Cobitis taenia</i> Linnaeus, 1758	40	0,043	5,4-8,2
Gobione - <i>Gobio gobio</i> (Linnaeus, 1758)	40	0,043	10,1-10,8
Cavedano - <i>Leuciscus cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	180	0,19	6,7-13
Vairone - <i>Leuciscus souffia</i> Risso, 1826	560	0,60	2,6-10,9
Pseudorasbora - <i>Pseudorasbora parva</i> (Schlegel, 1842)	80	0,085	6,6-8,4
Ghiozzo - <i>Padogobius nigricans</i> (Canestrini, 1867)	120	0,13	4,1-8
Trota Fario - <i>Salmo (trutta) trutta</i> Linnaeus, 1758	420	0,45	8-25,5 (5 esempl)
Trota Iridea - <i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)	260	0,278	11-14,5 (7 esempl)
totale	2120	2,26	

Tabella 2

Sagginale 15.06.04– biomassa, densità per specie e totale e misura min-max			
Specie presenti e biomassa totale per specie (g)	Biomassa	Densità	Misura min-max
Specie	(g)	g/m ²	
Barbo - <i>Barbus sp.</i>	360	0,33	4-21
Lasca - <i>Chondrostoma genei</i> (Bonaparte, 1839)	880	0,81	3-15,8
Cobite - <i>Cobitis taenia</i> Linnaeus, 1758	180	0,167	5,9-9,5
Gobione - <i>Gobio gobio</i> (Linnaeus, 1758)	40	0,037	4,5-6
Cavedano - <i>Leuciscus cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	960	0,89	5,5-23
Vairone - <i>Leuciscus souffia</i> Risso, 1826	40	0,037	4-9
Rovella - <i>Rutilus rubilio</i> (Bonaparte, 1837)	60	0,056	4-12,5
Ghiozzo - <i>Padogobius nigricans</i> (Canestrini, 1867)	380	0,35	3,2-9
Trota Fario - <i>Salmo (trutta) trutta</i> Linnaeus, 1758	20	0,018	6,5 (1 esempl)
Biomassa totale	2920	2,71	

Tabella 3

Dicomano 21.06.04– biomassa, densità per specie e totale e misura min-max			
Specie presenti e biomassa totale per specie (g)	Biomassa	Densità	Misura min-max
Specie	g	g/m ²	cm
Alborella - <i>Alburnus alburnus</i> (De Filippi, 1844)	20	0,012	3,2-5,2
Anguilla - <i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)	2300	1,45	40-87
Barbo - <i>Barbus sp.</i>	2660	1,68	5,7-33,5
Lasca - <i>Chondrostoma genei</i> (Bonaparte, 1839)	960	0,60	4,4-16,7
Cobite - <i>Cobitis taenia</i> Linnaeus, 1758	160	0,10	5,1-9,9
Carpa - <i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758	340	0,21	15,2-19,2
Gobione - <i>Gobio gobio</i> (Linnaeus, 1758)	100	0,06	6,6-9,7
Cavedano - <i>Leuciscus cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	8180	5,16	4,6-36,7
Pseudorasbora - <i>Pseudorasbora parva</i> (Schlegel, 1842)	20	0,012	7-8,4
Rovella - <i>Rutilus rubilio</i> (Bonaparte, 1837)	140	0,09	6,6-14,5
Ghiozzo - <i>Padogobius nigricans</i> (Canestrini, 1867)	460	0,29	4-7,9
Biomassa totale	15340	9,69	

Tabella 4

Scopeti 15.06.04 – biomassa, densità per specie e totale e misura min-max			
Specie presenti e biomassa totale per specie (g)	Biomassa	Densità	Misura min-max
Specie	(g)	g/m ²	Cm
Barbo - <i>Barbus sp.</i>	3044	1,04	6-29
Carassio - <i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758)	760	0,26	25-27
Lasca - <i>Chondrostoma genei</i> (Bonaparte, 1839)	160	0,055	5,7-10,8
Cobite - <i>Cobitis taenia</i> Linnaeus, 1758	200	0,068	6-10,5
Carpa - <i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758	3500	1,19	21-56
Gobione - <i>Gobio gobio</i> (Linnaeus, 1758)	40	0,13	6,9-7,8
Cavedano - <i>Leuciscus cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	9740	3,33	2-44,5
Ghiozzo - <i>Padogobius nigricans</i> (Canestrini, 1867)	160	0,055	4,8-7,8
Biomassa totale	17604	6,02	

Tabella 5

L'elaborazione dei dati ottenuti dai campionamenti sulla fauna ittica, per il calcolo di stima di biomassa, è stata effettuata, come accennato in precedenza, mediante due distinte metodologie, il metodo Zippin ed il metodo Hayle. Le stime di biomassa, ottenute da entrambi le metodologie, sono riportate, per i quattro siti di campionamento da noi considerati, ovvero "Mugello Verde", Sagginale, Dicomano, Scopeti, nella tabella 6. Nella stessa tabella sono riportati anche i valori di **p** (probabilità di cattura ad ogni passaggio), **R** (rapporto tra la sommatoria delle biomasse riscontrate nei vari campionamenti con la biomassa totale) ed **ES(N)** (errore standard).

LOCALITA'				
	C. Mugello Verde	Sagginale	Dicomano	Scopeti
Metodo Zippin				
biomassa stimata (N) (g)	2437	3893	15814	18727
p	0,52	0,37	0,75	0,62
R	0,557	0,699	0,275	0,434
ES(N)	28,73	77,26	26,17	42,30
Metodo Hayne				
biomassa stimata (N) (g)	2518	3210	15660	19111

Tabella 6. Biomassa stimata grazie al metodo Zippin ed al metodo Hayne

Di seguito sono riportati i grafici (1,2,3,4) con le rette, le linee di tendenza dei campionamenti effettuati e le loro equazioni, per le quattro stazioni di campionamento.

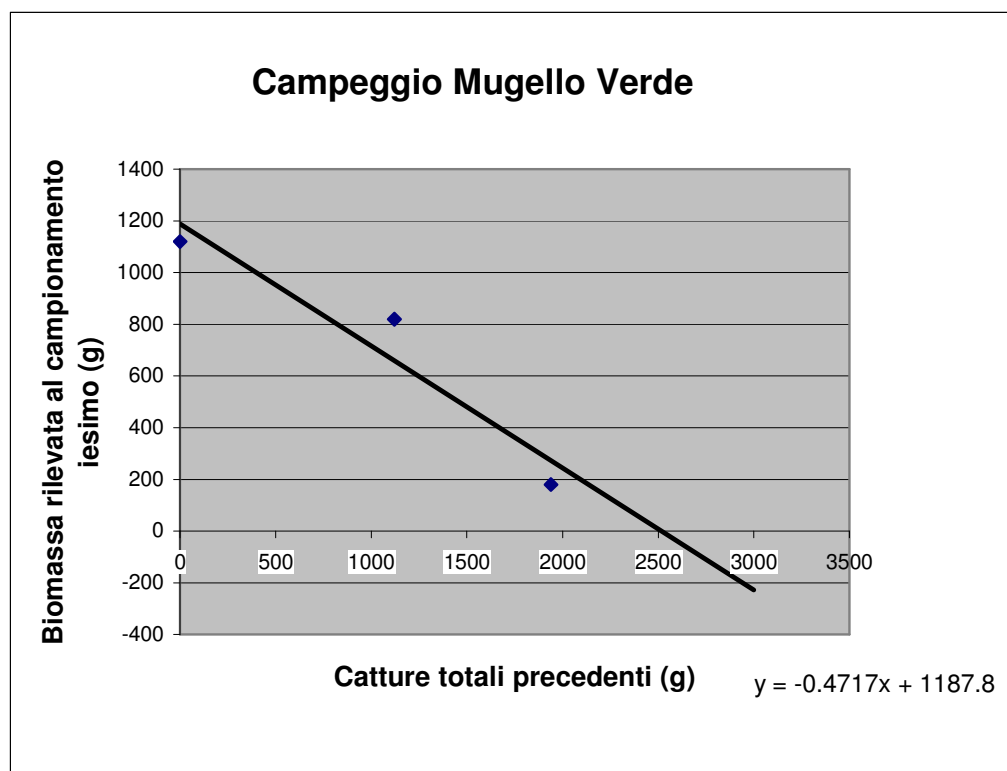


Grafico 1. Biomassa stimata (Metodo di Hayne) per la stazione Mugello Verde

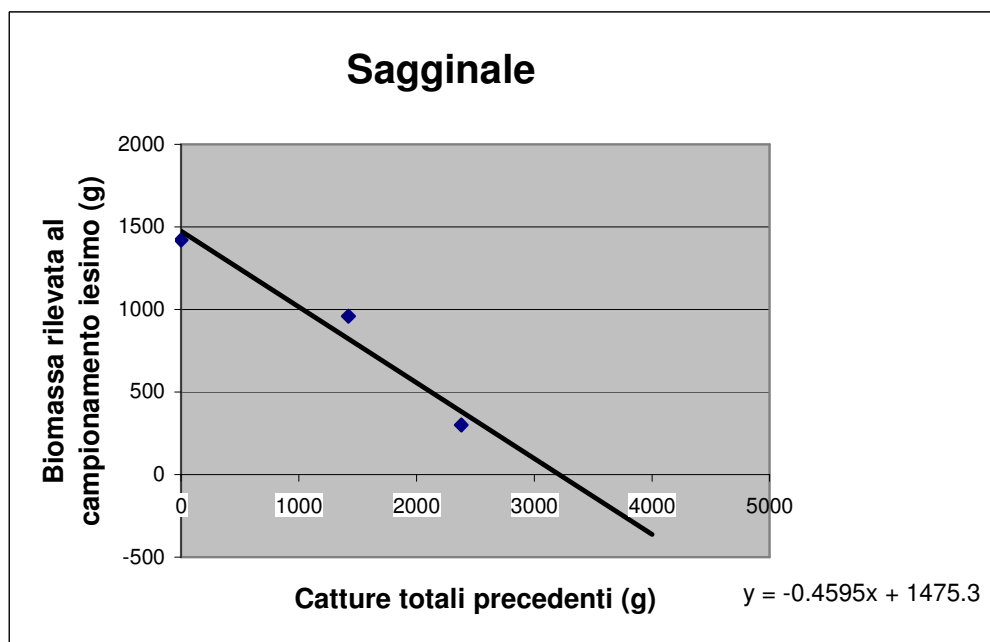


Grafico 2. Biomassa stimata (Metodo di Hayne) per la stazione Sagginale

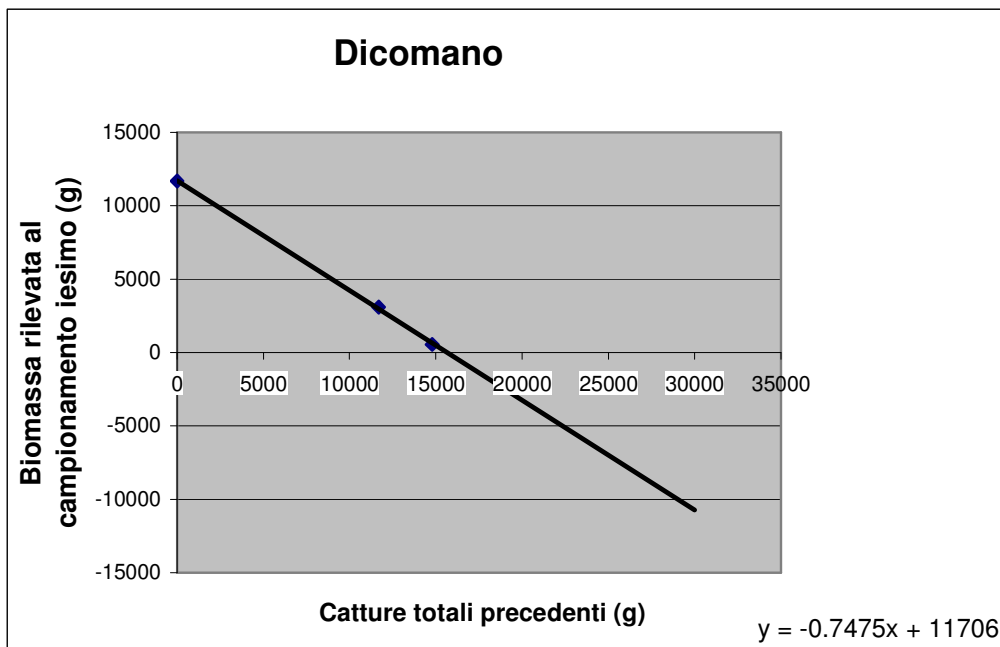


Grafico 3. Biomassa stimata (Metodo di Hayne) per la stazione Dicomano

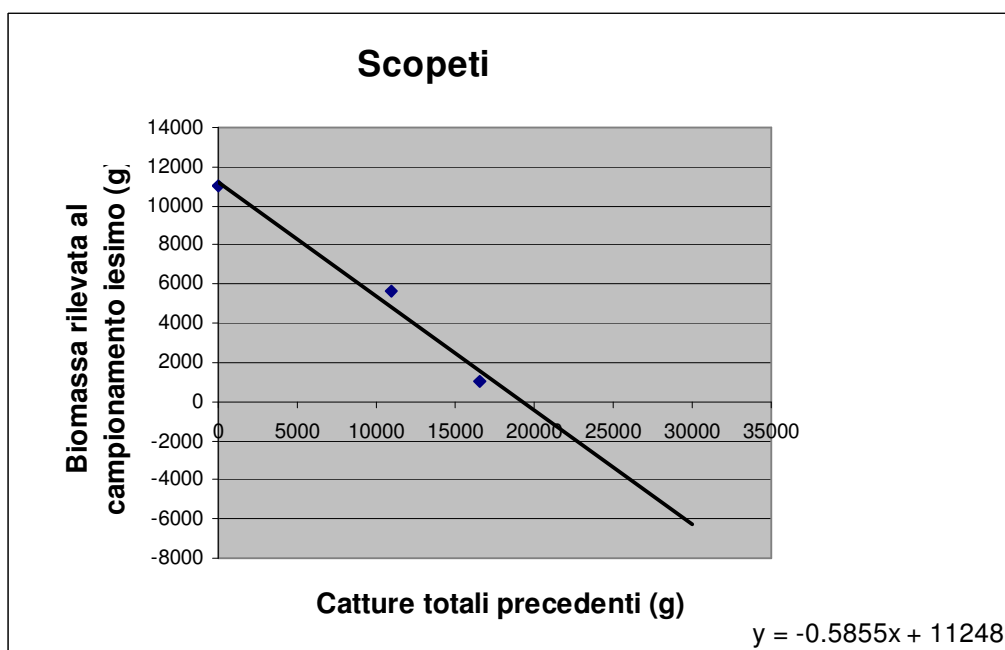


Grafico 4. Biomassa stimata (Metodo di Hayne) per la stazione Scopeti

3.4 Parametri fisici: l'importanza della temperatura

Ogni specie ittica, oltre ad essere condizionata da fattori prettamente idrologici, come la velocità dell'acqua, la profondità, o il substrato, risente, se pur in maniera diversa, di molteplici fattori chimico fisici dell'ambiente fluviale quali ad esempio l'ossigeno disciolto, il pH, la conducibilità, la durezza, la concentrazione di ammoniaca e fosforo e soprattutto la temperatura, non essendo dotati di termoregolazione interna propria.

Nei corsi d'acqua mediterranei con regimazioni naturali, senza cioè che siano regolate le portate per scopi antropici, le temperature dell'acqua seguono l'andamento stagionale e sono altamente condizionate dalla temperatura dell'aria, oscillando dai 6-7 °C invernali ai 24-25 C° in piena estate. Questo costante e regolare andamento termico modella la vita dell'intero ecosistema acquatico e conseguentemente anche quella della fauna ittica.

In generale, mentre basse temperature determinano scarsa attività della fauna ittica in quanto rallentano notevolmente il loro metabolismo, temperature troppo elevate possono determinare un notevole abbassamento dei valori di ossigeno disciolto e ciò, per specie come la Trota particolarmente sensibili a queste particolari condizioni, può provocarne la morte. La classificazione delle acque che viene normalmente effettuata si basa fondamentalmente proprio sui valori termici medi annuali dei vari tratti fluviali; ad esempio zone con temperature annuali massime sotto i 20°C avranno caratteristiche idonee ad ospitare specie appartenenti alla famiglia dei Salmonidi, dei Timallidi, o degli Scorpeniformi, mentre acque che oltrepassano i 20°C saranno adatte ad esempio ai Ciprinidi, agli Esocidi o ai Percidi.

Le variazioni di temperatura (interagendo con altri fattori ambientali, quale il fotoperiodo) hanno fondamentale importanza anche nella maturazione delle gonadi dei pesci e quindi dell'inizio e della fine del periodo riproduttivo, nell'attività di frega e nell'incubazione delle uova. Nella Carpa (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) ad esempio, la maturazione delle gonadi incomincia alla fine dell'inverno o all'inizio della primavera. Ciò che stimola questo processo, è una combinazione tra incremento delle ore di luce e temperatura. La stagione riproduttiva inizia nel periodo tardo primaverile e la sua cessazione può in parte essere dovuta a effetti inibitori provocati dalle elevate temperature estive raggiunte dall'acqua, che esercitano un'azione di blocco sul differenziamento gonadale, assieme ad una diminuzione del fotoperiodo.

Quello sopra descritto è solo un esempio di come la temperatura dell'acqua possa influire in maniera determinante sulla sopravvivenza della fauna ittica e tutte le modificazioni di un corso d'acqua che possono alterare tale parametro ambientale devono essere attentamente monitorate e studiate.

La costruzione della diga di Bilancino ha provocato tali modificazioni su tutta l'asta del Fiume Sieve, al di sotto del medesimo bacino e la variazione dei valori termici sembra essere il cambiamento più significativo; infatti la temperatura delle acque del Fiume a valle della diga, non è più legata alle normali variazioni climatiche stagionali, ma dipende in buona parte dalla temperatura dell'acqua rilasciata dal medesimo invaso, soggetto a tutti quei fenomeni fisici propri dei grandi bacini lacustri, come ad esempio la stratificazione termica dell'acqua, elemento questo che condiziona in modo determinante la temperatura dell'acqua rilasciata dagli invasi artificiali.

Nelle regioni temperate i laghi spesso si “stratificano” da un punto di vista termico, andando incontro a grandi cambiamenti stagionali: in estate, conformemente alle alte temperature dell'aria, l'acqua superficiale si surriscalda e tende a stratificarsi, ovvero a formare uno strato di spessore variabile (pochi metri), ben definito: questo strato d'acqua è denominato **epilimnio**. Lo strato successivo, **metalimnio** o **termoclino**, è caratterizzato da una diminuzione sensibile e costante di temperatura fino allo strato profondo, **ipolimnio**, dove la temperatura si stabilizza intorno ai 4 °C. A questa temperatura l'acqua raggiunge il massimo della densità possibile e quindi è più pesante di quella superficiale. La differenza di densità e la presenza del termoclino, che agisce come una vera barriera, non permette lo scambio tra masse d'acqua con diversa temperatura, tra l'epilimnio e l'ipolimnio; tale staticità degli strati più profondi provoca una cattiva qualità dell'acqua a causa della notevole sedimentazione dei materiali in sospensione spesso di origine reflua.

Tali scambi termici, al contrario, si verificano in autunno e soprattutto in inverno, quando in genere l'acqua si presenta con temperatura costante lungo tutta la colonna (cioè dalla superficie fino in prossimità del fondo), per mutare nuovamente quando le condizioni climatiche (primavera-estate) fanno sì che gli strati superficiali si riscaldino, ricreando così le stratificazioni termiche.

Nel caso specifico della diga di Bilancino, l'acqua viene solitamente rilasciata dallo scarico superficiale, posto a 252 m s.l.m., perché l'acqua superficiale è qualitativamente

migliore (soprattutto in relazione al materiale in sospensione), quindi più facilmente trattabile dagli impianti di depurazione, mentre quando i livelli sono più bassi dello “sfioro”, viene utilizzato lo scarico di fondo, posto a 231 m s.l.m., a una profondità che può variare dai 20 m ai 15 m, profondità che nel bacino corrisponde allo strato dell’ipolimnio.

La possibilità di rilasciare acqua da due scarichi, con emissione di acqua con caratteristiche fisiche (temperatura) e biologiche totalmente diverse ha notevoli impatti sulla comunità ittica a valle dell’invaso. Se infatti in inverno la temperatura dell’acqua rilasciata dagli scarichi superficiali non si discosta dalla temperatura che si ha normalmente in un corso d’acqua in tale periodo, non si verifica la stessa cosa durante il periodo primaverile, quando l’acqua superficiale, a causa del notevole irraggiamento solare, ha una temperatura decisamente superiore al normale.

Quando nella stagione estiva i livelli del bacino si abbassano, rendendo necessario l’utilizzo dello scarico di fondo, la temperatura dell’acqua subisce un drastico e repentino abbassamento, del tutto anomalo rispetto ai valori di temperatura che si dovrebbero avere nel medesimo periodo in condizioni normali.

Questa notevole modificazione ambientale, avvenuta dopo la costruzione della diga, ha creato un fiume con caratteristiche molto particolari e non certo ascrivibili ai normali corsi d’acqua mediterranei. Il Fiume Sieve a valle della diga presenta condizioni fisiche decisamente particolari, tanto da non essere paragonabili con altri corsi d’acqua soggetti a regimazione idrica, presenti anche in Toscana come il Bacino di Montedoglio (Bacino dell’Alto Tevere), il quale rilascia per tutto l’anno portate costanti di acqua (per scopi idroelettrici) dallo strato ipolimnico del lago, quindi con basse temperature.

E’ altresì riscontrabile una notevolmente diminuzione del trasporto solido da parte del corso d’acqua, per l’opera di sedimentazione del bacino lacustre; la portata non è costante durante tutto l’anno, infatti nei periodi invernali si hanno forti magre, mentre in estate si hanno portate decisamente elevate. Entrambi i fenomeni sono legati alle necessità idriche dei centri abitati, prima tra tutti Firenze e tutto il suo interland. Così anche se non si verificano più periodi di magra estiva (durante i quali si potevano avere forti morie di pesci) i periodi invernali, soprattutto nella zona a ridosso dell’invaso presentano livelli molto scarsi e quindi decisamente anomali, visto che in tali periodi si dovrebbero avere portate rilevanti.

Oltre a ciò, come accennato in precedenza, esiste una continua e soprattutto irregolare variazione termica, spesso con andamento opposto a quello stagionale, causato dall'utilizzo di due differenti scarichi, quello di sfioro e quello di fondo con temperature dell'acqua totalmente differenti. Questo fattore può impedire un corretto sviluppo di qualsiasi componente biotica e di conseguenza di qualsiasi specie ittica, rendendo difficile di fatto lo sviluppo degli stadi vitali più vulnerabili alle variazioni ambientali (fasi larvali e di avannotto) od ostacolando la fase riproduttiva che necessita di particolari condizioni di temperatura e portata.

Tali dati possono essere utilizzati come base per **la valutazione economica di danni ambientali** per il prelievo e lo spostamento di fauna ittica nell'evenienza che, per lavori in alveo o altro tipo di modificazione dell'ambiente fluviale, si verifichi in futuro un danno a carico della fauna ittica locale.

3.5 Rilievi parametri fisici (T e O₂)

Per meglio comprendere la variazione dei parametri ambientali relativi al tratto di Fiume Sieve a valle dell’Invaso di Bilancino e per una più approfondita caratterizzazione dell’habitat, è stato deciso di rilevare sistematicamente i valori di temperatura e ossigeno disciolto presso le medesime stazioni utilizzate per i rilievi fisico-ambientali e per i campionamenti di fauna ittica. L’ossigeno è stato misurato con metodo volumetrico mediante Oxigen Test Aquamerk (Method:Trimetric), mentre la temperatura è stata misurata con uno strumento modello H198150 Hanna Instruments.

3.5.1 Temperatura

Di seguito sono riportati i grafici (5,6,7,8) relativi all’andamento delle temperature rilevate ogni 15 giorni dal 1 giugno 2004 al 24 settembre 2004 nelle quattro stazioni del Fiume Sieve , Campeggio “Mugello Verde”, Sagginale, Dicomano, Scopeti.

Campeggio Mugello Verde

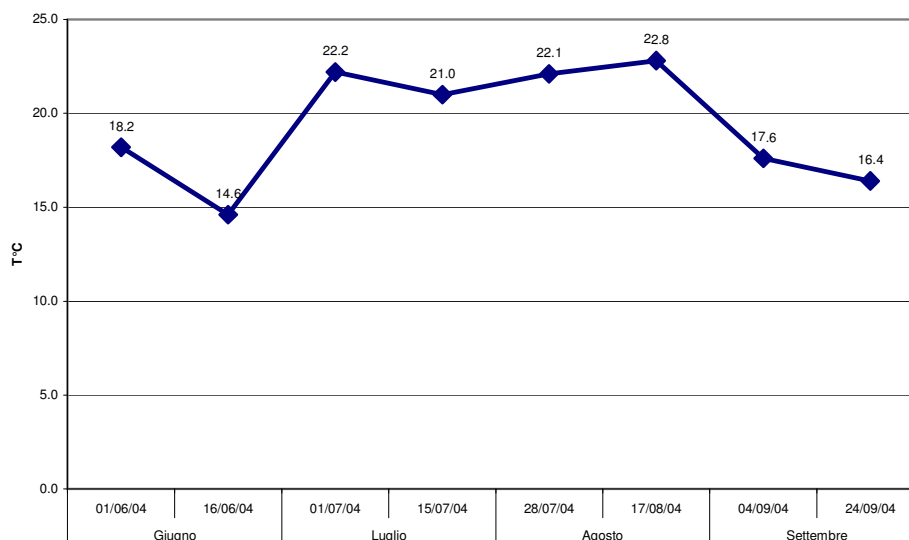


Grafico 5. Temperature rilevate durante il quadrimestre giugno-settembre

Sagginale

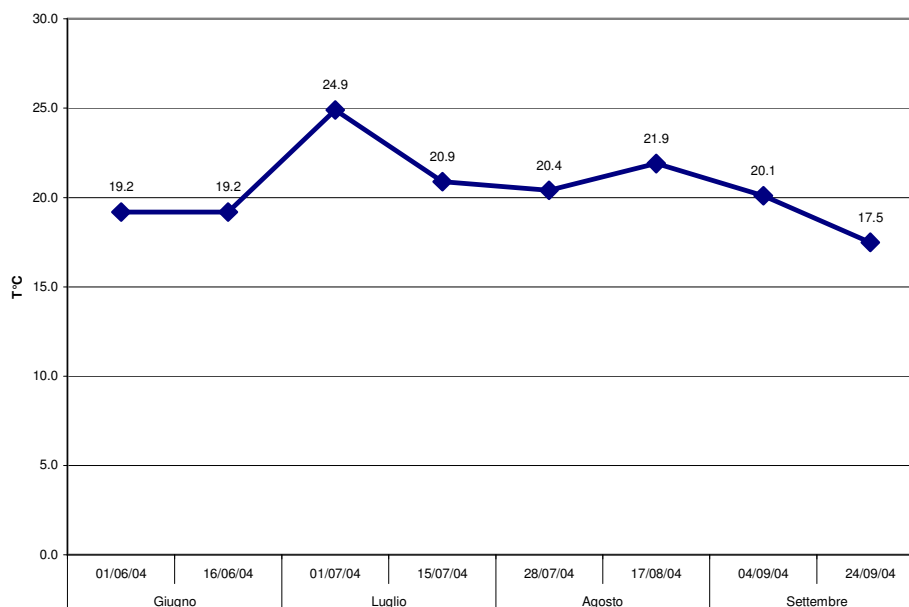


Grafico 6. Temperature rilevate durante il quadrimestre giugno-settembre

Dicomano

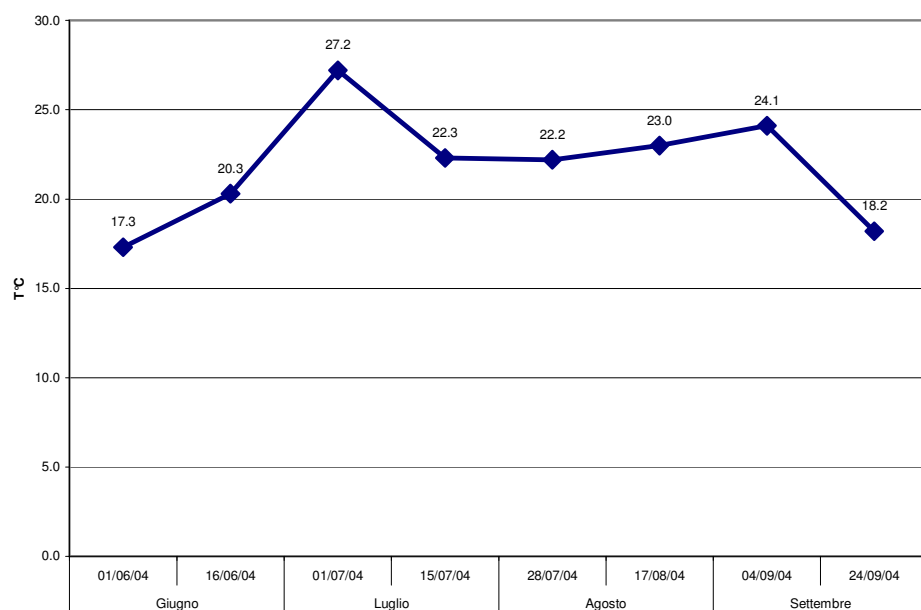


Grafico 7. Temperature rilevate durante il quadrimestre giugno-settembre

Scopeti

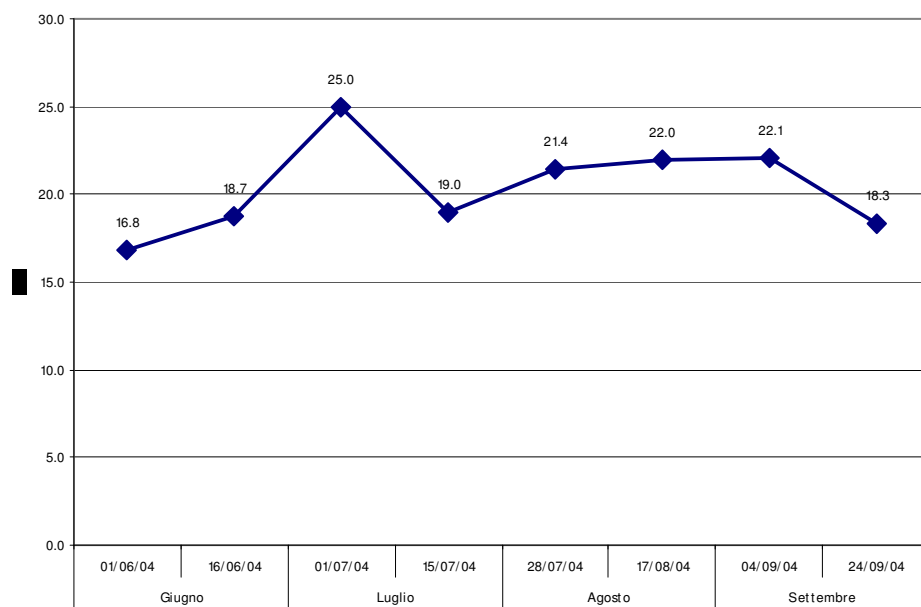


Grafico 8. Temperature rilevate durante il quadrimestre giugno-settembre

Come è facilmente rilevabile dagli stessi grafici, l'andamento della temperatura dal 1 giugno 2004 al 24 settembre 2004, nelle quattro stazioni prese in esame, è pressappoco il medesimo. Nel quadrimestre analizzato, la prima settimana di luglio presenta valori di temperatura molto alti (sino a 27,2 C° nella stazione di Dicomano in data 01/07/04), in tutte le stazioni, mentre i valori più bassi si riscontrano in giugno e settembre, secondo quindi un corretto andamento rispetto ai valori normali. I valori riscontrati ad agosto invece sono decisamente più bassi di quelli rilevati la prima settimana di luglio (ad eccezione del rilevamento effettuato nella stazione Campeggio "Mugello Verde" in data 17/08/04 che presenta il valore maggiore del quadrimestre per quella stazione). Questo fattore, che sembra essere in controtendenza rispetto a quello che dovrebbe essere il normale andamento stagionale delle temperature (con le massime temperature registrate proprio nel mese di agosto), è facilmente spiegabile con le modalità di rilascio dell'acqua da parte dell'invaso: sino alla prima settimana di luglio 2004 è stata rilasciata acqua superficiale (di "sfioro"), quindi con temperature elevate, oltre la norma rispetto al periodo stesso; dopo tale data, per tutto il periodo estivo, è stato utilizzato lo scarico di fondo, con conseguente rilascio di acque decisamente più fredde. L'andamento anomalo delle temperature dell'acqua del Fiume Sieve può essere facilmente riscontrato se messo in relazione con l'andamento delle temperature dell'aria. A causa della mancata disponibilità dei dati di temperatura dell'aria della stazione meteorologica di Fagna (Scarperia), più prossima alle stazioni di rilievo dei parametri ambientali, ai soli fini di confrontare l'andamento delle temperature dell'aria con quelle dell'acqua sono stati utilizzati i dati provenienti dalla stazione meteo IBIMET-CNR di Sesto Fiorentino il cui grafico (9) è riportato qui di seguito. I dati di temperatura dell'aria della stazione di Sesto Fiorentino si riferiscono al periodo giugno-luglio, lo stesso durante il quale sono stati effettuati i rilievi sul Fiume Sieve.

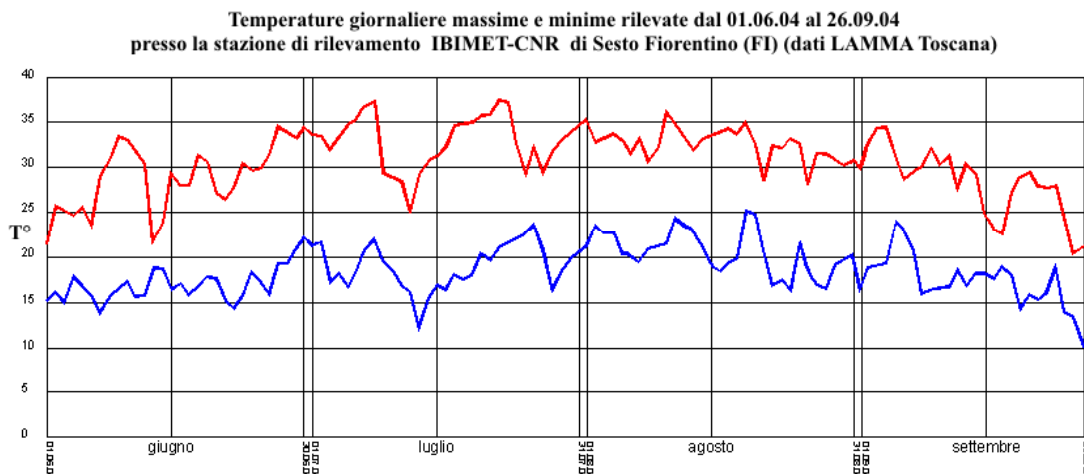


Grafico 9

La temperatura dell'aria ha inciso, in maniera significativa, sulla temperatura dell'acqua soltanto sino alla prima settimana di luglio. Nel periodo compreso tra l'ultima settimana di giugno e la prima di luglio si è avuto un forte innalzamento della temperatura dell'aria e ciò ha causato un forte innalzamento della temperatura dell'acqua in tutte le stazioni; un successivo innalzamento di temperatura, sia durante la seconda parte del mese di luglio che nella prima parte del mese di agosto non ha causato però alcun innalzamento della temperatura dell'acqua, che anzi si è mantenuta con valori relativamente bassi rispetto al periodo, con valori compresi tra 20°C e 24°C in tutte le stazioni, valori decisamente anomali.

3.5.2 Ossigeno disciolto

Di seguito sono riportati i grafici 10,11,12 e13 relativi ai valori di ossigeno disciolto (espressi in mg/l) rilevati dal 1 giugno 2004 al 24 settembre 2004, con cadenza quindicinale, nelle quattro stazioni del Fiume Sieve, Campeggio “Mugello Verde”, Sagginale, Dicomano, Scopeti

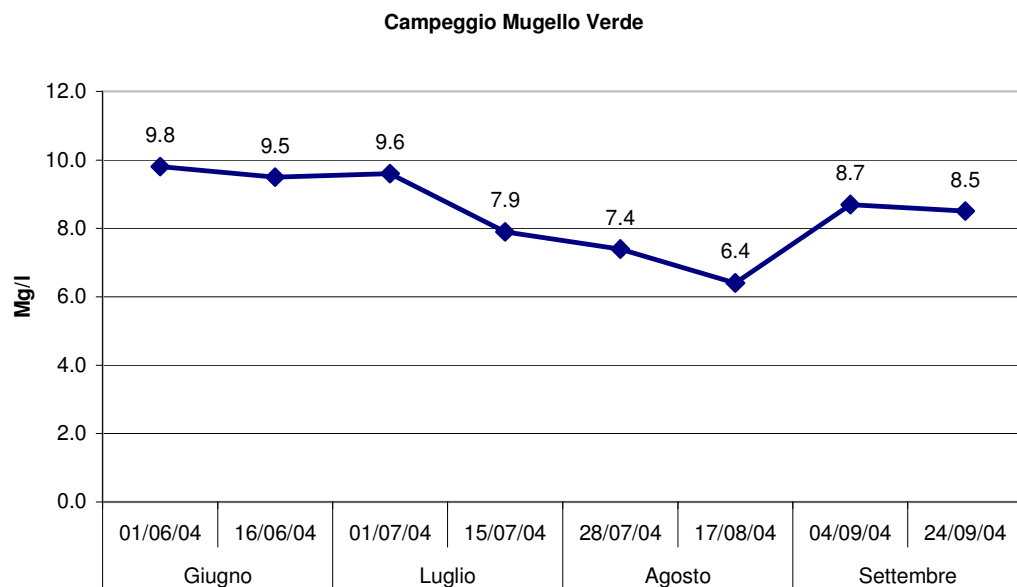


Grafico 10. Ossigeno disciolto (mg/l) rilevato durante il quadrimestre giugno-settembre

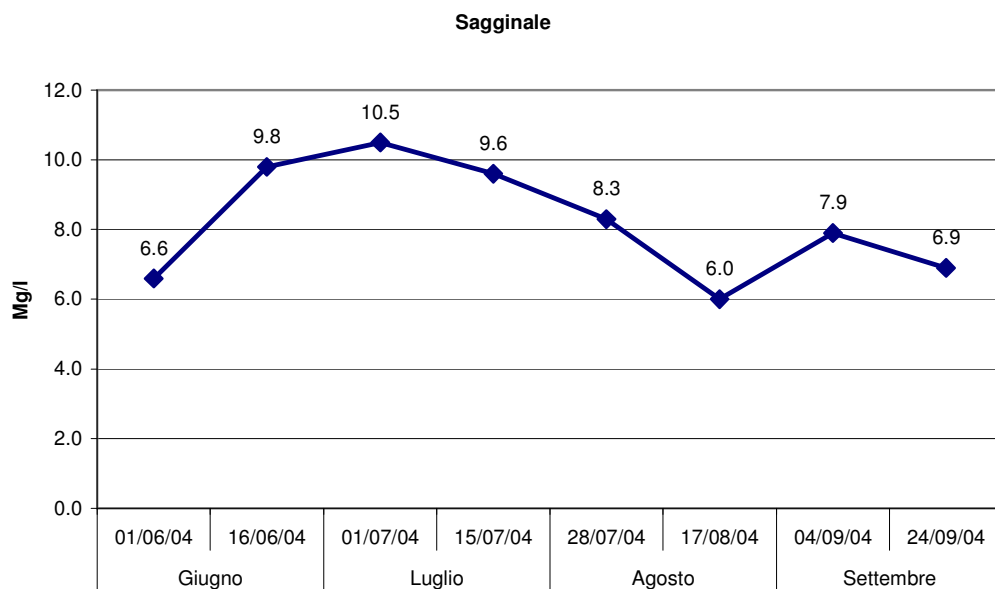


Grafico 11. Ossigeno disciolto (mg/l) rilevato durante il quadrimestre giugno-settembre

Dicomano

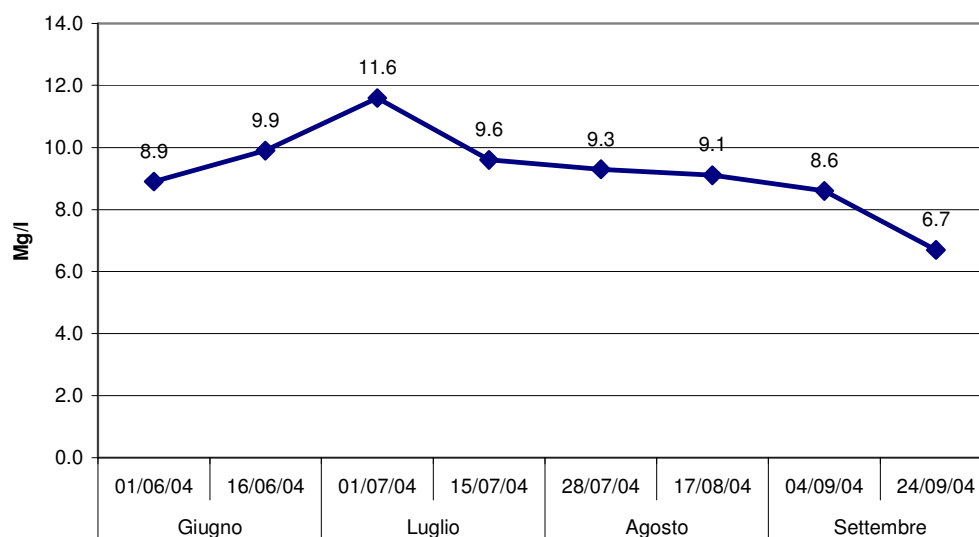


Grafico 12. Ossigeno disciolto (mg/l) rilevato durante il quadrimestre giugno-settembre

Scopeti

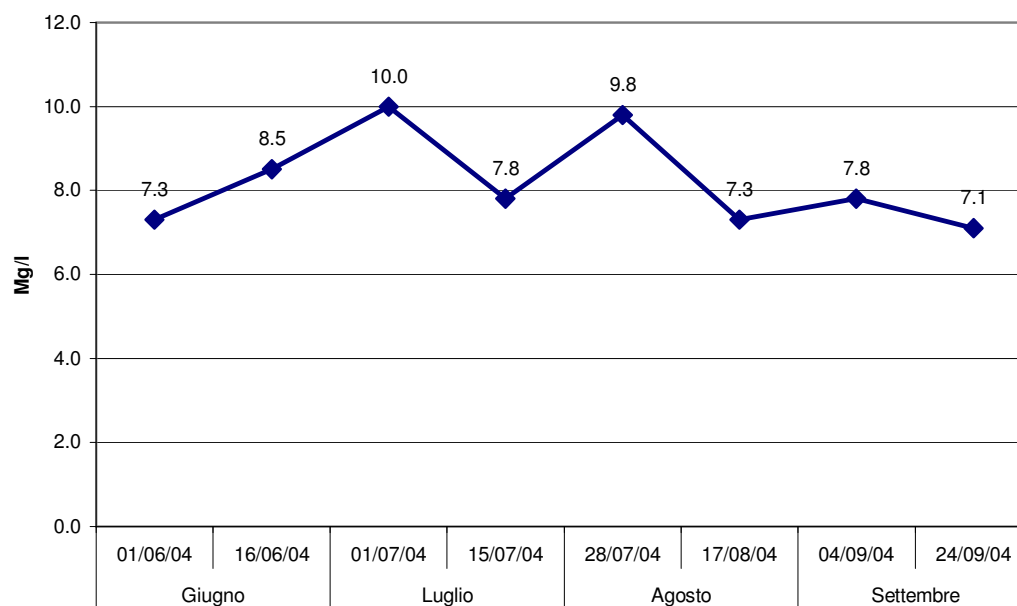


Grafico 13. Ossigeno disciolto (mg/l) rilevato durante il quadrimestre giugno-settembre

Anche l'andamento dei valori di ossigeno disciolto (tab.7) sono condizionati dai rilasci effettuati dalla diga. Infatti ad una diminuzione di temperatura dell'acqua nel mese di agosto non corrisponde un aumento dei valori di ossigeno disciolto, come sarebbe stato lecito attendersi nel caso si trattasse di acqua superficiale dove esistono scambi di ossigeno con l'aria, **valori che invece tendono a diminuire a causa della peggiore qualità dell'acqua di fondo rispetto a quella di sfioro**. La diminuzione dei valori di ossigeno disciolto è più evidente nella stazione più a monte, Campeggio "Mugello Verde", poiché è quella che risente più direttamente gli effetti della diga, mentre nelle altre l'azione autodepurante del corso d'acqua attenua tale fenomeno. Durante il periodo di rilascio dallo scarico di fondo, nella stazione Campeggio "Mugello Verde" i valori di ossigeno disciolto sono passati da 9,6 mg/l a 6,4 mg/l, nonostante i bassi valori di temperatura dell'acqua consentissero un aumento di ossigeno rispetto ai mesi precedenti.

LOCALITA'				
Campeggio				
9 marzo 2005	Mugello Verde	Sagginale	Dicomano	Scopeti
T (°C)	6.3	6.3	7.4	6.1
O ₂ (mg/l)	12.2	8.5	11.9	6.0

Tabella 7.Valori di temperatura e ossigeno disciolto riscontrati in data 09/03/05 nelle 4 stazioni di rilevamento

In data 9 marzo 2005 è stato effettuato, nelle stesse stazioni precedentemente utilizzate, un rilevamento di temperatura ed ossigeno disciolto (Tab. 7) e ciò permette di avere almeno un confronto di tali parametri fisici durante il periodo invernale. I risultati ottenuti hanno fornito indicazioni molto interessanti soprattutto in relazione ai valori di ossigeno disciolto, che sono risultati molto più bassi del periodo estivo nella stazione di Scopeti (6 mg/l marzo 2005, sempre sopra 7 mg/l nel quadrimestre giugno-settembre), simili nelle stazioni Campeggio Mugello Verde e Sagginale, superiori nella stazione di Dicomano, con un valore decisamente alto (11,9 mg/l).

I valori di temperature sono risultati simili in tutte le stazioni, con uno scarto massimo di 1,2°C, tra la stazione di Scopeti (6,1°C), la più fredda, e la stazione di Dicomano (7,4°C), la più calda.

I valori di temperatura e ossigeno rilevati permettono di ricondurre le quattro stazioni a una **vocazione a ciprinidi**.

3.6 Osservazioni

Le conseguenze sulla fauna ittica di variazioni così consistenti di temperatura ed in misura decisamente minore dell'ossigeno disciolto, possono essere molto pesanti. In particolare i ciprinidi, la famiglia più rappresentativa, in termini numerici, della fauna ittica del Fiume Sieve, risentono enormemente di tali sbalzi. Il periodo di maggiore variazione di temperatura giugno-luglio coincide esattamente con il periodo di riproduzione e di schiusa delle uova delle specie appartenenti a tale famiglia, periodo, quello legato alle varie fasi della riproduzione, tra i più critici nella vita di un pesce. L'elevata temperatura tardo primaverile può infatti anticipare il periodo di frega, modificando l'ecologia delle varie specie, ma la diminuzione, repentina e consistente, delle temperature può causare danni maggiori. Può infatti compromettere la maturazione delle larve all'interno delle uova, od ostacolare in maniera determinante la crescita degli avannotti, che, specialmente nei ciprinidi, necessitano di temperature relativamente "calde" per un adeguato accrescimento, necessario ad affrontare i periodi invernali, nei quali l'attività trofica è ridotta ai minimi termini.

Tutto ciò spiega probabilmente i bassi valori di densità riscontrati, in quasi tutte le specie campionate, densità che in condizioni favorevoli avrebbero valori decisamente superiori, in particolar modo nelle varie specie di ciprinidi, vista la loro facile adattabilità alle modificazioni ambientali, soprattutto legate all'inquinamento o alle alte temperature dell'acqua, ma non adattabili evidentemente a continue variazioni termiche come quelle riscontrate nelle quattro sezioni analizzate.

Le temperature relativamente basse, registrate nel periodo estivo centrale, ma pur sempre sopra i 20°C non consentirebbero la sopravvivenza e lo sviluppo di specie come la Trota, che non supererebbe i periodi tardo primaverili, quando l'acqua di sfioro, rilasciata dall'invaso, rende l'habitat non idoneo a qualsiasi stadio vitale di questo salmonide, avendo temperature al di sopra dei 22°C.

Il progetto, attualmente in fase di completamento, di costruzione di una centrale elettrica, con conseguente rilascio di portata costante durante tutto l'anno, potrebbe portare beneficio a specie quali la Trota o altri salmonidi, ma soltanto nel caso in cui venisse rilasciata acqua proveniente dallo strato ipolimnico del bacino. Se questa, infatti, dovesse essere pescata dagli strati superficiali del bacino, continuerebbero ad esistere le condizioni sfavorevoli alla sopravvivenza di specie altamente sensibili a valori troppo elevati di temperatura, come la

Trota o il Temolo, in caso contrario, in altre parole di pescaggio da strati inferiori ai dieci metri, potrebbero crearsi condizioni più favorevoli a tali specie, compromettendo però definitivamente l'habitat favorevole a specie autoctone quali quelle appartenenti alla famiglia dei ciprinidi, che con basse temperature dell'acqua e portata costante ed elevata non avrebbero un habitat adeguato per i loro stadi vitali, se non nelle stazioni più a valle di Mugello Verde, dove l'azione mitigatrice degli affluenti consentirebbe di ripristinare condizioni più vicine alla norma.

E' vero che il rilevamento delle temperature e dell'ossigeno lungo il corso del Fiume Sieve è limitato a una sola stagione e per poter trarre delle conclusioni più appropriate occorrerebbe avere una serie pluriennale di questi ed altri parametri. Occorrerebbe soprattutto conoscere in dettaglio quali modifiche interverranno a carico dell'ambiente (l'invaso scaricherà sempre dalla superficie o dal fondo?).

Come già rilevato durante il corso di precedenti studi (Auteri *et al.*, 1995; Nocita, 2002) l'area destinata all'immissione di Salmonidi in Toscana, e in particolare nella Provincia di Firenze, è piuttosto estesa rispetto alle reali vocazioni ittiche e questo a scapito di specie che non hanno grande pregio da un punto di vista piscatorio ma che rivestono un loro preciso ruolo ecologico. Queste specie (Ghiozzo, Rovella, Barbo ecc.) sono in stadio giovanile e adulto prede della Trota che là dove immessa produce gravi danni. Un ulteriore allargamento della Zona a Salmonidi non può quindi che produrre un aggravamento delle condizioni già precarie (bassa densità) di questi animali. La Trota poi nella nostra area non si riproduce sia a causa di fattori climatici avversi (Nelli *et al.*, 1998) sia a causa del substrato a ciottoli e sassi assolutamente inadeguato alla fase riproduttiva di questa specie. Ciò significa che esemplari di Trota andrebbero introdotti tutti gli anni. **Il danno economico nel medio e lungo termine è facilmente stimabile:** se da una parte si produce un danno anche permanente alle specie presenti (e capaci di riprodursi in condizioni più idonee) attraverso la predazione di una specie estranea, dall'altra si immette una specie che non è in grado di autosostenersi dato che, in assoluto anche variando le condizioni di temperatura, non potrebbe trovarsi in un ambiente idoneo per farlo.



Assessorato Agricoltura
Caccia e Pesca



Museo di Storia Naturale



Autorità di bacino
del Fiume Arno

4 CALCOLO DEL DMV SU BASE BIOLOGICA

4.1 Rilevamento dati di campagna

Nel corso della primavera-estate 2004 sono stati effettuati i rilievi ambientali necessari all'acquisizione dati da utilizzare per l'indice IFIM.

In particolare per arrivare a definire ADP, ossia la variabile decisionale in termini di area disponibile riferita a una determinata portata, per ognuna delle quattro stazioni (vedi Fig. 9 e schede delle stazioni), al fine di definire le geometrie dei transetti, sono stati misurati i seguenti parametri:

- ♦ X - distanza trasversale da destra orografica, progressiva a partire dal caposaldo;
- ♦ Y - distanza longitudinale misurata al centro del transetto o distanza media a partire dal transetto più a valle della serie considerata;
- ♦ Z - quota del substrato per ogni X del transetto;
- ♦ Velocità e profondità dell'acqua.

Le quote del substrato e le quote dell'acqua sono state misurate in valore relativo per ogni transetto e non come quote assolute s.l.m.m., i parametri X sono stati misurati anch'essi in valore relativo e non in un sistema di coordinate assoluto.

Il rilevamento delle geometrie (X, Y, Z) dei capisaldi è stato eseguito tramite stazione totale, per la misurazione (effettuata dalla Ditta Geo Coste s.n.c. sotto la nostra supervisione) è stato utilizzato lo strumento mod. 600 motorizzato della Geotronics, le misure sono state acquisite in valore relativo per ogni stazione. La georeferenziazione delle stazioni è stata effettuata successivamente riportando i capisaldi nel sistema di coordinate Gauss-Boaga Fuso Ovest.

Per quanto riguarda la definizione del modello dell'habitat sono stati rilevati i seguenti parametri:

1. Caratteristiche morfologiche generali della stazione in relazione alla posizione dei transetti (riffle, pool e run);
2. Substrato o copertura del fondo, rilevati in modo descrittivo (granulometria, presenza di vegetazione, ecc..).

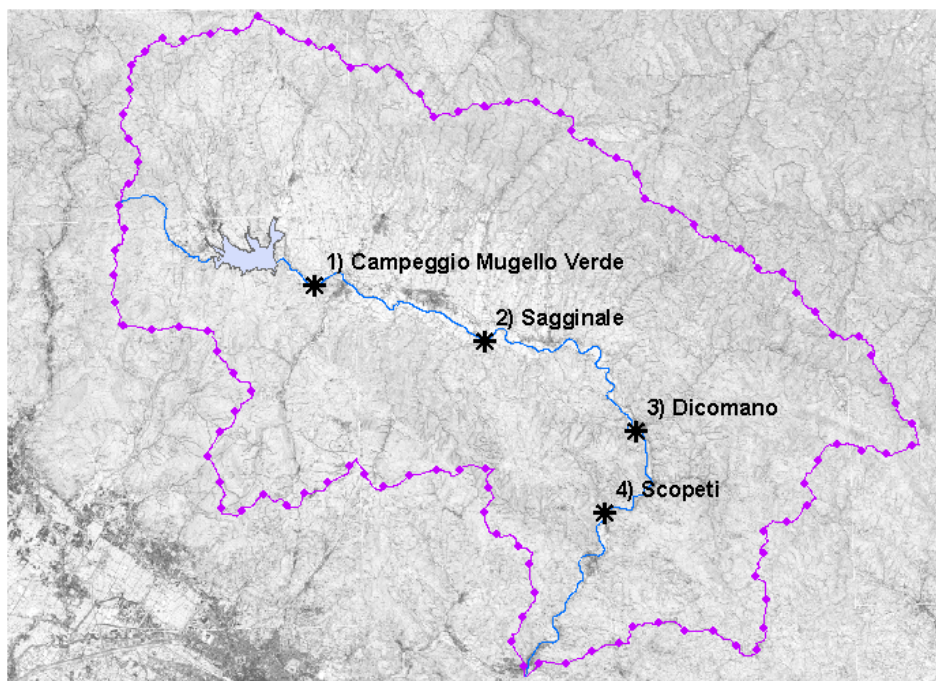


Figura 9. Ubicazione delle stazioni di campionamento utilizzate per rilievo dati

Operativamente, per definire le geometrie di ogni singolo transetto, riferendosi a due capisaldi (rispettivamente in destra e sinistra orografica) è stato teso un cavo inestensibile (treccia EXCEL D12 Marlow in Dyneema ϕ 2.5mm) come riferimento alle misurazioni di X e Z, rispetto ai capisaldi (Fig. 10). In corrispondenza a tale riferimento, per ogni valore di X, è stata rilevata la velocità media della colonna d'acqua sottostante, ponendo lo strumento a 6/10 della profondità, come richiesto dalle procedure di rilevamento dati del Manuale IFIM dell'USGS (United States Geological Survey) Bovee, 1997 (Fig. 11), per la misurazione della velocità dell'acqua è stato utilizzato il mulinello mod. GLOBAL WATER FLOW PROBE FP201 della Global Water Instr.,Inc.

Per gli stessi punti X sono state rilevate le caratteristiche granulometriche e la tipologia del substrato.



Figura 10. Caposaldo



Figura 11. Rilevamento velocità dell'acqua

Riassumendo i dati rilevati per le Stazioni sono i seguenti:

- ♦ Stazione 1 (Campeggio Mugello Verde, Fig. 12) 6 transetti;
- ♦ Stazione 2 (Sagginale, Fig. 13) 2 transetti;
- ♦ Stazione 3 (Dicomano, Fig. 14) 4 transetti;
- ♦ Stazione 4 (Scopeti, Fig. 15) 3 transetti;

La scelta di utilizzare un numero diverso di transetti per ogni stazione è da porsi in relazione con le caratteristiche morfologiche e del mesohabitat specifiche di ogni sito.



Figura 12. Stazione di campionamento di Campeggio Mugello Verde



Figura 13. Stazione di campionamento di Sagginale



Figura 14. Stazione di campionamento di Dicomano



Figura 15. Stazione di campionamento di Scopeti

Ubicazione Stazione rispetto al
corso e al bacino del fiume Sieve



Stazione **n.1** di campionamento
fauna ittica e parametri ambientali

Campeggio Mugello Verde



Ubicazione Stazione rispetto al
corso e al bacino del fiume Sieve



Stazione **n.2** di campionamento
fauna ittica e parametri ambientali

Sagginale



Ubicazione Stazione rispetto al
corso e al bacino del fiume Sieve



Stazione **n.3** di campionamento
fauna ittica e parametri ambientali

Dicomano



Scopeti



4.2 Elaborazione dati di campagna

I dati delle geometrie, velocità e caratteristiche del substrato, rilevati in campagna sono stati riportati su file MS Excell (uno per ogni transetto) (Fig. 16).

Nei file ogni Foglio rappresenta una lettura, per ogni lettura sono state riportate oltre alle informazioni sulla Stazione e sulla data, anche le seguenti informazioni:

- ♦ Indicazione e ordine dei capisaldi del transetto (PIN)
- ♦ X - distanza trasversale da destra orografica, progressiva a partire dal caposaldo;
- ♦ Z' - quota del terreno per ogni X del transetto riferita ai capisaldi;
- ♦ Z – profondità dell'acqua per ogni X del transetto immerso;
- ♦ Vm0.6 - velocità media della colonna d'acqua in m/s per ogni X del transetto immerso
- ♦ CI - caratteristiche del substrato o copertura del fondo, rilevate in modo descrittivo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ID	Località			Data					
2	2	Sagginale			27/05/04					
3	PIN	Transetto								
4	CD	1			X inizia in destra orografica	Calcolati				
5	X	Z'	Z	Vm 0.6	CI	AT	z	z		
6	0.000	0.200		0.000	Erba e argilla	T	0.000	0.200		
7	1.000	0.550		0.000	Argilla	T	1.000	0.550		
8	2.000	0.980		0.000	Argilla	T	2.000	0.980		
9	2.650	1.320	0.000	0.000	Argilla	T	2.650	1.320	Areei	Qi
10	3.000		0.100	0.010	Argilla	A	3.000	1.415	0.114	0.001
11	4.000		0.320	0.020	Argilla Sabbia	A	4.000	1.622	0.328	0.007
12	5.000		0.570	0.150	Ghiaia Ciottoli	A	5.000	1.859	0.538	0.081
13	6.000		0.690	0.270	Ghiaia Ciottoli	A	6.000	1.966	0.700	0.189
14	7.000		0.850	0.170	Ghiaia Ciottoli	A	7.000	2.112	0.843	0.143
15	8.000		0.980	0.140	Ghiaia Ciottoli	A	8.000	2.229	0.950	0.133
16	9.000		0.990	0.170	Ghiaia Ciottoli	A	9.000	2.226	0.995	0.169
17	10.000		1.020	0.130	Ghiaia Ciottoli	A	10.000	2.242	0.995	0.129
18	11.000		0.950	0.210	Ghiaia Ciottoli	A	11.000	2.159	0.965	0.203
19	12.000		0.940	0.150	Ghiaia Ciottoli	A	12.000	2.136	0.928	0.139
20	13.000		0.880	0.170	Ghiaia Ciottoli	A	13.000	2.063	0.885	0.150
21	14.000		0.840	0.180	Ghiaia Ciottoli	A	14.000	2.009	0.848	0.153
22	15.000		0.830	0.190	Ghiaia Ciottoli Sabbia	A	15.000	1.986	0.810	0.154
23	16.000		0.740	0.140	Ghiaia Ciottoli Sabbia	A	16.000	1.883	0.728	0.102
24	17.000		0.600	0.170	Ghiaia Ciottoli Sabbia	A	17.000	1.729	0.633	0.108
25	18.000		0.590	0.130	Ghiaia Ciottoli Sabbia	A	18.000	1.706	0.575	0.075
26	19.000		0.520	0.120	Ghiaia Ciottoli Sabbia	A	19.000	1.623	0.520	0.062
27	20.000		0.450	0.090	Ghiaia Ciottoli Sabbia	A	20.000	1.540	0.448	0.040
28	21.000		0.370	0.150	Ghiaia Ciottoli Sabbia	A	21.000	1.446	0.375	0.056
29	22.000		0.310	0.090	Ghiaia Ciottoli Sabbia	A	22.000	1.373	0.305	0.027
30	23.000		0.230	0.080	Ghiaia Sabbia	A	23.000	1.280	0.238	0.019
31	24.000		0.180	0.020	Ghiaia Sabbia	A	24.000	1.217	0.170	0.003
32	25.000		0.090	0.010	Ghiaia Sabbia	A	25.000	1.113	0.090	0.001
33	26.000	1.010	0.000	0.000	Ghiaia Sabbia	T	26.000	1.010		2.145
34	27.000	0.980		0.000	Ghiaia Sabbia	T	27.000	0.980		
35	28.000	0.950		0.000	Ghiaia Sabbia	T	28.000	0.950		
36	29.000	0.940		0.000	Erba Sabbia Argilla	T	29.000	0.940		
37	30.000	0.790		0.000	Erba Sabbia Argilla	T	30.000	0.790		
38	31.000	0.580		0.000	Erba Sabbia Argilla	T	31.000	0.580		
39	32.000	0.120		0.000	Erba Sabbia Argilla	T	32.000	0.120		
40	32.600	0.110		0.000	Erba Sabbia Argilla	T	32.600	0.110		
41										
42										

Figura 16 Esempio di Foglio MS Excell (Stazione di campionamento di Sagginale, Transetto 1, Lettura a).

A partire dai valori inseriti sono riorganizzati i valori di x e ricalcolate le z come profilo del transetto. Dagli stessi dati originali X, Z e velocità vengono calcolate le portate da assegnare al transetto per quella data e quelle geometrie, in tabella 8 sono riassunte le portate calcolate.

			Portate m ² /s per data							
Località	SITO	Transetto	14/05/04	20/05/04	27/05/04	03/06/04	22/06/04	03/07/04	15/07/04	17/07/04
Campeggio Mugello Verde	1	0	3.391	1.148				0.669		
		1	3.428	1.722				0.937		
		2		1.377				0.553		
		3		1.681				0.814		
		4		1.785				0.558		
		5		1.558				0.627		
Sagginale	2	0			3.223		1.479			
		1			2.145		0.862			
Dicomano	3	0			non calcolata		non calcolata			
		1			4.762		2.376	1.354		
		2			4.723			1.535		
		3			4.719			1.427		
Scopeti	4	0				6.038	2.815		3.449	
		1				6.520	2.525		2.763	
		2							2.353	1.809

Tabella 8

Le coordinate (x, z) del transetto relative ai capisaldi, sono poi utilizzate in AutoCad traslandole e ruotandole alle coordinate dei capisaldi così da renderle relative all'intera Stazione. La geometria risultante dell'insieme dei transetti viene estratta dal Cad e riportata in un nuovo file di MS Excell, questa volta relativo all'intera Stazione (Fig. 17). I dati estratti da Cad vengono inseriti nelle colonne x, y. Le caratteristiche del substrato o copertura del fondo, rilevate prima in modo descrittivo sono indicizzate (Channel Index) secondo la tabella 9, e riportate in colonna CI. I valori di velocità media della colonna d'acqua per ogni X del transetto sono riportate nelle colonne relative alle rispettive letture (Via, Vib, ecc.), da Cad si estraggono anche le quote della superficie dell'acqua relative alle rispettive letture (WSLa, WSLb, ecc), e a queste si associano le portate calcolate precedentemente (Qaor, Qbor, ecc).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	TRANSETTO 0.00			22/06/04	15/07/04					
2	0.000			WSLb	WSLc	Qbor	Qcor			
3				1.219	1.291	2.815	3.449			
4	x	y	Cl	Vib	Vic					
5	1.000	1.678	9	0.000	0.000					
6	2.000	1.496	9	0.000	0.000					
7	3.000	1.350	9	0.000	0.001					
8	4.000	1.279	11	0.112	0.250					
9	5.000	1.214	11	0.220	0.390					
10	6.000	1.048	11	0.395	0.510					
11	7.000	0.880	11	0.359	0.600					
12	8.000	0.863	11	0.537	0.570					
13	9.000	0.796	12	0.490	0.660					
14	10.000	0.753	12	0.510	0.540					
15	11.000	0.749	12	0.491	0.650					
16	12.000	0.748	12	0.535	0.630					
17	13.000	0.791	12	0.428	0.660					
18	14.000	0.856	12	0.400	0.520					
19	15.000	0.868	12	0.283	0.420					
20	16.000	0.949	12	0.278	0.300					
21	17.000	0.992	12	0.282	0.320					
22	18.000	1.007	12	0.338	0.370					
23	19.000	1.127	12	0.200	0.010					
24	20.000	1.081	12	0.200	0.320					
25	21.000	1.040	12	0.153	0.220					
26	22.000	1.019	12	0.153	0.090					
27	23.000	1.087	12	0.160	0.090					
28	24.000	1.049	12	0.030	0.030					
29	25.000	1.014	12	0.020	0.020					
30	26.000	1.068	12	0.010	0.020					
31	27.000	1.035	12	0.010	0.010					
32	28.000	1.121	12	0.010	0.010					
33	29.000	1.172	12	0.010	0.010					
34	30.000	1.206	12	0.010	0.010					
35	31.000	1.259	12	0.001	0.001					
36	32.000	1.283	12	0.000	0.001					
37	33.000	1.363	12	0.000	0.000					
38	34.000	1.450	12	0.000	0.000					
39	35.000	1.511	12	0.000	0.000					
40	35.203	1.522	12	0.000	0.000					
41										
42										
43										
44										
45										

Figura 17 Esempio di Foglio MS Excell (Stazione di campionamento di Scopeti, Transetto 0).

Number code	Class name	Size range (mm)
01	Organic detritus	NA
02	Vascular plants	NA
03	Periphyton	NA
04	Clay	0.00024 - 0.004
05	Silt	0.004 - 0.062
06	Sand	0.062 - 2.0
07	Very fine gravel	2 - 4
08	Fine gravel	4 - 8
09	Medium gravel	8 - 16
10	Coarse gravel	16 - 32
11	Very coarse gravel	32 - 64
12	Small cobble	64 - 128
13	Large cobble	128 - 256
14	Small boulder	256 - 512
15	Medium boulder	512 - 1,024
16	Large boulder	>1,024
17	Bedrock - flat, unfractured	NA
18	Bedrock - flat, fractured	NA
19	Bedrock - tilted, unfractured	NA
20	Bedrock - tilted, fractured	NA

Tabella 9 Da Bovee, 1997

Dal programma MS Excell si organizzano tutti i dati di una singola stazione per esportarli nel formato testo IFG4 importabile nel programma di modellizzazione PHABSIM.

I principi di funzionamento sono già stati esposti precedentemente. Operativamente, una volta importato il file IFG4 della stazione da analizzare, si procede alla modellizzazione idraulica. Fra i metodi utilizzabili nel programma abbiamo scelto quello che si basa sulla relazione quota-portata (STGQ) per ottenere le quote alle portate simulate. Dopo la taratura del modello (Fig. 18) con le quote misurate di riferimento a portata nota, per alcuni tratti è stato utilizzato un modello che utilizza l'equazione di Manning (MANSQ) e quindi sono state riverificate le tarature.

Con il modello delle quote-portate tarato, il passo successivo è stato quello di simulare le velocità. Il programma utilizza come base di partenza del modello le velocità misurate in campagna per le portate di calibrazione e, tenendo fisse le geometrie (quote e portate), calcola le velocità per ogni cella ad ogni portata. Queste sono verificate poi tramite le sezioni trasversali (Fig. 19).

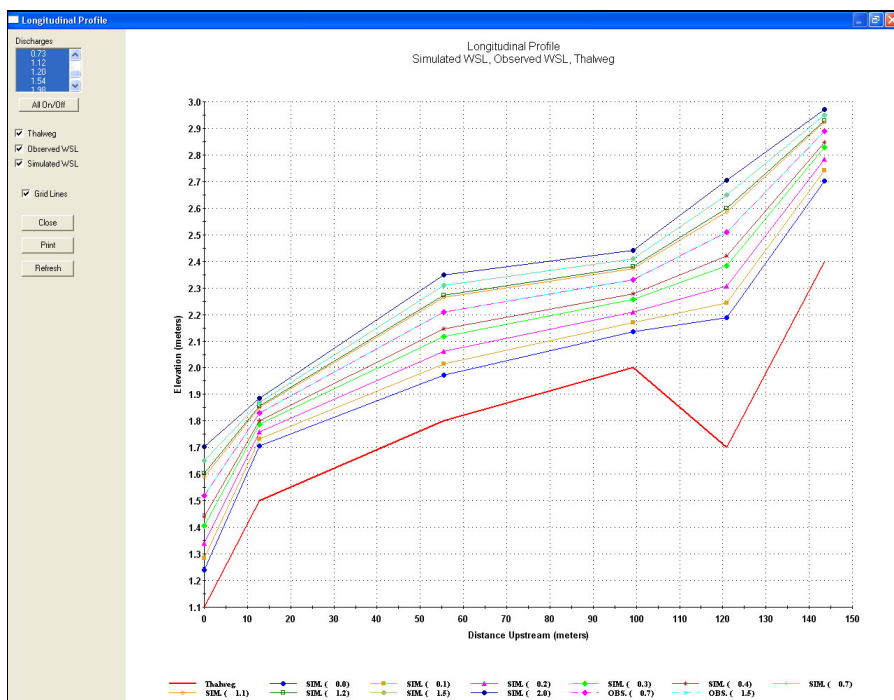


Figura 18. Esempio di profilo longitudinale con quote e portate (Stazione di campionamento di Campeggio Mugello Verde).

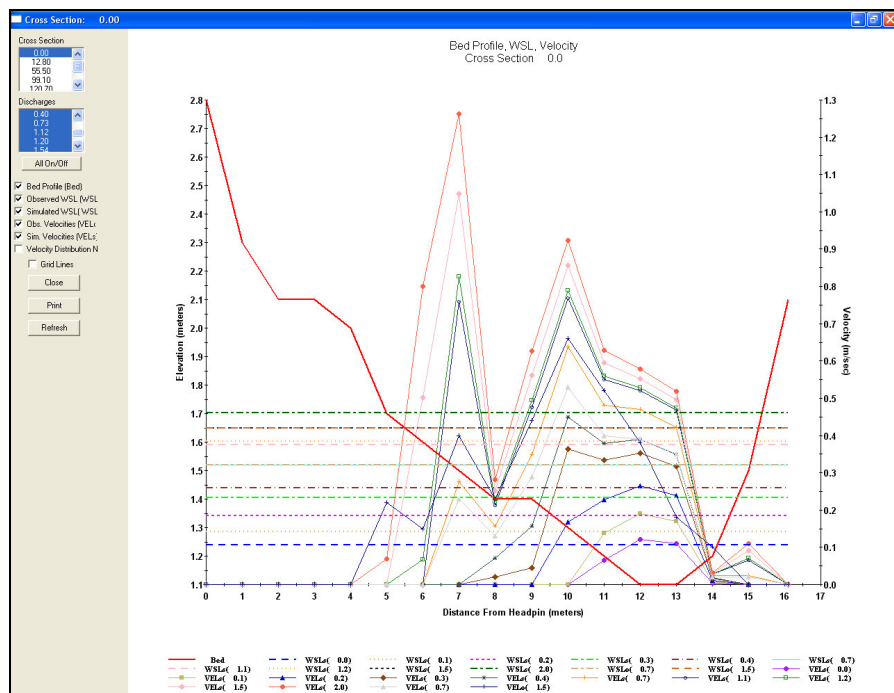


Figura 19. Esempio di sezione trasversale con velocità, quote e portate (Stazione di campionamento di Campeggio Mugello Verde).

Calcolati i valori di profondità e velocità per ogni cella del modello della stazione, sono state importate nel software le curve di idoneità e a questo punto, utilizzando il modulo HABTAE del programma sono stati messi in relazione i valori di profondità, velocità e superficie di ogni cella con le curve di idoneità per le specie e i loro stadi vitali considerati: il risultato di questa operazione è l'ADP in funzione della portata (Fig. 20). I valori di portata dell'ADP sono stati importati successivamente nel programma MS Excell e in questa sede elaborati per le analisi successive.

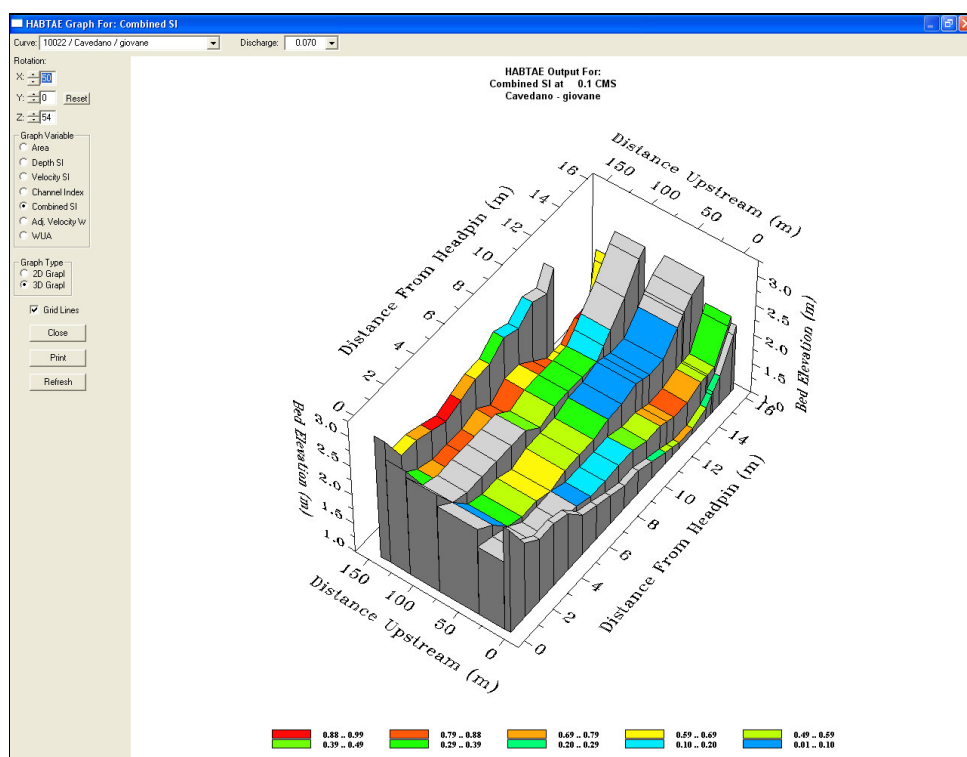


Figura 20. Esempio di modello 3D dell'ADP alla portata di $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$ per il Cavedano giovane (Stazione di campionamento di Campeggio Mugello Verde).

4.3 Analisi dati ADP nelle 4 stazioni

A seguito della presa visione delle portate naturali stimate inserite nel progetto *Arno_River* nel valutare il DMV su base biologica si è fatto costante riferimento ai valori caratteristici di portata $Q_{7/10}$, Q_{292} e Q_{183} , rispettivamente minima portata media di 7 giorni con tempo di ritorno 10 anni, valore di portata che viene superato almeno nell'80% dei giorni l'anno, valore di portata che viene superato almeno nel 50% dei giorni l'anno.

Tali valori di portata sono riportati nella tabella 10, mentre nei grafici 14,15,16,17, sono riportati gli andamenti grafici delle curve di ADP delle specie per le quattro stazioni di campionamento ed infine nelle tabelle 11,12,13,14, sono riportati oltre ai valori di ADP in funzione di $Q_{(7/10)}$, Q_{292} e Q_{183} , anche i valori ottimali di tali curve.

I valori di portata $Q_{(7/10)}$, Q_{292} e Q_{183} sono stati scelti come riferimento perchè già presenti per tutti i tratti dei corsi d'acqua del bacino del Fiume Arno.

LOCALITA'				
	C. Mugello Verde	Sagginale	Dicomano	Scopeti
Portata (m^3/s)				
$Q_{(7/10)}$	0.0651	0.1849	0.2947	0.3852
Q_{292}	0.2999	1.1239	1.7279	2.2527
Q_{183}	1.1955	3.0167	4.5191	5.8798

Tabella 10. Valori di $Q_{(7/10)}$, Q_{292} e Q_{183} .

Nella stazione di campionamento **Campeggio Mugello Verde** i valori di portata che garantiscono buoni valori di ADP (Graf. 14), e quindi buona idoneità ambientale per la quasi totalità delle specie analizzate, appartengono alla Q_{183} . Infatti ad eccezione del Gobione, del Ghiozzo e del Cavedano adulto, che presentano buoni valori di ADP anche per portate relative alla Q_{292} , si nota come i valori di portata in corrispondenza della Q_{183} garantiscano condizione di elevata idoneità per tutte le altre specie, che in taluni casi (Rovella) raggiungono valori ottimali. Per la totalità delle specie, ad eccezione del Gobione, i valori di portata riferibili alla $Q_{7/10}$ non garantiscono una idoneità sufficiente. E' importante rilevare che in questa stazione gli individui adulti di specie come la Trota, il Cavedano, il Barbo, abbiano un habitat disponibile sufficiente per una corretta espansione

demografica solo per valori di portata superiori alla Q_{183} , in mancanza dei quali tale stazione acquisirebbe esclusivamente una vocazione di riproduzione e accrescimento dei giovani individui di specie, appunto come la Trota, che raggiungono ragguardevoli dimensioni.

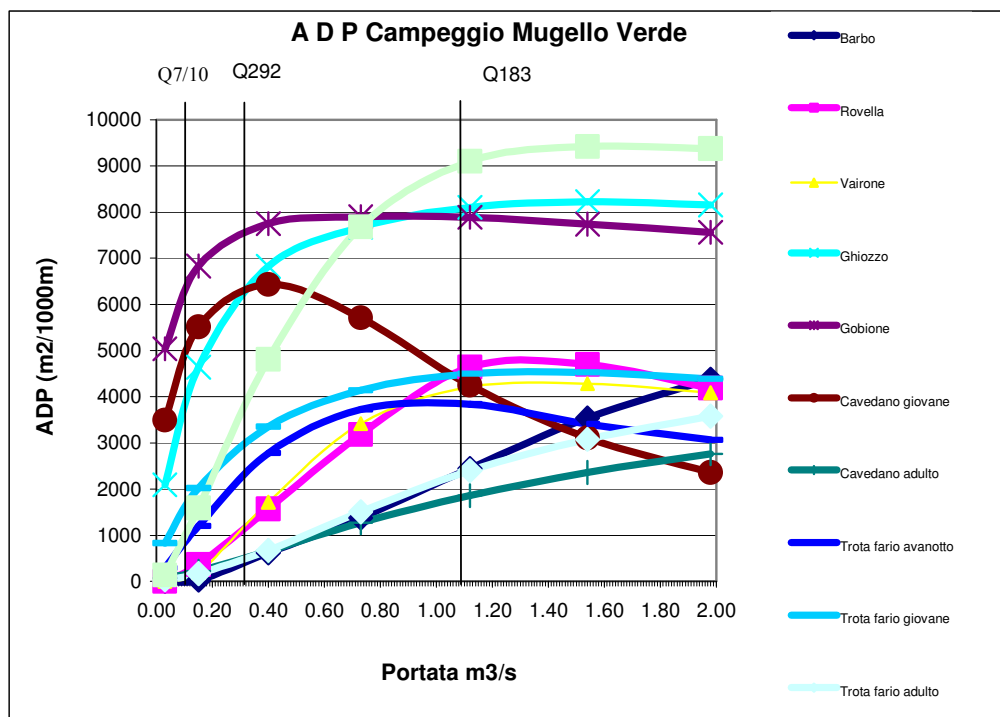


Grafico 14. Valori di ADP nella stazione Campeggio Mugello Verde

Nella stazione di **Sagginale** il valore di ADP alla Q_{292} garantisce buona idoneità (Graf. 15) per tutte le specie, in particolare per il Gobione, il Barbo, il Vairone e la Rovella. Le portate superiori a Q_{183} sembrano avere effetti negativi solo sul Barbo ed il Vairone, mentre portate sotto il $Q_{7/10}$ non garantiscono idoneità sufficiente per nessuna specie.

A **Dicomano**, si riscontrano ottimi valori di ADP (Graf. 16) per $Q_{7/10}$ solo per la Carpa, sia adulta che in fase riproduttiva, il Gobione e il Cavedano giovane, mentre i valori di Q_{292} garantiscono buone condizioni di idoneità a tutte le altre specie, ad eccezione della Rovella e soprattutto del Barbo che necessiterebbero di portate prossime alla Q_{183} .

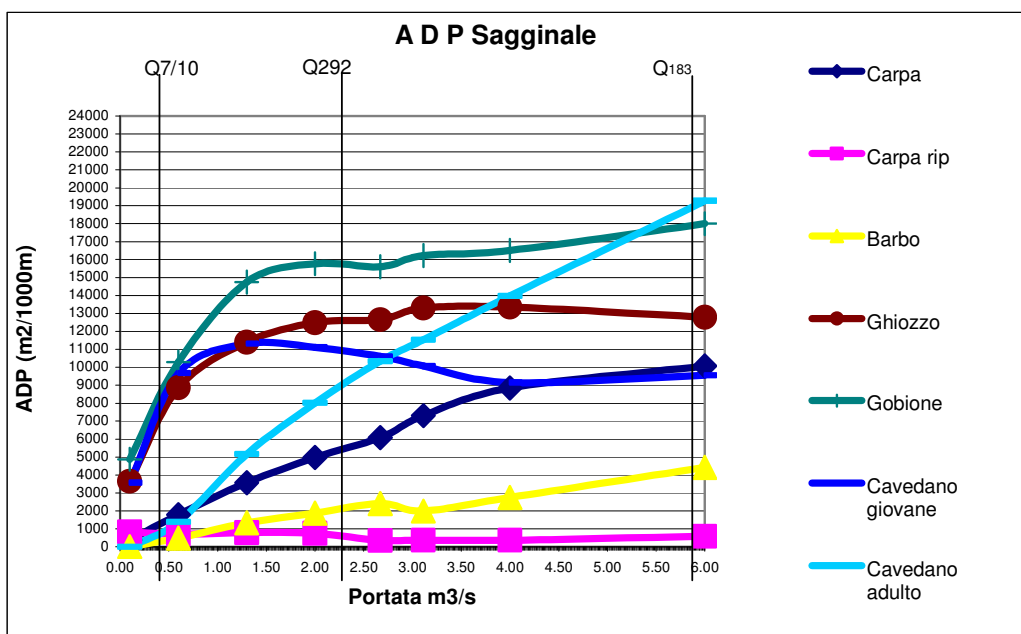


Grafico 15.Valori di ADP nella stazione Sagginale

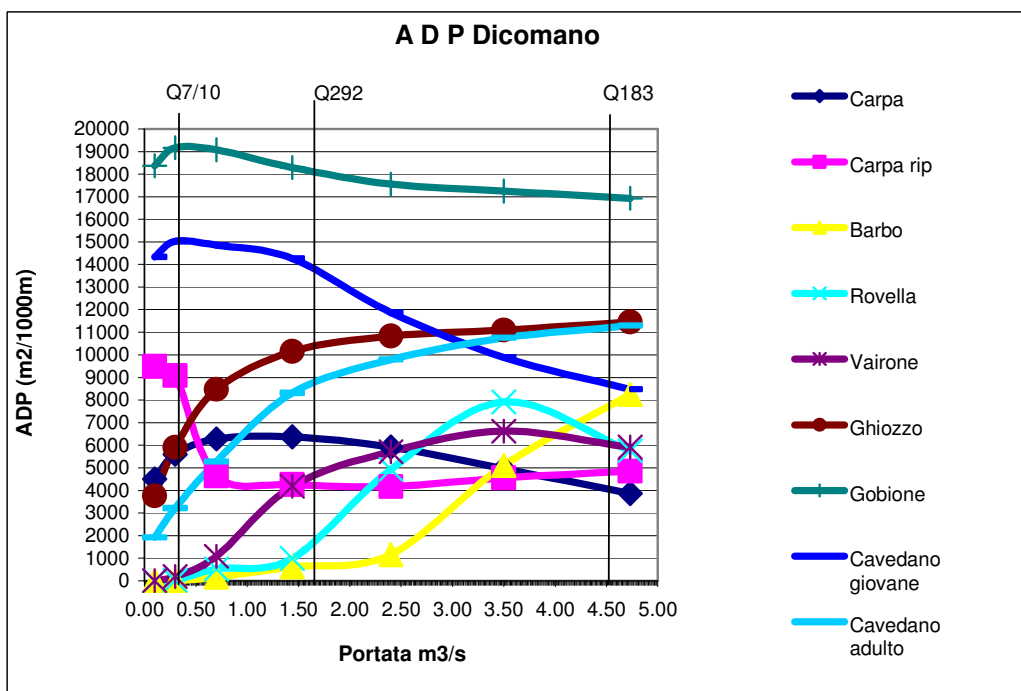


Grafico 16.Valori di ADP nella stazione Dicomano

Nella stazione di **Scopeti** la portata Q_{292} determina valori di ADP discreti per quasi tutte le specie analizzate (Graf. 17), mentre valori di portata intorno a Q_{183} garantiscono valori ottimali di ADP per tutte le specie ittiche considerate ad eccezione della carpa in fase riproduttiva che presenta condizioni ottimali per valori di portata prossimi alla $Q_{7/10}$).

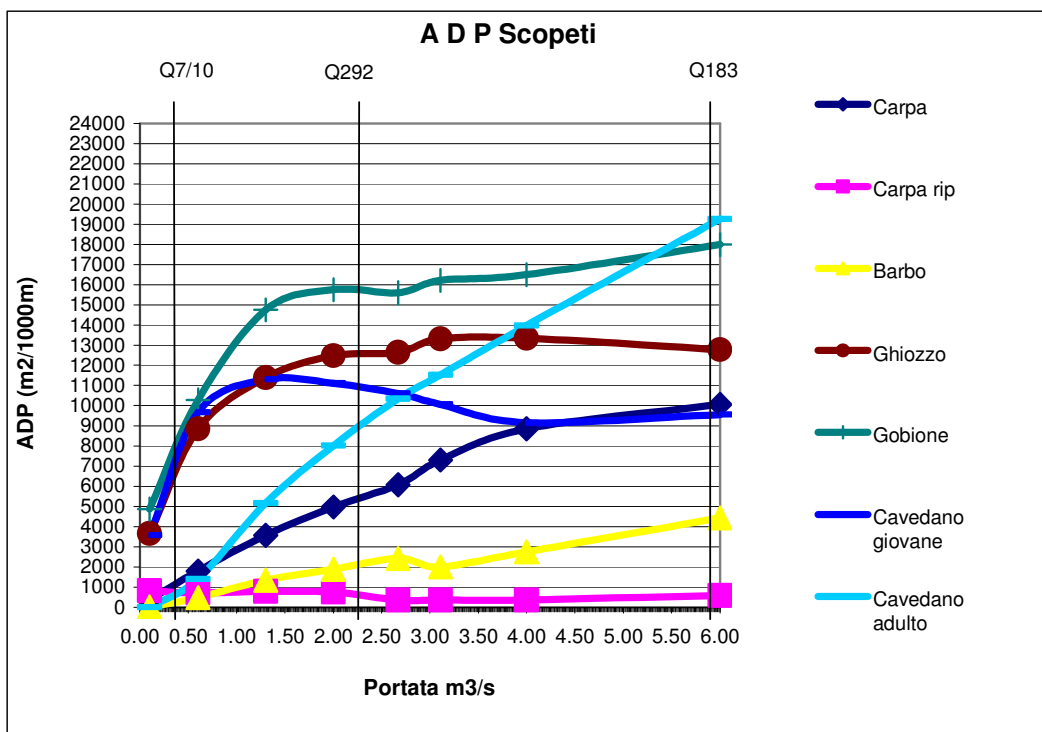


Grafico 17.Valori di ADP nella stazione Scopeti

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	STAZIONE 1 - Campeggio Mugello Verde												
2	Valori di ADP ottimale relativa a Q7/10, Q292 e Q183 per le specie campionate												
3	Valori di ADP in percentuale rispetto a Q7/10, Q292 e Q183 per le specie campionate												
4		Barbo adulto	Rovella adulto	Vairone adulto	Ghioczo adulto	Gobione adulto	Cavedano giovane	Cavedano adulto	Trota fario avannotto	Trota fario giovane	Trota fario adulto	Trota fario riprod.	
5	ADP Ottimale (m³/1000)	4377.54	4698.51	4285.57	8225.52	7900.93	6435.03	2766.7	3838.32	4525.93	3579.93	9418.62	
6	Portata (m³/s) per ADP ottimale (100%)	1.98	1.54	1.54	1.54	0.73	0.4	1.98	1.12	1.54	1.98	1.54	
7													
8	Q(m³/s)	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	
9	0.03	0.00	0.00	0.00	2095.81	5041.9	3491.50	70.22	291.59	825.11	3142	134.56	
10	0.07	0.93	24.61	9.50	3218.02	5890.04	4476.78	107.60	608.15	1305.44	63.52	582.64	
11	0.15	26.07	362.60	186.30	4643.60	6829.56	5518.01	219.20	1196.51	2018.39	167.79	1591.48	
12	0.30	324.03	1058.44	1014.54	6335.43	7700.06	6318.59	476.39	2242.45	2911.23	425.97	3492.65	
13	0.40	618.05	1569.16	1713.32	6825.83	7752.13	6435.03	660.19	2774.96	3353.37	672.85	4811.37	
14	0.73	1372.74	3179.57	3418.83	7674.45	7900.93	5710.82	1272.54	3724.62	4138.02	1504.98	7678.28	
15	1.12	2441.70	4638.54	4209.73	8104.42	7890.25	4247.18	1854.79	3838.32	4499.63	2398.01	9097.88	
16	1.20	2618.91	4727.33	4278.51	8142.83	7872.19	3983.79	1961.51	3789.28	4533.35	2537.18	9216.45	
17	1.54	3537.41	4698.51	4285.57	8225.52	7738.12	3110.45	2358.43	3411.23	4525.93	3079.90	9418.62	
18	1.98	4377.54	4184.08	4088.64	8157.89	7559.21	2360.41	2766.70	3062.46	4387.09	3579.93	9376.06	
19	Q(m³/s)	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	
20	0.03	0.00	0.00	0.00	25.48	63.81	54.26	2.54	7.60	18.23	0.88	1.43	
21	Q7/10 (0.0651)	0.02	0.52	0.22	39.12	74.55	69.57	3.89	15.84	28.84	1.77	6.19	
22	0.15	0.60	7.72	4.35	56.45	86.44	85.75	7.92	31.17	44.60	4.69	16.90	
23	Q292 (0.2999)	7.40	22.53	23.67	77.02	97.46	98.19	17.22	58.42	64.32	11.90	37.08	
24	0.40	14.12	33.40	39.98	82.98	98.12	100.00	23.86	72.30	74.09	18.80	51.08	
25	0.73	31.36	67.67	79.78	93.30	100.00	88.75	45.99	97.04	91.43	42.04	81.52	
26	1.12	55.78	98.72	98.23	98.53	99.86	66.00	67.04	100.00	99.42	66.98	96.59	
27	Q183 (1.1955)	59.83	100.61	99.84	98.99	99.64	61.91	70.90	98.72	100.16	70.87	97.85	
28	1.54	80.81	100.00	100.00	100.00	97.34	48.34	85.24	88.87	100.00	86.03	100.00	
29	1.98	100.00	89.05	95.40	99.18	95.67	36.68	100.00	79.79	96.93	100.00	99.55	
30													

Tabella 11. Valori di ADP ottimale, relativa a Q7/10, a Q292 e Q183 per le specie campionate nella stazione Campeggio Mugello Verde

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	STAZIONE 2 - Sagginale								
2	Valori di ADP ottimale relativa a Q7/10, Q292 e Q183 per le specie campionate								
3	Valori di ADP in percentuale rispetto a Q7/10, Q292 e Q183 per le specie campionate								
4		Barbo adulto	Rovella adulto	Vairone adulto	Ghioczo adulto	Gobione adulto	Cavedano giovane	Cavedano adulto	
5	ADP Ottimale	3204.14	4051.62	3026.79	10274.13	12036.11	3542.81	8550.54	
6	Portata (m³/s) per ADP ottimale	1.48	1.12	1.48	3.02	1.48	0.40	4.20	
7									
8	Q(m³/s)	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	
9	0.05	0.00	0.00	0.00	2471.92	10428.80	8071.91	837.63	
10	0.18	0.00	0.00	156.54	4627.83	11262.78	8951.21	1304.45	
11	0.40	25.53	506.29	1092.43	6208.70	12027.76	9542.81	2058.13	
12	0.85	1536.37	3647.66	2543.25	7584.67	11872.20	7898.26	3847.38	
13	1.12	2549.27	4051.62	2752.19	8972.51	11579.93	7159.70	4806.91	
14	1.48	3204.14	1726.23	3026.79	8115.08	12036.11	6435.64	5706.07	
15	2.30	1274.34	1043.70	1870.47	8152.35	11810.89	5977.84	6721.17	
16	3.02	1974.45	1557.00	1580.22	10274.13	11082.63	4641.99	7571.87	
17	3.22	595.59	1532.60	1299.98	9638.54	11139.30	5093.26	7727.29	
18	4.20	706.34	1926.44	1031.62	10110.56	12829.27	5357.73	8550.54	
19	Q(m³/s)	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	
20	0.05	0.00	0.00	0.00	24.06	86.65	84.59	9.80	
21	Q7/10 (0.1849)	0.00	0.00	5.17	45.04	93.57	93.80	15.26	
22	0.40	0.80	12.50	36.09	60.43	99.93	100.00	24.07	
23	0.85	47.95	90.03	84.02	73.82	98.64	82.77	45.00	
24	Q292 (1.1239)	79.56	100.00	90.93	87.33	96.21	75.03	56.22	
25	1.48	100.00	42.61	100.00	78.99	100.00	67.44	66.73	
26	2.30	39.77	25.76	61.80	79.35	98.13	62.64	78.61	
27	Q183 (3.0167)	61.62	38.43	52.21	100.00	92.08	48.64	88.55	
28	3.22	18.59	37.83	42.95	93.81	92.55	53.37	90.37	
29	4.20	22.04	47.55	34.08	98.41	106.59	56.14	100.00	
30									

Tabella 12. Valori di ADP ottimale, relativa a Q7/10, a Q292 e Q183 per le specie campionate nella stazione Sagginale

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	STAZIONE 3 - Dicomano										
2	Valori di ADP ottimale relativa a Q _{7/10} , Q ₂₉₂ e Q ₁₈₃ per le specie campionate										
3	Valori di ADP in percentuale rispetto a Q _{7/10} , Q ₂₉₂ e Q ₁₈₃ per le specie campionate										
4		Carpa adulto	Carpa riproduttiva	Barbo adulto	Rovella adulto	Vairone adulto	Ghioczo adulto	Gobione adulto	Cavedano giovane	Cavedano adulto	
5	ADP Ottimale	6372.79	9487.44	8248.34	9556.98	9085.74	12136.54	19167.79	15035.74	11585.01	
6	Portata (m3/s) per ADP ottimale	1.44	0.1	4.73	4.50	4.50	1.70	0.30	0.30	4.50	
7											
8	Q(m3/s)	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	
9	0.10	4498.32	9487.44	0.00	0.00	1.38	3754.62	18378.57	14331.23	1917.36	
10	0.30	5594.47	9092.02	0.62	11.75	184.58	5904.47	19167.79	15035.74	3214.84	
11	0.70	6280.28	4637.75	158.13	524.67	1084.41	8477.87	19079.38	14861.71	5277.21	
12	1.44	6372.79	4268.63	619.35	985.41	4181.71	10159.29	18293.32	14266.45	8314.99	
13	1.70	6286.26	1742.24	209.73	1883.18	5889.76	12136.54	17602.10	14307.67	9277.09	
14	2.40	5915.99	4173.60	1157.06	4924.19	5720.23	10833.94	17562.71	11877.98	9787.09	
15	3.50	4953.09	4562.27	5106.39	7911.81	6623.03	11093.68	17253.44	9890.94	10747.98	
16	4.50	3990.06	117.06	7808.03	9556.98	9085.74	14082.06	15933.90	7630.22	11585.01	
17	4.73	3863.46	4849.17	8248.34	5754.67	5919.08	11453.79	16937.68	8473.05	11303.32	
18	Q(m3/s)	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	
19	0.10	70.53	100.00	0.00	0.00	0.02	30.94	95.88	95.31	16.55	
20	Q7/10 (0.2947)	87.79	95.83	0.01	0.12	2.03	48.65	100.00	100.00	27.75	
21	0.70	98.55	48.88	1.92	5.49	11.94	69.85	99.54	98.84	45.55	
22	1.44	100.00	44.99	7.51	10.31	46.02	83.71	95.44	94.88	71.77	
23	Q292 (1.7279)	98.64	18.36	2.54	19.70	64.82	100.00	91.83	95.16	80.08	
24	2.40	92.83	43.99	14.03	51.52	62.96	89.27	91.63	79.00	84.48	
25	3.50	77.72	48.09	61.91	82.79	72.89	91.41	90.01	65.78	92.77	
26	Q183 (4.5191)	62.61	1.23	94.66	100.00	100.00	116.03	83.13	50.75	100.00	
27	4.73	60.62	51.11	100.00	60.21	65.15	94.37	88.37	56.35	97.57	
28											

Tabella 13. Valori di ADP ottimale, relativa a Q_{7/10}, a Q₂₉₂ e Q₁₈₃ per le specie campionate nella stazione Dicomano

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	STAZIONE 4 - Scopeti								
2	Valori di ADP ottimale relativa a Q _{7/10} , Q ₂₉₂ e Q ₁₈₃ per le specie campionate								
3	Valori di ADP in percentuale rispetto a Q _{7/10} , Q ₂₉₂ e Q ₁₈₃ per le specie campionate								
4		Carpa adulto	Carpa riproduttiva	Barbo adulto	Ghioczo adulto	Gobione adulto	Cavedano giovane	Cavedano adulto	
5	ADP Ottimale (m³/1000)	10068.27	6042.65	5699.30	13353.33	17993.45	11304.86	19271.46	
6	Portata (m3/s) per ADP ottimale	6.00	0.40	5.90	4.00	1.48	1.30	6.00	
7									
8	Q(m3/s)	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	ADP	
9	0.10	389.67	826.82	18.54	3653.28	4872.24	3565.84	4.97	
10	0.40	6245.22	6042.65	23.16	4277.13	14965.59	10143.44	4249.99	
11	0.60	1797.79	703.77	479.70	8862.05	10288.88	9672.97	1398.95	
12	1.30	3566.99	794.71	1337.98	11397.62	14749.40	11304.86	5164.05	
13	2.00	4978.39	747.45	1883.53	12483.80	15763.51	11113.25	8018.49	
14	2.30	6219.33	2275.34	1885.33	11670.07	15740.29	10859.11	9670.70	
15	2.67	6076.88	358.50	2421.07	12652.11	15599.63	10603.32	10346.42	
16	3.11	7307.54	360.43	1996.76	13314.79	16225.06	10065.13	11533.92	
17	4.00	8857.26	365.59	2744.58	13353.33	16502.80	9150.67	13983.89	
18	5.90	5620.89	130.30	5699.30	11949.84	15716.54	8631.75	16001.82	
19	6.00	10068.27	584.86	4428.92	12787.16	17993.45	9558.56	19271.46	
20	Q(m3/s)	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	%ADP	
21	0.10	3.87	13.68	0.33	27.36	27.08	31.54	0.03	
22	Q7/10 (0.3952)	62.03	100.00	0.41	32.03	83.17	89.73	22.05	
23	0.60	17.86	11.65	8.42	66.37	57.18	85.56	7.26	
24	1.30	35.43	13.15	23.47	85.35	81.97	100.00	26.80	
25	2.00	49.45	12.37	33.04	93.49	87.61	98.31	41.61	
26	Q292 (2.2527)	61.77	37.65	32.73	87.39	87.48	96.06	50.18	
27	2.67	60.36	5.93	42.48	94.75	86.70	93.79	53.69	
28	3.11	72.58	5.96	35.03	99.71	90.17	89.03	59.85	
29	4.00	87.97	6.05	48.15	100.00	91.72	80.94	72.56	
30	Q183 (5.8798)	55.83	2.16	100.00	89.49	87.35	76.35	83.03	
31	6.00	100.00	9.68	77.70	95.76	100.00	84.55	100.00	
32									

Tabella 14. Valori di ADP ottimale, relativa a Q_{7/10}, a Q₂₉₂ e Q₁₈₃ per le specie campionate nella stazione Sagginale



Assessorato Agricoltura
Caccia e Pesca



Museo di Storia Naturale



Autorità di bacino
del Fiume Arno

5 CONCLUSIONI

Le portate che garantirebbero valori ottimali o comunque buoni di ADP cioè intorno al 75% del suo valore ottimale (Garcia de Jalón, 2003) in tutte e quattro le stazioni analizzate sono essenzialmente due: Q_{292} e Q_{183} . In particolare il primo valore di portata, Q_{292} garantirebbe valori ottimali di ADP nelle stazioni di Sagginale e Dicomano, mentre il secondo valore Q_{183} , garantirebbe condizioni ottimali nelle stazioni Campeggio Mugello Verde e Scopeti.

La necessità di salvaguardare in primo luogo le specie protette, come il Barbo o il Vairone, protette dalla legge regionale 56/2000, impone una attenta valutazione sui valori di portata che garantirebbero sia la creazione di habitat idonei ed estesi per tali specie protette, sia la sopravvivenza delle altre specie presenti nel Fiume Sieve.

E' importante sottolineare che i valori proposti sono da intendersi come minimo durante tutto il corso dell'anno poichè accentuate magre invernali come quelle che si riscontrano ora sul Fiume Sieve incidono anch'esse sul ciclo biologico delle specie che in esso vivono. Per garantire i normali cicli biologici della fauna ittica occorrerebbe inoltre una certa stagionalità delle portate, stravolta rispetto al suo naturale andamento.

Gli affluenti rivestono un ruolo fondamentale nell'andamento idrico stagionale del Fiume Sieve. Se durante il periodo che va dall'autunno alla primavera garantiscono un costante apporto idrico, nel periodo estivo quest'ultimo è decisamente più basso, tanto che l'acqua rilasciata dall'invaso garantisce il maggior apporto idrico per il fiume. Proprio durante il periodo estivo il rilascio di portate pari al Q_{183} , che consentirebbero alla maggior parte della fauna ittica della stazione Campeggio Mugello Verde buoni valori di idoneità, non avrebbe lo stesso impatto sui valori di ADP nelle stazione a valle, le quali avrebbero una portata più vicina alla Q_{292} che non alla Q_{183} . Tali condizioni consentirebbero comunque la sopravvivenza della fauna ittica presente, ma ne limiterebbero una più ampia espansione, in termini di grandezza di popolazione.

Restano comunque le problematiche legate alla temperatura dell'acqua, con continue variazioni soprattutto nel periodo primaverile ed estivo, causate dai diversi punti di pescaggio e alle drastiche variazioni di portata che si riscontrano durante tutto l'anno, modificando quello che dovrebbe essere il normale andamento idrico in relazione alle varie stagioni.

Una esclusiva attenzione ai valori di portata, senza un'attenta valutazione degli altri parametri fisico-ambientali caratterizzanti un corso d'acqua, come appunto la temperatura o la qualità dell'acqua, sarebbe fuorviante per una corretta gestione, protezione e salvaguardia di un intero sistema fluviale, quale quello del Fiume Sieve, modificato profondamente dall'azione dell'uomo.

6 ESTENSIONE DEL PROGETTO ALL'INTERO BACINO DEL FIUME ARNO

Un altro importante obiettivo dello studio oggetto del presente programma comune è l'estensione della determinazione del DMV calcolato su base biologica al Bacino del Fiume Arno, per i corsi d'acqua superficiali di ordine 0 e 1 come supporto decisionale per l'Autorità di Bacino del Fiume Arno (AdB).

Basandosi sui risultati ottenuti grazie al "Progetto pilota per la determinazione e verifica del Deflusso Minimo Vitale su base biologica per l'asta del Fiume di Sieve - (*BioDeMiV*)", e utilizzando le informazioni già presenti relative alle sezioni idrologiche sui corsi d'acqua interessati e le nuove informazioni che si intende acquisire nel corso di questo progetto, ai dati sulle caratteristiche biologiche (in particolare sulla fauna ittica) del bacino idrografico, sia esistente che potenziale, e avvalendosi dei medesimi presupposti tecnico-scientifici verranno forniti dati tali da poter essere utilizzati nella determinazione del DMV per tutti i principali corsi.

Saranno identificate una o più specie per ogni tratto del corso d'acqua le cui caratteristiche ambientali possono essere considerate nell'ambito di un'area ecologicamente adatta alle esigenze della specie stessa. Una volta identificate tali entità faunistiche si procederà all'acquisizione delle curve d'idoneità, sia su base bibliografica che empirica, necessarie al calcolo del DMV su base biologica. Elaborazione dei dati relativi alle sezioni idrografiche esistenti, da cui si possano ottenere le informazioni necessarie alle relazioni fra portata, larghezza, profondità dell'alveo, per le sezioni idrografiche disponibili e il rilevamento dati relativo all'integrazione delle sezioni idrografiche con misure di portata eseguite in corrispondenza dei principali corsi del Bacino del Fiume Arno (Greve, Pesa, Elsa, Bisenzio, Ombrone, Arno) offriranno la possibilità di ampliare l'attuale copertura in aree geograficamente vicine, ma con caratteristiche morfologiche differenti.

I valori ottenuti del DMV nel presente progetto per i diversi tronchi fluviali interessati dalle osservazioni e le corrispondenti caratteristiche ambientali, morfologiche, eco-idrauliche e di fruizione, messi in relazione con le portate caratteristiche $Q_{7/10}$, Q_{292} e Q_{183} , forniranno gli elementi essenziali per la regionalizzazione del DMV.



Assessorato Agricoltura
Caccia e Pesca



Museo di Storia Naturale



Autorità di bacino
del Fiume Arno

7 BIBLIOGRAFIA

- ◆ Auteri R., Abella A., Baino R., Righini P., Serena F., Silvestri R., Voliani A., Zucchi A., 1995. Gestione della fauna ittica. Carta ittica regionale. I.S.T.I.P., Prov. Livorno e Regione Toscana, vol. VII, [IV]+147 pp, 2 cartine fuori testo.
- ◆ Bovee, K.D., 1997. Data collection procedures for the physical habitat simulation system. U.S. Geological Survey Biological Resources Division Mid-Continent Ecological Science Center Fort Collins, Colorado 80525;. 146 pp.
- ◆ Bovee, K.D., B.L. Lamb, J.M. Bartholow, C.D. Stalnaker, J. Taylor, and J. Henriksen., 1998. Stream habitat analysis using the Instream Flow Incremental Methodology. U.S. Geological Survey, Biological Resources Division, Information and Technical Report USGS/BRD-1998-2004; 130 pp.
- ◆ García de Jalón D., 2003. The Spanish Experience in Determining Minimum Flow Regimes in Regular Streams. Canadian Water resources Journal, vol.28, n°2; 185-198 pp.
- ◆ Hayne, D. W., 1949. Calculation of size of home range. J. Mamm. 30: 1-18 pp.
- ◆ La Porta G., Lorenzoni M., Mearelli M., Giovinazzo G., Carosi A., Carletti S., Doerr M., (anno di pubblicazione sconosciuto). Gestione dei deflussi minimi vitali nella rete dei corsi d'acqua della Provincia di Perugia. Università degli Studi di Perugia Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia. 139 pp.
- ◆ Lamouroux N. and Capra, H. 2002. Simple predictions of instream habitat model outputs for target fish populations. Freshwater Biology 47 1545 pp.
- ◆ Milhous RT, Updike MA, Schneider DM, 1989. Physical habitat simulation system reference manual - version 2. Instream Flow Information Paper 26. U.S.D.I. Fish Wildl. Serv. Biol. Rep. 89(16).
- ◆ Morhardt, J.E., C.F. Mesick. 1988. Behavioral Carrying Capacity as a Possible Short-Term Response Variable [for determining instream flow]. Hydro Review 7(2): 32-40 pp.
- ◆ Nelli L., Radi M., Castellani A., Leonzio C., 1998. Sulla endemicità di *Salmo trutta* L. nella toscana meridionale. Atti Società toscana Scienze Naturali. Mem. Serie B, 105: 73-81 pp.

- ◆ Nocita A., 2002. Carta Ittica della Provincia di Firenze. Assessorato Agricoltura, Caccia e Pesca, Provincia di Firenze, [6], 254 pp.
- ◆ Orth D.J., Leonard P.M., 1990. Comparison of discharge methods and habitat optimization for recommending instream flows to protect fish habitat. *Regulated Rivers: Research and Management* 5(2): 129-138 pp.
- ◆ Raleigh R.F., Zuckermann L.D., Nelson P.C., 1986. Habitat suitability index models and instream flow suitability curves: Brown trout, revised. U.S. Fish Wildl. Serv. Biol. Rep. 82(10.124). 36-43 pp.
- ◆ Rambaldi A., Rizzoli M., Venturini L., 1997. La valutazione delle portate minime per la vita acquatica sul Fiume Savio nei pressi di Cesena (F0). *Acqua Aria*, 99-104 pp.
- ◆ Stalnaker C., Lamb B.L., Henriksen J., Bovee K., Bartholow J., 1995. The instream flow incremental methodology: a primer for IFIM. National Ecology Research Centre, Internal. Publication. U.S. Department of the Interior, National Biological Service, Fort Collins, Colorado: 43 pp.
- ◆ Strakosh T. R., R. M. Neumann, and R. A. Jacobson. 2003. Development and assessment of habitat suitability criteria for adult brown trout in southern New England rivers. *Ecology of Freshwater Fish* 12: 265-274 pp.
- ◆ Thomas and Bovee K.D., 1993. Application and testing of a procedure to evaluate transferability of habitat suitability criteria. *Regulated Rivers Research and Management* 8(3): 285-294 pp.
- ◆ Vismara R, Azzellino A, Bosi R, Crosa G, Gentili G., 2001. Habitat suitability curves for brown trout (*Salmo trutta fario* L.) in the River Adda, northern Italy: comparing univariate and multivariate approaches. *Regul. Rivers: Res. Mgmt.* 17: 37-50 pp.
- ◆ Waddle, T.J., 2001, PHABSIM for Windows: User's Manual and Exercises: Fort Collins, CO, U.S. Geological Survey, 288 pp.
- ◆ Zippin C., 1958. The removal method of population estimation. *J. Wildl. Mgmt* 22: 82-90 pp.

8 RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia vivamente il Dott. Enrico Pini Prato e il Dott. Sebastian Schweizer del Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale dell'Università degli Studi di Firenze per i preziosi consigli e l'aiuto nel rilevamento dati sul campo.

Si ringrazia il Corpo di Polizia Provinciale di Firenze che ha messo a disposizione uomini e mezzi per realizzare le catture di fauna ittica nelle stazioni poste sul Fiume Sieve.



Assessorato Agricoltura
Caccia e Pesca



Museo di Storia Naturale



Autorità di bacino
del Fiume Arno