

INDAGINI SULL'HABITAT DI *SALMO MARMORATUS* (CUVIER, 1829) IN UN TRATTO DEL FIUME BRENTA (NORDEST ITALIA)

ANALYSES OF THE HABITAT OF *SALMO MARMORATUS* (CUVIER, 1829) WITHIN A BRENTA RIVER STRETCH (NORTHEAST ITALY)

TENCI MARIA VITTORIA¹, FRANZ FILIPPO¹, SALVIATI STEFANO², MAIO GIUSEPPE², BERTOLI MARCO¹, PIZZUL ELISABETTA^{1*}

1. Dipartimento di Scienze della Vita, Università degli Studi di Trieste, Via Giorgieri 10, 34127 Trieste, Italia, *corresponding author: pizzul@units.it, 040 5588830
2. Aquaprogram srl, Via Luca Della Robbia 48, 36100 Vicenza, Italia

Parole chiave: trota marmorata, habitat disponibile, stato ecologico, impatti antropici

Keywords: marble trout, habitat availability, ecological status, anthropogenic impacts

Riassunto

Il presente lavoro ha avuto come obiettivo l'analisi della trota marmorata *Salmo marmoratus* in un tratto del Fiume Brenta in cui, nonostante le ripetute operazioni di ripopolamento, le popolazioni sono in costante contrazione. Le analisi, condotte tra ottobre 2016 e dicembre 2017 in tre sottotratti fluviali situati tra il confine tra la Regione Veneto e il Trentino Alto Adige e l'abitato di Cison del Grappa, hanno riguardato lo stato ecologico, la funzionalità fluviale e il comparto chimico-fisico delle acque e dei sedimenti. I risultati hanno evidenziato diverse criticità che compromettono la presenza di popolazioni ben strutturate di *Salmo marmoratus* nell'area. Tali criticità sono legate a fenomeni di inquinamento genetico, alterazione dell'habitat ed inquinamento delle acque. Sono stati osservati esemplari fenotipicamente puri di *Salmo marmoratus* (frequenze percentuali 4-25%) e ibridi di trota marmorata e trota fario *Salmo trutta*. Quest'ultima risulta diffusamente presente nei siti indagati. In rapporto alla superficie dell'alveo bagnato è stata osservata una bassa percentuale di habitat disponibili per la trota marmorata (0-21%), la quale compete per spazi e risorse con la trota fario. L'analisi dello stato ecologico ha denunciato un giudizio sufficiente per tutti i tratti indagati e la presenza di un'alterazione verosimilmente legata a squilibri di tipo trofico evidenziati dai risultati dell'applicazione dell'indice macrofitico RQE_IBMR e dall'analisi delle concentrazioni dei nutrienti in acqua. Ciò è correlabile ad una ridotta capacità autodepurativa del tratto indagato, emersa dall'applicazione dell'Indice di Funzionalità Fluviale e legata agli impatti antropici presenti.

Abstract

The marble trout *Salmo marmoratus* has been analyzed in a section of the Brenta River, where its populations show constant decrease despite many restocking operations carried out in the area. The study was carried out from October 2016 to December 2017 within three stream stretches placed from the border between Veneto and Trentino Alto Adige regions to the area near the Cison del Grappa town. Analyses regarded fish communities, habitat availability for *Salmo marmoratus*, ecological status, fluvial functionality and chemical-physical features. Results highlighted several critical issues for the presence of well-structured marble trout populations, such as hybridization with brown trout *Salmo trutta*, habitat alteration and water pollution. Within the investigated area, pure *Salmo marmoratus* specimens (frequencies equal

to 4-25%) and hybrids with *Salmo trutta* (5-27%) were observed. Brown trout was largely present in the area (8-60%). Available habitat ranged from 0 to 21% of the river bed for marble trout, which competes with brown trout for spaces and trophic resources. Ecological state analyses lead to a judgement equal to sufficient for all the stretches due to alteration of the trophic condition, which as highlighted by the macrophytic index RQE_IBMR and by the nutrient concentrations. This is probably related to a reduction of the river functionality, due to the anthropogenic impacts which were detected in the area.

Introduzione

La trota marmorata, *Salmo marmoratus* Cuvier, 1829, è un Salmonide d'acqua dolce endemico dell'Italia settentrionale, con popolazioni autoctone documentate nei bacini dei fiumi Po, Adige, Brenta, Tagliamento e Isonzo (Sommani, 1960; Forneris *et al.*, 1990; Giuffra *et al.*, 1996; Crivelli *et al.*, 2000; Turin, 2006; Vincenzi *et al.*, 2007; Pujolar, 2011; Lorenzoni *et al.*, 2012) e nei sistemi fluviali adriatici dei Balcani occidentali (Povž 1995; Povž *et al.* 1996; Crivelli *et al.* 2000; Fumagalli *et al.* 2002). *S. marmoratus* è oggetto di grande interesse conservazionistico (Vincenzi *et al.* 2012; Lorenzoni *et al.* 2012) ed è riportata nell'Allegato II della Direttiva Habitat 92/43/CEE, inclusa nella Lista Rossa Italiana delle specie in pericolo (Rondinini *et al.*, 2013) e considerata una delle specie ittiche dulciacquicole più a rischio nei fiumi afferenti al bacino dell'Adriatico (Povž *et al.* 1996; Crivelli *et al.* 2000). Molti autori hanno riportato una progressiva restrizione dell'areale di distribuzione originale di questo Salmonide (Sommani 1961; Tortonese 1967; Crivelli *et al.* 2000; Turin *et al.* 2006; Meraner *et al.* 2007; Meraner *et al.* 2008), le cui cause vanno ricercate nell'inquinamento genetico dovuto all'ibridazione con la trota fario *Salmo trutta* (Linnaeus, 1758) (Povž 1995; Berrebi *et al.* 2000; Delling *et al.* 2000; Zerunian, 2004; Turin *et al.*, 2006; Meraner *et al.* 2008; Meraner *et al.* 2010), nella competizione con specie salmonicole aliene quali la trota fario e la trota iridea, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (Vincenzi *et al.* 2011) e nell'alterazione degli habitat (Crivelli *et al.* 2000; Zerunian, 2004; Turin *et al.*, 2006; Chiesa *et al.* 2016). A queste criticità si aggiungono l'inquinamento delle acque (Zerunian, 2004; Turin *et al.*, 2006) e la pressione di pesca sportiva (Zerunian, 2004). Per questi motivi, a partire dagli anni '80 del secolo scorso, sono stati avviati diversi progetti di conservazione in tutto l'areale di distribuzione di *Salmo marmoratus* (Crivelli *et al.*, 2000; Specchi *et al.*, 2004; Vincenzi *et al.*, 2011), e sono stati effettuati diversi studi riguardanti la biologia e l'ecologia della specie (Povž *et al.* 1996; Delling *et al.* 2000; Meldgaard *et al.* 2007; Vincenzi *et al.* 2007a, b, 2008a, b, 2010a, b, 2011; Simičič *et al.* 2015; Marchi *et al.*, 2017) nonché gli aspetti genetici (Berrebi *et al.* 2000; Snoj *et al.* 2000; Fumagalli *et al.* 2002; Jug *et al.* 2005; Pustovrh *et al.* 2014; Sušnik Bajec *et al.* 2015).

Il fiume Brenta è uno dei principali corsi d'acqua del territorio alpino occidentale, ed è interessato da numerose fonti d'impatto di origine antropica, legate ad operazioni quali canalizzazioni, estrazioni di sedimento e costruzione di dighe, sbarramenti e argini; a ciò si aggiungono gli effetti indiretti dovuti a variazioni nell'utilizzo del suolo (Surian & Cisotto, 2007; Moretto *et al.*, 2014). Questi impatti hanno contribuito a modificare le caratteristiche naturali del fiume, con conseguenze sulle comunità biologiche presenti, tra cui quelle ittiche. A ciò si aggiungono gli effetti delle immissioni condotte per fini alieutici.

In questo contesto è stato ritenuto d'interesse effettuare il monitoraggio e l'analisi delle popolazioni di trota marmorata in un tratto del Fiume Brenta, incluso nella Rete Natura 2000, in cui, nonostante ripetute operazioni di ripopolamento attuate negli anni, le popolazioni mostrano un costante decremento. Lo scopo del presente lavoro è stato quello di valutare lo stato delle popolazioni di *Salmo marmoratus* in relazione ai seguenti aspetti: (i) lo stato delle comunità ittiche presenti, (ii) la disponibilità di habitat idonei a sostenere la specie nei diversi

stadi di sviluppo, (iii) lo stato ecologico del sistema fluviale e la disponibilità di risorse trofiche per la specie nonché (iv) la funzionalità fluviale.

Materiali e metodi

Area di studio

Il presente lavoro è stato condotto in un tratto del Fiume Brenta collocato in Valsugana (Figura 1), nella parte Nordoccidentale della provincia di Vicenza e situato all'interno del SIC IT3220007 “Fiume Brenta dal confine Trentino a Cismon del Grappa”. Il tratto corrisponde ad un corpo idrico a scorrimento superficiale di dimensioni medie (25-75 km dalla sorgente, codice tipo: 02SS3T), di lunghezza pari a 8,6 km, e identificato dal codice 156_35.

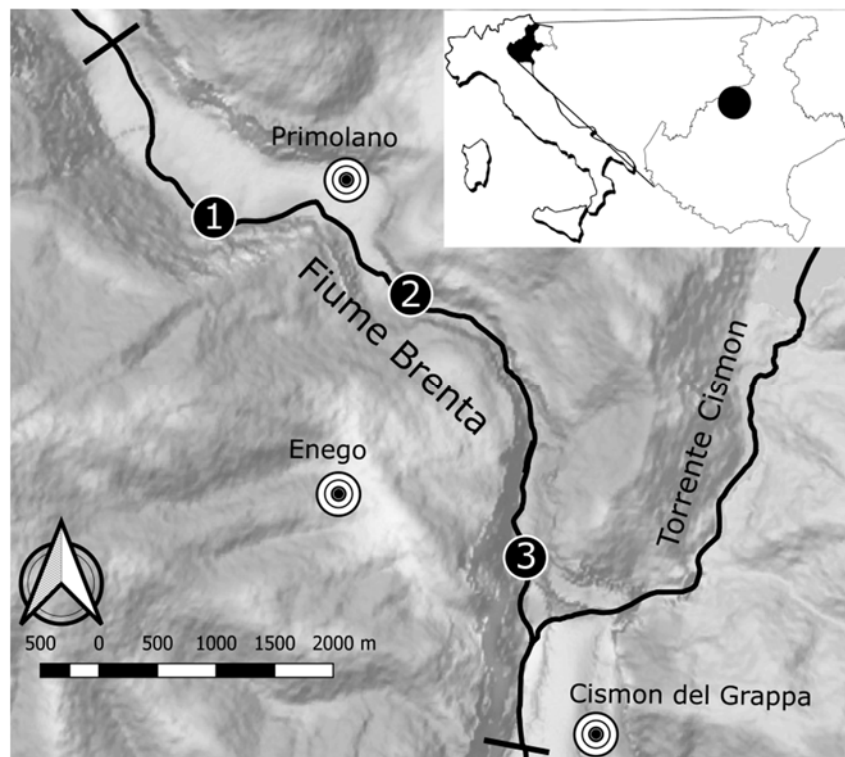


Figura 1. Area di studio e stazioni di campionamento (St. 1: 45°57'41,60" N, 11°41'29,60" E; St. 2: 45°57'18,42" N, 11°42'46,50" E; St. 3: 45°56'04,44" N, 11°43'30,42" E). Le barre trasversali al corso del Fiume Brenta indicano i limiti del corpo idrico 156_35 in cui è stato svolto il presente lavoro.

Il corpo idrico è delimitato a monte da uno sbarramento in corrispondenza della località Pianello, il quale devia parte della portata del fiume ($13 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, pari a 13000 l s^{-1}) per alimentare una centrale idroelettrica in località Collicello. La portata del deflusso minimo vitale (DMV) che transita per buona parte dell'anno è pari a $2.2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Domeneghetti *et al.*, 2010). Il limite inferiore del corpo idrico è costituito da un altro sbarramento, sito in località Collicello, che alimenta una centrale posta più a valle. Tra gli impatti presenti nell'area, vi sono coltivi e rade attività estrattive. Di particolare importanza è inoltre la presenza della Strada Statale 47 della Valsugana, che corre parallelamente al Fiume Brenta per buona parte della lunghezza del corpo idrico. Le attività di gestione ittica nel tratto indagato sono coordinate dall'Associazione Bacino Fiume Brenta. Nell'area è presente una “zona di ripopolamento” situata in prossimità del limite superiore del corpo idrico (immediatamente a valle della traversa in località Pianello) e a valle

di questa è presente una “zona trofeo”, che si estende nei comuni di Cison del Grappa ed Enego fino alla confluenza con il torrente Cisonon (www.bacinofiumebrenta.it). Vengono condotti ripopolamenti di trota marmorata per mezzo dell’introduzione di uova, avannotti e adulti. Parallelamente sono stati introdotti adulti e novellame di trota fario e trota iridea per fini alieutici (Tabella I).

Tabella I. Dati relativi ai ripopolamenti condotti nell’asta del Fiume Brenta nel corso degli anni 2015, 2016 e 2017, riportati dall’Associazione Bacino Fiume Brenta (www.bacinofiumebrenta.it).

	2015	2016	2017
<i>Oncorhynchus mykiss</i> - adulti (kg)	18275	17900	15588
<i>Oncorhynchus mykiss</i> - novellame (n)	64200	61450	73000
<i>Salmo trutta</i> - adulti sterili (kg)	2300	1650	3550
<i>Salmo trutta</i> - novellame sterile (n)	23300	100000	83000
<i>Salmo marmoratus</i> - adulta (kg)	0	239	1445
<i>Salmo marmoratus</i> - novellame (n)	51260	65500	4250
<i>Salmo marmoratus</i> - avannotti (n)	200000	174000	78300
<i>Salmo marmoratus</i> - uova (n)	0	0	320000
<i>Thymallus thymallus</i> (n)	0	2000	2000

All’interno del tratto considerato, sono stati identificati tre sottotratti, in cui sono state individuate tre stazioni di campionamento (Figura 1) secondo criteri di rappresentatività delle tipologie ambientali presenti all’interno del corpo idrico analizzato (raschi, buche, salti e tratti a diversa profondità e velocità di corrente) e dei diversi impatti. La stazione 1 è posta in un tratto a valle dello sbarramento sito in località Pianello. Il fiume scorre in prossimità della SS47 e fiancheggia la pista ciclopedonale del Brenta. Sono presenti dei muri di difesa spondale ed una cava in riva destra, mentre sulla sinistra del fiume sono presenti aree pianeggianti in cui trovano posto zone agricole. L’alveo denuncia la presenza di massi ciclopici inseriti verosimilmente a scopo di rinaturalizzazione o in veste di strutture di ritenzione trofica. Il substrato è prevalentemente composto da ghiaia e ciottoli. Il sito 2 è posto in un tratto che denuncia la presenza della SS47 della Valsugana in sponda sinistra, mentre lungo la sponda destra si trova la pista ciclopedonale del Brenta; sono presenti alcune aree prative di fondovalle in prossimità di una piccola frazione con case. Il tratto è delimitato su entrambe le sponde, dai muri di sostegno delle infrastrutture stradali, situati a pochi metri dall’alveo, costituito prevalentemente da massi e ciottoli con limitata presenza di ghiaia. Presso la stazione 3, il tratto denuncia la presenza della SS47 della Valsugana in prossimità della sponda sinistra, sostenuta da un muro di cemento e sita ad una decina di metri di distanza dal fiume. In prossimità della sponda destra si trovano alcuni edifici, aree parcheggio e una stradina carreggiabile. Nell’alveo vi sono soglie artificiali, pennelli e massi ciclopici. I substrati sono rappresentati prevalentemente da massi, ciottoli e ghiaia.

Campionamenti ittici

Nel corso del 2017 sono stati eseguiti tre campionamenti a carico della fauna ittica (16 gennaio, 26 luglio e 25 settembre) in ciascuno dei sottotratti selezionati, utilizzando un elettrostorditore a corrente continua pulsata e voltaggio modulabile. I prelievi sono stati effettuati seguendo le indicazioni riportate nel “Protocollo di campionamento e analisi della fauna Ittica dei Sistemi

Lotici Guadabili” (Macchio e Rossi, 2014), pubblicato da ISPRA, ai sensi del DM 260/2010. La lunghezza di ogni tratto di campionamento è stata determinata sulla base dell’ampiezza dell’alveo secondo quanto indicato da Forneris et al. (2006), ed è stato applicato il *removal method* con passaggi ripetuti (Seber e Le Cren, 1967; Seber, 1973), conducendo un’analisi quantitativa. Gli esemplari catturati sono stati stabulati in contenitori di dimensione adeguata a garantire l’ossigenazione e sono stati trattenuti per la determinazione tassonomica e per le misurazioni della lunghezza alla furca (mm) e del peso (g) (Ricker, 1975). La misura della lunghezza alla furca è stata utilizzata per ricavare l’età degli esemplari sulla base delle curve di accrescimento teorico riportate, per quest’area, nella Carta Ittica della Provincia di Vicenza (Salviati et al., 1997). A conclusione delle operazioni di campionamento gli esemplari sono stati rilasciati senza conseguenze per la vitalità.

Valutazione della disponibilità degli habitat

La disponibilità di habitat idonei a sostenere le popolazioni di *Salmo marmoratus* è stata condotta applicando il metodo MesoHABSIM (Veza et al., 2017), che permette di quantificare la disponibilità spazio-temporale di habitat per la fauna ittica a partire dalla mappatura e dalla caratterizzazione del mosaico di mesohabitat presenti lungo un corso d’acqua e definiti da unità morfologiche e relative sub-unità idrauliche (UMI) (Rinaldi et al., 2016). Per la definizione e la nomenclatura di dette unità sono state seguite le indicazioni riportate da Rinaldi et al., (2016) nel Manuale 132/2016 edito da ISPRA.

In totale, sono stati effettuati quattro rilievi in ognuno dei sottotratti individuati (date: 5/9/2017, 29/9/2017, 23/3/2018 e 18/5/2018), seguendo le indicazioni riportate da Veza et al. (2017) nel manuale tecnico-operativo 154 pubblicato da ISPRA. Per ciascun sottotratto sono state considerate sezioni del corso d’acqua di lunghezza pari a circa 350 m. Il perimetro delle UMI è stato definito tramite l’utilizzo di un telemetro laser e i punti acquisiti sono stati georiferiti simultaneamente su tablet da campo in ambiente QGIS, grazie alla comunicazione *Bluetooth* garantita dal *plugin* MapStream. Successivamente, in ciascuna UMI sono stati identificati dei punti rappresentativi di un’area di circa 1 m², in numero proporzionale all’area delle stesse UMI ($n=7-15$). I punti sono stati scelti mediante distribuzione random stratificata ed in ciascuno di essi è stato identificato il substrato dominante, è stata misurata la profondità (cm) mediante asta graduata ed è stata misurata la velocità della corrente (m s⁻¹) tramite correntometro ad elica. Tali misure sono state associate a ciascuna UMI sempre grazie al *plugin* MapStream. Ad ogni rilievo è stata effettuata una misura della portata attraverso una sezione trasversale dell’alveo. Il valore della sezione (m²) è stato ottenuto da misure di profondità effettuate tramite asta graduata e telemetro laser, utilizzato come distanziometro, su una serie di punti equidistanti lungo un transetto. Le misure a carico della velocità della corrente sono state effettuate mediante correntometro su ciascuno di detti punti equidistanti. I dati raccolti sono stati poi inseriti all’interno del software SimStream, disponibile anch’esso come *plugin* in ambiente QGIS. Tramite connessione di SimStream con un server remoto gestito da ISPRA, i dati sono stati inviati, controllati ed elaborati sulla base di modelli specie-specifici relativi alle specie target, *Salmo marmoratus*, oggetto della presente indagine. In aggiunta, sono stati considerati i modelli relativi a *Salmo trutta*, in virtù dell’impatto che tale specie ha sulla trota marmorata. Per entrambe le specie sono stati utilizzati modelli distinti per gli stadi giovanili e adulti. I dati sono stati elaborati avvalendosi di un software appositamente scritto in ambiente R. Il risultato dell’applicazione dei modelli disponibili fornisce un valore corrispondente alla probabilità di presenza o di abbondanza della specie target per ogni UMI. Se la probabilità di presenza è maggiore di 0,5 la UMI viene classificata come mesohabitat idoneo, se la probabilità di abbondanza è maggiore di 0,5 la UMI è classificata come mesohabitat ottimale. A titolo di

esempio, vengono riportati i modelli biologici relativi alla presenza di esemplari adulti e giovanili di *Salmo marmoratus* utilizzati per le elaborazioni (Figure 2 e 3) e presenti nei sistemi elaborativi di ISPRA, presso cui sono disponibili i restanti modelli utilizzati. I risultati dell'elaborazione, resi disponibili tramite download attraverso SimStream, hanno quindi permesso di ottenere (i) la valutazione dell'idoneità di habitat e (ii) e curve relative alla relazione habitat-portata per i tratti considerati, dove l'habitat è quantificato come percentuale dell'area bagnata dell'alveo e la portata in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$.

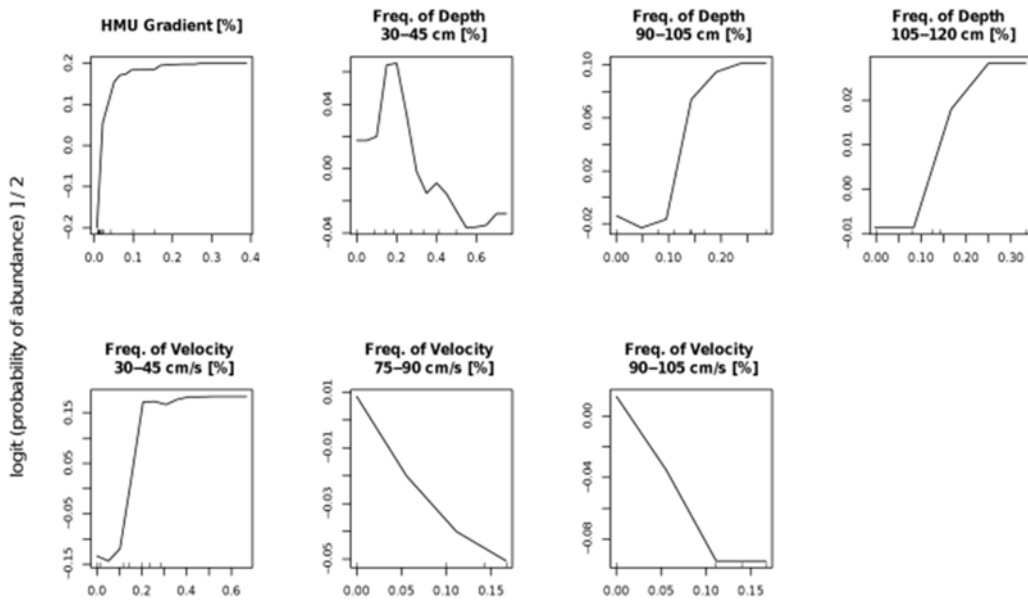


Figura 2. Modelli per la presenza degli individui adulti di trota marmorata utilizzati nel presente lavoro.

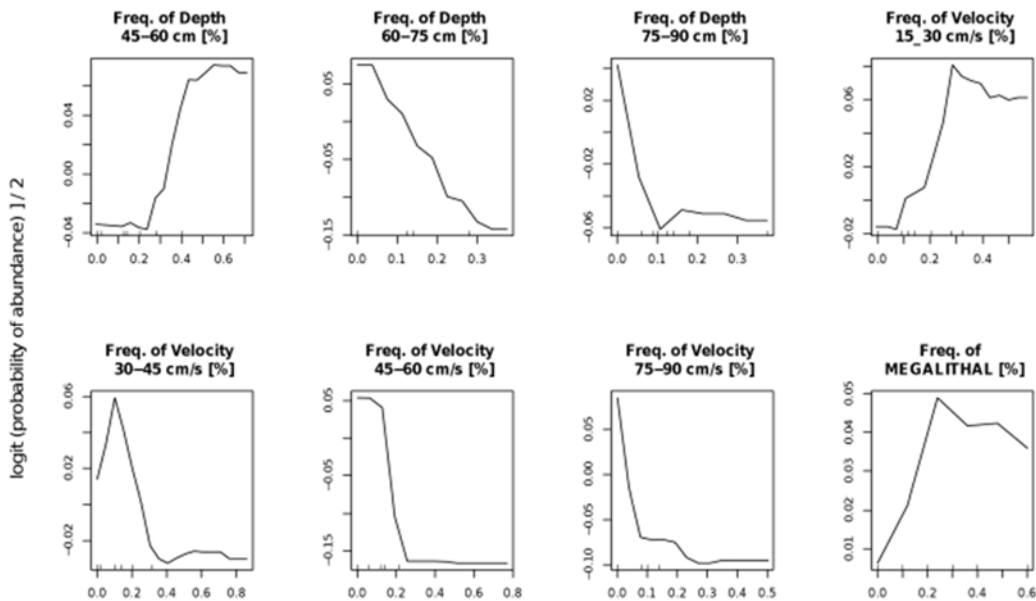


Figura 3. Modelli per la presenza degli individui giovanili di trota marmorata utilizzati nel presente lavoro.

Analisi dello stato ecologico e indagini chimico-fisiche

Nei tratti analizzati è stato valutato lo stato ecologico ai sensi del DM 260/2010. I dati ottenuti tramite i campionamenti della fauna ittica sopra descritti sono stati utilizzati per calcolare l'Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche (ISECI) (Zerunian *et al.*, 2009).

Nell'autunno 2016 (in data 11 ottobre) e nella primavera del 2017 (in data 31 maggio) sono stati condotti campionamenti a carico delle comunità macrozoobentoniche, seguendo le indicazioni riportate nel "Protocollo di campionamento e analisi dei macroinvertebrati bentonici per corsi d'acqua guadabili" (Buffagni *et al.*, 2014). I dati ottenuti sono stati utilizzati per il calcolo dell'indice STAR_ICMi (Buffagni & Erba, 2014) mediante il software MacOper.ICM (Buffagni & Belfiore, 2013) per entrambe le stagioni di campionamento. In aggiunta, allo scopo di approfondire l'analisi a carico dei macroinvertebrati bentonici, la determinazione tassonomica è stata spinta per tutti i taxa fino al livello di genere, oltre il livello richiesto per l'applicazione dell'indice (famiglia). Una volta ultimate le operazioni di riconoscimento tassonomico, ciascun taxon è stato assegnato ad un Gruppo Funzionale seguendo le modalità indicate da Ghetti (2001) e da Merritt & Cummins (2006).

In data 11 ottobre 2016 e 21 giugno 2017 sono stati condotti i campionamenti a carico della componente macrofitica, seguendo il "Protocollo di campionamento e analisi delle macrofite dei corsi d'acqua guadabili" (Minciardi *et al.*, 2014). I dati ottenuti sono stati utilizzati per calcolare l'indice IBMR (AFNOR, 2003) e l'RQE_IBMR per ogni stazione per le stagioni autunnale e primaverile.

In aggiunta alle analisi a carico delle comunità biologiche, da gennaio a dicembre 2017 sono stati monitorati i principali parametri chimico-fisici delle acque quali temperatura ($^{\circ}\text{C}$), conduttività ($\mu\text{S cm}^{-1}$), pH, e ossigeno disciolto (% di saturazione e mg l^{-1}). Le rilevazioni, condotte sempre alla medesima ora in tarda mattinata, sono avvenute con l'ausilio di strumenti portatili da campo. Inoltre, sono stati raccolti campioni di acqua posti in contenitori di plastica, che sono stati immediatamente refrigerati e trasportati in laboratorio, dove sono state effettuate misure, mediante uno spettrofotometro multi-parametro da banco, a carico dei principali nutrienti quali: nitrati ($\text{NO}_3\text{-N}$, mg l^{-1}), ammoniaca ($\text{NH}_4\text{-N}$, mg l^{-1}) fosforo totale (P, mg l^{-1}). Le misure sono state condotte mediante spettrofotometro da banco. I valori della percentuale di saturazione dell'ossigeno disciolto e delle concentrazioni di nitrati, ammoniaca e fosforo totale sono stati utilizzati per calcolare l'indice LIMeco (Livello di Inquinamento dai Macrodescriptors per lo Stato Ecologico), utilizzato per derivare la classe di qualità dei corpi idrici sulla base dei fattori chimico-fisici (DM 260/2010). Il calcolo è stato effettuato per ciascun mese in cui sono stati svolti i rilievi, e sono stati poi ricavati dei valori medi stagionali.

In aggiunta alle analisi appena descritte, in data 1/06/2017 e 19/07/2017 sono stati raccolti campioni di sedimento superficiale in alveo, i quali sono stati posti in contenitori di plastica refrigerati e portati presso i laboratori ECOCHEM Srl (Laboratori accreditati ACCREDIA). I campioni sono stati analizzati per indagare le concentrazioni di manganese (Mn, $\mu\text{g l}^{-1}$), piombo (Pb, $\mu\text{g l}^{-1}$), rame (Cu, $\mu\text{g l}^{-1}$) e zinco (Zn, mg l^{-1}). A tal fine sono stati seguiti i protocolli UNI EN ISO 17294-2:2005.

Indice di Funzionalità Fluviale (IFF)

Nei tre tratti analizzati è stato applicato l'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF), seguendo le indicazioni riportate da Siligardi *et al.* (2007). I rilievi sono stati condotti durante il giugno 2017, in periodo di attività vegetativa. A supporto delle osservazioni sul campo sono state impiegate carte tematiche relative all'uso del suolo e alla copertura vegetazionale e la CTR 1:5.000 (Geoportale IDT Regione Veneto, www.regione.veneto.it). Per ogni stazione è stato considerato un tratto di 100 metri, rispondente alle caratteristiche di omogeneità richieste dal

protocollo di lavoro e sovrapponibile ai tratti considerati per le analisi delle comunità ittiche, delle idoneità degli habitat, delle macrofite acquatiche e dei macroinvertebrati bentonici.

Risultati

Comunità ittiche

I campionamenti ittici effettuati hanno permesso il rinvenimento di 11 specie nel corpo idrico analizzato. Le composizioni delle comunità osservate nei tre eventi di campionamento per le tre stazioni in esame sono riportate in Figura 4. Nella stazione più a monte (stazione 1) la specie più abbondante è rappresentata dallo scazzone *Cottus gobio* (32-64%), seguita dall'alloctona trota fario *Salmo trutta* (8-28%). Gli esemplari con fenotipo caratteristico (puri) di *Salmo marmoratus* hanno frequenza percentuale pari al 4% nel solo mese di gennaio, mentre risultano assenti negli altri mesi. Durante le operazioni di campionamento sono stati identificati individui ibridi *S. marmoratus* x *S. trutta*, con frequenze comprese tra il 5% e il 26%. Da segnalare tra le specie alloctone catturate in gennaio anche la trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*) e il luccio (*Esox cisalpinus*), immessi come la trota fario per fini alieutici. In tutte le stazioni di monitoraggio è stata catturata la lampreda padana (*Lethenteron zanandreaei*), agnato endemico del distretto padano veneto inserito in allegato II e V della Direttiva Habitat 92/43/CE.

Nella stazione 2, la comunità ittica denuncia una minor biodiversità. La specie più abbondante è ancora lo scazzone (37-46%) mentre gli individui puri di trota marmorata sono presenti solo nel mese di luglio (15% della comunità osservata). Gli ibridi denunciano frequenze comprese tra il 16 ed il 27% e la trota fario tra il 23 ed il 31%; questa è l'unica specie alloctona segnalata nella stazione 2.

Nella stazione 3, la comunità vede la presenza di due specie alloctone: la trota fario (20-60% del campione) e, limitatamente al campionamento estivo, il persico reale (*Perca fluviatilis*). In questa stazione gli esemplari di *S. marmoratus* con fenotipo puro costituiscono tra il 5 ed il 25% della comunità, gli ibridi tra il 3 ed il 23%.

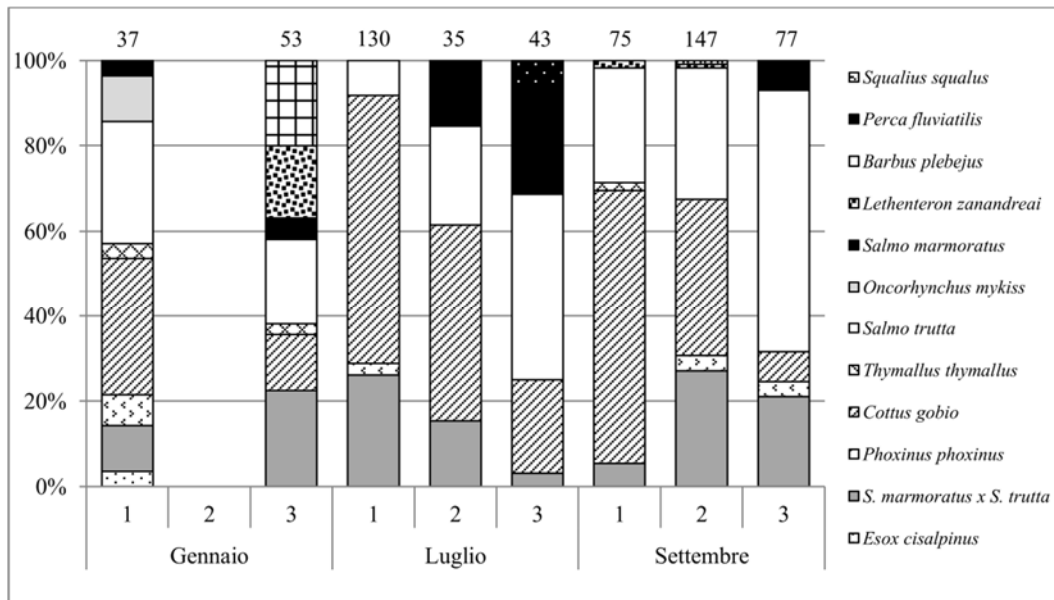


Figura 4. Composizioni delle comunità ittiche rinvenute durante i campionamenti. Il numero all'apice delle barre rappresenta il totale degli esemplari catturati

Le popolazioni di *S. marmoratus* nelle tre stazioni di monitoraggio sono composte prevalentemente da esemplari giovani (lunghezza totale inferiore ai 35 cm) non ancora

sessualmente maturi, ad eccezione della stazione 1 in gennaio, quando le densità di giovani e adulti risultano equivalenti (Figura 5). Le popolazioni nelle stazioni sono pertanto risultate mediamente strutturate.

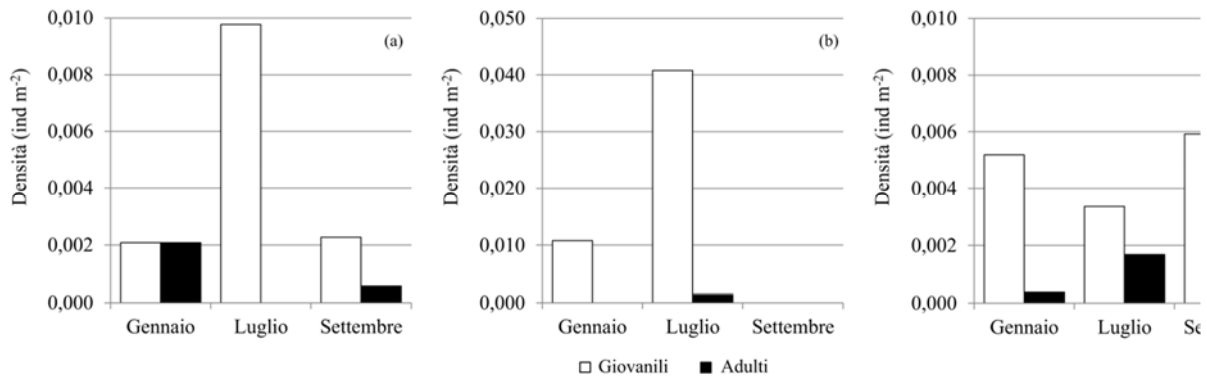


Figura 5. Densità degli individui giovani e adulti di *Salmo marmoratus* rinvenuti nelle tre stazioni di campionamento nel periodo di studio. (a): Stazione 1; (b): Stazione 2; (c): Stazione 3

Disponibilità di habitat per *Salmo marmoratus*

L'analisi condotta mediante applicazione del MesoHABSIM ha permesso calcolare l'area totale disponibile, espressa come la somma delle aree delle UMI classificate come idonee e ottimali, per diverse condizioni di portata (Figura 6). Vengono presentati i risultati relativi ai tratti 1 e 3, in quanto il dataset del tratto 2 non ha permesso di quantificare correttamente l'habitat disponibile per la specie, ponendolo a valori massimi in corrispondenza a valori di portata inferiori al Deflusso Minimo Vitale (DMV), pari a 2.2 m³ s⁻¹ per il corpo idrico considerato (Domeneghetti *et al.*, 2010).

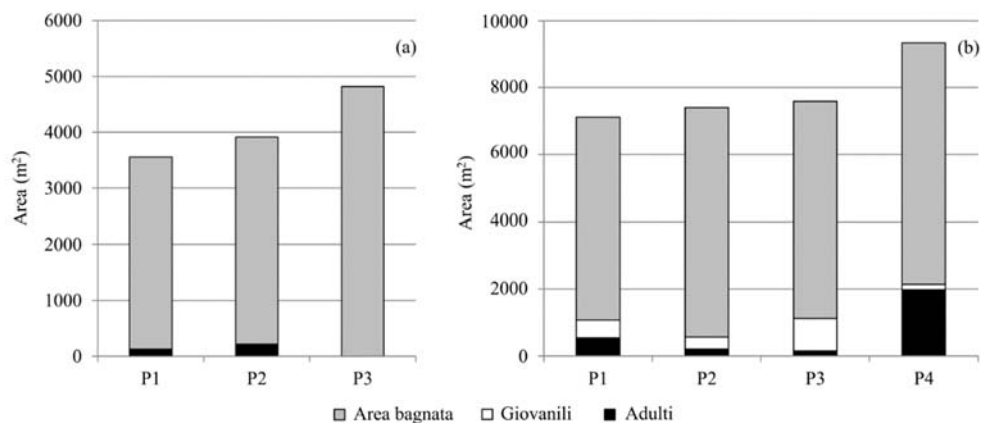


Figura 6. Area totale disponibile per individui giovanili e adulti di *S. marmoratus* a diverse condizioni di portata (a): Stazione 1. P1= 2.56 m³ s⁻¹; P2= 6.26 m³ s⁻¹; P3= 20.62 m³ s⁻¹; (b): Stazione 3. P1 = 2.44 m³ s⁻¹; P2 = 2.56 m³ s⁻¹; P3 = 5.78 m³ s⁻¹; P4= 20.58 m³ s⁻¹.

L'area totale complessivamente disponibile per gli adulti di trota marmorata nel tratto indagato interessa percentuali massime pari a solo il 5% dell'area bagnata nella stazione 1 e lievemente più elevate nella stazione 3, con percentuali comprese tra 2% e 21%. Tale habitat è nullo nella stazione 1 ed interessa un'area compresa tra il 2% ed il 13% nella stazione 3. La relazione fra

la portata defluente all'interno del corso d'acqua ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) e l'habitat totale disponibile (% dell'area bagnata) per la trota marmorata è espressa dalle curve riportate in Figura 7.

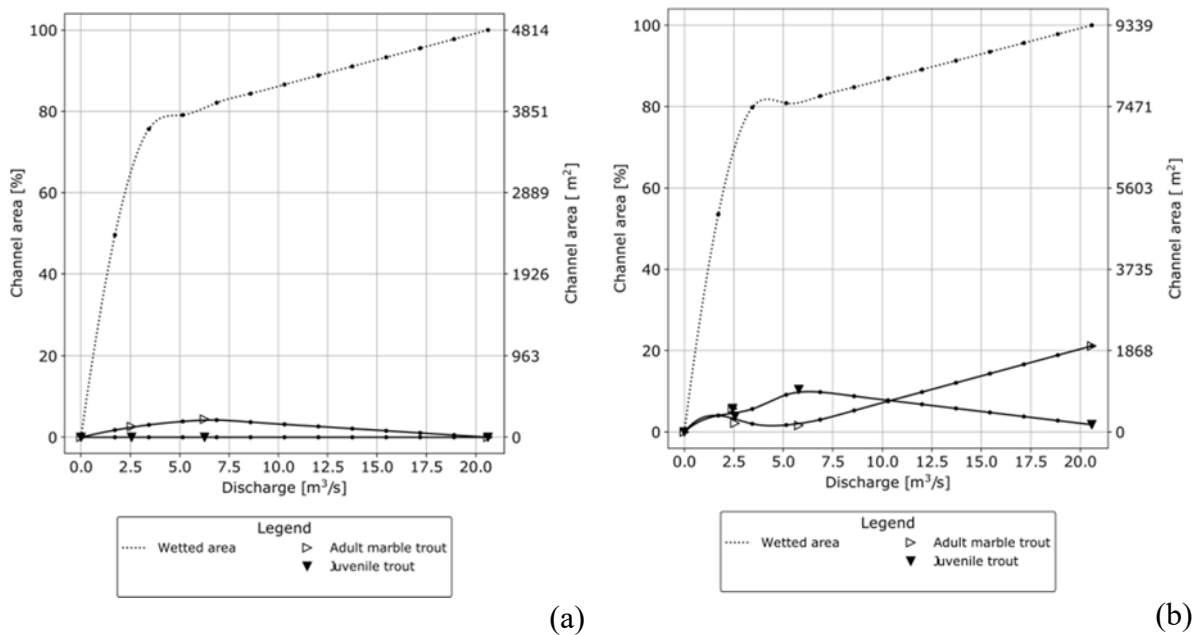


Figura 7. Curve habitat-portata relative alle stazioni 1 (a) e 3 (b).

Nella stazione 1, sia per giovani che per adulti, le curve habitat-portata tendono ad una retta parallela all'asse delle ascisse, dettata da valori di habitat disponibile molto ridotti (0-5% della superficie bagnata totale). Benché lievemente maggiore rispetto alla stazione 1, anche la stazione 3 denuncia una bassa disponibilità di habitat per i giovani esemplari, con un massimo pari al 13% in corrispondenza di una portata pari a $5,78 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, per poi diminuire al crescere dei valori di portata. Per quanto riguarda gli adulti, la curva ha un andamento opposto, con un aumento dell'area disponibile corrispondentemente all'incremento della portata in alveo. L'applicazione del MesoHABSIM ha pertanto portato, in entrambe le stazioni, a classificare gran parte dell'area bagnata come non idonea a sostenere popolazioni di trota marmorata ben strutturate. Inoltre, le poche aree disponibili vengono contese dalla specie con *Salmo trutta* (Tabella II), presente con percentuali anche molto rilevanti nelle comunità. In entrambe le stazioni e a tutte le portate vi è una maggior disponibilità per la trota fario rispetto alla trota marmorata, ad eccezione del valore di portata pari a $2,44 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ nella stazione 3 (Figura 8).

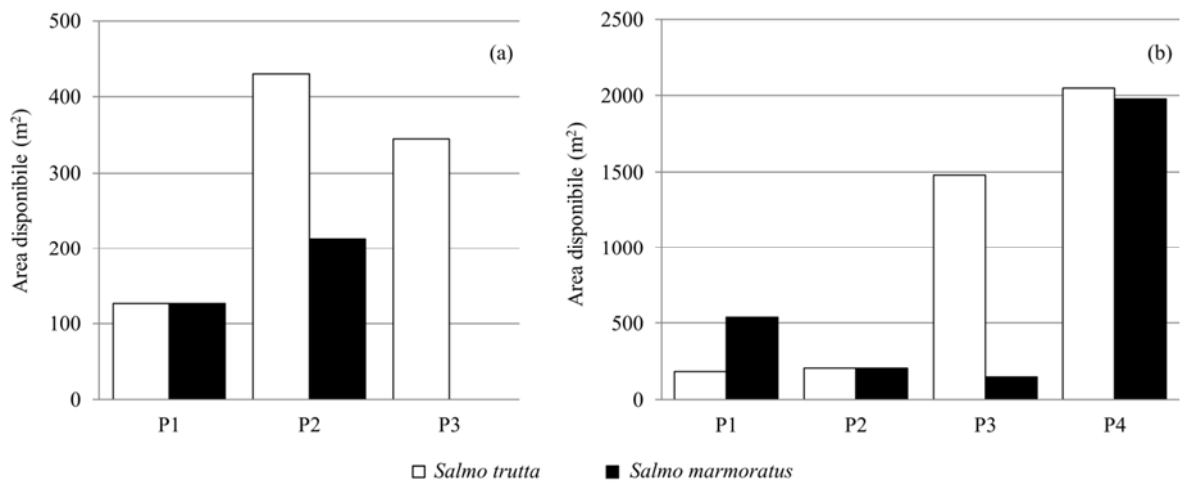


Figura 8. Area cumulativa di habitat disponibile per la trota marmorata e la trota fario. (a): Stazione 1. P1= 2.56 m³ s⁻¹; P2= 6.26 m³ s⁻¹; P3= 20.62 m³ s⁻¹; (b): Stazione 3. P1 = 2.44 m³ s⁻¹; P2 = 2.56 m³ s⁻¹; P3 = 5.78 m³ s⁻¹; P4= 20.58 m³ s⁻¹.

Tabella II. UMI individuate alla Stazione 1 alle diverse condizioni di portata e rispettiva classificazione in classi di idoneità per *S. marmoratus* e *S. trutta*.

Stazione 1				Stazione 3			
Portata (m ² s ⁻¹)	UMI	<i>S. trutta</i>	<i>S. marmoratus</i>	Portata (m ² s ⁻¹)	UMI	<i>S. trutta</i>	<i>S. marmoratus</i>
2,56	RIFFLE	Non idonea	Non idonea	2,44	RAPID	Idonea	Ottimale
2,56	POOL	Non idonea	Non idonea	2,44	RIFFLE	Non idonea	Non idonea
2,56	GLIDE	Non idonea	Non idonea	2,44	RIFFLE	Non idonea	Non idonea
2,56	RIFFLE	Idonea	Idonea	2,44	GLIDE	Non idonea	Non idonea
2,56	GLIDE	Idonea	Idonea	2,44	GLIDE	Non idonea	Non idonea
6,26	RIFFLE	Non idonea	Non idonea	2,44	GLIDE	Non idonea	Non idonea
6,26	RIFFLE	Idonea	Non idonea	2,56	RIFFLE	Idonea	Idonea
6,26	GLIDE	Idonea	Non idonea	2,56	GLIDE	Non idonea	Non idonea
6,26	POOL	Non idonea	Non idonea	2,56	POOL	Idonea	Idonea
6,26	GLIDE	Non idonea	Non idonea	2,56	GLIDE	Non idonea	Non idonea
6,26	RIFFLE	Idonea	Idonea	2,56	GLIDE	Non idonea	Non idonea
6,26	RIFFLE	Idonea	Idonea	2,56	POOL	Non idonea	Non idonea
20,62	RIFFLE	Non idonea	Non idonea	2,56	GLIDE	Non idonea	Non idonea
20,62	GLIDE	Non idonea	Non idonea	5,78	RAPID	Idonea	Idonea
20,62	GLIDE	Non idonea	Non idonea	5,78	RIFFLE	Idonea	Non idonea
20,62	GLIDE	Non idonea	Non idonea	5,78	GLIDE	Idonea	Non idonea
20,62	RAPID	Idonea	Non idonea	5,78	GLIDE	Non idonea	Non idonea
				20,58	RIFFLE	Idonea	Idonea
				20,58	RIFFLE	Idonea	Non idonea
				20,58	GLIDE	Idonea	Idonea
				20,58	RIFFLE	Non idonea	Non idonea

Analisi dello stato ecologico

I risultati dell'applicazione degli indici biotici utilizzati sono riportati in Tabella III.

Tabella III. Risultati dell'applicazione degli indici biotici.

		ISECI	STAR_ICMi	RQE_IBMR
Stazione 1	Autunno	BUONO (0.670)	BUONO (0.756)	SUFFICIENTE (0.634)
	Primavera		BUONO (0.873)	BUONO (0.701)
Stazione 2	Autunno	SUFFICIENTE (0.530)	BUONO (0.798)	BUONO (0.750)
	Primavera		BUONO (0.898)	BUONO (0.790)
Stazione 3	Autunno	SUFFICIENTE (0.580)	BUONO (0.803)	SUFFICIENTE (0.680)
	Primavera		BUONO (0.890)	SUFFICIENTE (0.680)

L'applicazione dell'ISECI ha portato ad ottenere un giudizio Buono nella Stazione 1 e Sufficiente nelle stazioni 2 e 3, sebbene in quest'ultima il valore sia vicino al limite inferiore della classe superiore (pari a 0,60). Tale risultato mette in luce una situazione di parziale alterazione delle comunità, dovuta principalmente alla presenza di specie aliene (*Esox cisalpinus*, *Oncorhynchus mykiss*, *Perca fluviatilis* e *Salmo trutta*).

L'applicazione dello STAR_ICMi ha portato ad ottenere un giudizio Buono in tutte le stazioni di campionamento sia nella stagione autunnale che in quella primaverile. Il giudizio è imputabile all'elevato numero di famiglie osservate (tra 17 e 20 in autunno e pari a 25 in primavera) che risulta prossimo all'atteso ($n=27$; DM 260/2010) soprattutto in primavera. Nella stagione autunnale, sebbene il valore dell'indice sia inferiore, lo stato ecologico ha comunque un giudizio buono, per la presenza di taxa sensibili quali le famiglie Perlidae e Chloroperlidae (Plecopteri), Heptageniidae (Efemerotteri), Goeridae, Odontoceridae e Sericostomatidae (Tricotteri). Sono stati, inoltre, rinvenuti taxa tipici di ambienti ben ossigenati quali i Tricotteri Rhyacophilidae ed i Coleotteri Elmidae, questi ultimi tipici di ambienti con presenza di vegetazione acquatica. Le densità degli organismi sono risultate piuttosto elevate, con valori compresi tra 4204 e 6629 ind m⁻² nella stazione 1, tra 2955 e 6184 ind m⁻² nella stazione 2 e tra 3290 e 8609 ind m⁻² nella stazione 3. È stato osservato uno squilibrio nella struttura trofica delle comunità (Figura 9), con una prevalenza di organismi appartenenti ai gruppi funzionali dei tagliuzzatori e raschiatori. Oltre il 97,2% dei tagliuzzatori è costituito da Crostacei della famiglia Gammaridae, genere *Echinogammarus*, mentre la maggior porzione di raschiatori (42,9-88,1%) è rappresentata da Tricotteri Glossosomatidae del genere *Agapetus*. I due generi costituiscono i taxa dominanti nelle stazioni di campionamento.

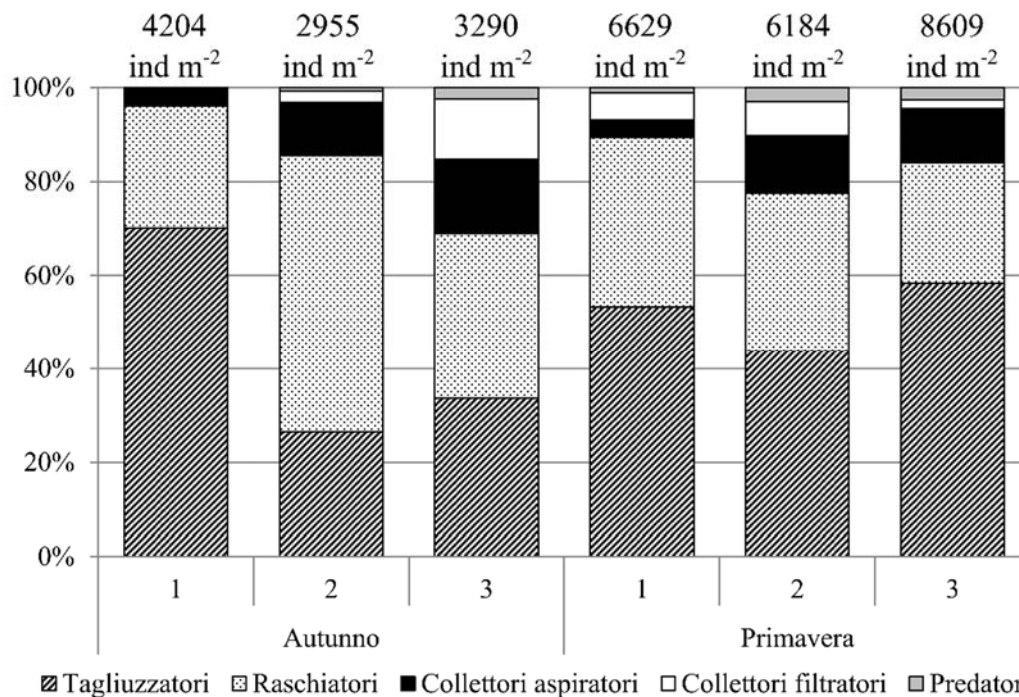


Figura 9. Gruppi funzionali osservati nelle comunità macrozoobentoniche analizzate nel presente lavoro.

Le comunità di macrofite acquatiche nelle stazioni 1 e 3 mostrano un assetto associabile ad uno stato di trofia elevato, mentre nel sito 2 è stato associato alla composizione della comunità macrofittica un livello di trofia medio. Conseguentemente, l'applicazione dell'indice ha portato all'elaborazione di un giudizio Sufficiente per le stazioni 1 e 3 e Buono per la stazione 2. (Tabella III).

La specie acquatica vegetale più abbondante in termini di copertura relativa è *Fontinalis antipyretica* Hedw. (coperture comprese tra il 20 e il 60%), che viene associata ad un grado di trofia medio, accompagnata nel sito 1 e nel sito 2 da *Ranunculus trichophyllus* Chaix (coperture con massimi del 30%) e dall'alga *Vaucheria* sp. De Candolle (coperture fino al 10%), quest'ultima tollerante anche elevati livelli di trofia. Nella stazione 3 sono rilevanti le coperture di *Vaucheria* sp. De Candolle (14-17%) e dell'alga *Cladophora* sp. Kützing (10-34%), anch'essa tollerante livelli elevati di trofia. La presenza di *Phormidium* sp. Kützing e di *Chiloscyphus polyanthus* (L.) Corda, specie sensibili al carico trofico, contribuisce al giudizio Buono assegnato alla stazione 1 in autunno ed alla stazione 2 in entrambe le stagioni

L'applicazione del LIMeco (Tabella IV) ha portato ai giudizi Buono e Elevato in tutte le stazioni nel corso del periodo di monitoraggio, ad eccezione delle stazioni 1 e 2 relativamente al periodo primaverile in cui il giudizio è Sufficiente. Tutti i siti in esame denunciano un buon grado di ossigenazione delle acque (Tabelle IV e V) e in diverse occasioni è stata registrata una condizione di sovrassaturazione. Tuttavia, i valori medi stagionali delle concentrazioni di azoto ammoniacale sono spesso superiori ai valori guida riportati all'Allegato II del Decreto Legislativo 152/2006 definiti idonei alla vita dei Salmonidi (0,04 mg l⁻¹), mentre i valori delle concentrazioni di fosforo totale sono sempre superiori ai limiti guida fissati dallo stesso Decreto (0,07 mg l⁻¹)

Definendo lo stato ecologico, ottenuto dal giudizio peggiore fra quelli espressi dagli indici utilizzati (DM 260/2010), si rileva che tutto il tratto fluviale analizzato riporta un giudizio Sufficiente.

Tabella IV. Valori medi stagionali \pm SD dei parametri chimico-fisici e dei nutrienti utilizzati per il calcolo del LIMeco e valori medi stagionali dell'indice.

		O ₂ (% saturazione)	NH ₄ - N (mg l ⁻¹)	NO ₃ -N (mg l ⁻¹)	P (mg l ⁻¹)	LIMeco	Giudizio
Inverno	St1	85,20	0,10	0,87	0,13	0,52	Buono
	St2	92,33	0,07	1,21	0,12	0,67	Elevato
	St3	95,08	0,08	0,73	0,10	0,70	Elevato
Primavera	St1	93,44	0,07	1,97	0,41	0,42	Sufficiente
	St2	96,07	0,06	2,39	0,25	0,44	Sufficiente
	St3	103,98	0,09	0,72	0,17	0,54	Buono
Estate	St1	101,17	0,07	1,44	0,14	0,54	Buono
	St2	100,00	0,02	1,38	0,18	0,59	Buono
	St3	103,50	0,00	0,62	0,10	0,79	Elevato
Autunno	St1	97,58	0,05	1,71	0,07	0,64	Buono
	St2	94,67	0,02	1,55	0,10	0,69	Elevato
	St3	100,3	0,02	1,55	0,15	0,63	Buono

Tabella V. Valori medi stagionali \pm SD dei parametri chimico-fisici monitorati nel corso dello studio (Temp=temperatura; Cond=conduttività; O₂=concentrazione dell'ossigeno disciolto in acqua).

Stagione	Stazione	Temp (°C)	pH	O ₂ (mg l ⁻¹)	Cond (µS cm ⁻¹)
INVERNO	1	7.03±1.76	9.18±0.11	9.18±0.72	362.58±3.18
	2	8.13±1.73	9.51±0.33	10.17±1.16	368.83±4.37
	3	8.22±2.35	9.52±0.09	10.16±0.95	364.00±5.65
PRIMAVERA	1	13.10±1.86	8.23±0.34	9.61±0.36	297.63±42.52
	2	14.58±1.80	8.32±0.42	9.41±0.26	319.33±30.89
	3	16.00±2.01	8.51±0.37	10.23±0.20	321.63±28.19
ESTATE	1	13.14±2.10	8.34±0.38	10.47±0.25	336.72±23.69
	2	13.57±1.93	8.42±0.52	10.01±0.12	347.50±18.25
	3	14.62±2.43	8.60±0.54	10.39±0.29	349.25±15.23
AUTUNNO	1	7.04±1.52	7.89±0.07	10.85±2.13	323.44±41.57
	2	7.54±1.68	8.19±0.10	10.27±1.72	340.78±31.75
	3	8.41±1.54	7.71±0.75	10.85±1.13	347.89±26.48

Indice di Funzionalità Fluviale (IFF)

I risultati dell'applicazione dell'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF) sono riportati in tabella VI. L'applicazione dell'IFF ha portato a giudizi di funzionalità compresi fra il Mediocre ed il Buono-Mediocre. I risultati dipendono in larga misura dalla presenza di interventi antropici, quali i pesanti rimaneggiamenti dell'alveo e le pareti di sostegno della strada statale della Valsugana che, nelle stazioni 2 e 3, corre parallelamente al fiume ad una distanza di pochi metri da esso. Nella stazione 1 vi è un muro per la difesa spondale in destra idrografica, costruito a sostegno della pista ciclopedonale del Brenta. Questi elementi hanno conseguenze sullo

sviluppo della vegetazione ripariale, sia in termini di ampiezza che di continuità longitudinale, fattori che contribuiscono ad abbassare la funzionalità del sistema. La vegetazione perifluviale appare inoltre alterata dall'invasione di specie infestanti, sia autoctone (*Rubus* sp.) che esotiche, quali *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Impatiens glandulifera*.

Tabella VI. Risultati dell'applicazione dell'Indice di Funzionalità Fluviale.

Stazione	Sponda	Valore IFF	Livello di Funzionalità	Giudizio di Funzionalità
1	Sx	180	III	Mediocre
	Dx	150	III	Mediocre
2	Sx	186	II-III	Buono-Mediocre
	Dx	186	II-III	Buono-Mediocre
3	Sx	185	II-III	Buono-Mediocre
	Dx	160	III	Mediocre

I risultati delle analisi circa le concentrazioni dei metalli pesanti nelle acque interstiziali dei sedimenti in alveo, che potenzialmente possono derivare dalla presenza della Strada Statale 47 Valsugana e/o da attività agricole sono illustrati in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

Tabella VII. Concentrazioni dei metalli pesanti nelle acque interstiziali del sedimento per le tre stazioni esaminate.

Stazione	Data	Manganese ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Piombo ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Rame ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Zinco (mg l^{-1})
1	01-giu	1100 \pm 132	1 \pm 0,1	8 \pm 0,90	<0,01
	19-lug	860 \pm 103	2 \pm 0,2	2 \pm 0,20	< 0,01
2	01-giu	2200 \pm 264	5 \pm 0,6	78 \pm 9,40	0,04 \pm 0,0049
	19-lug	4300	2 \pm 0,2	4 \pm 0,50	0,02 \pm 0,0024
3	01-giu	3600 \pm 432	7 \pm 0,8	120 \pm 14,4	0,05 \pm 0,0061
	19-lug	3300	3 \pm 0,3	7 \pm 0,80	0,01 \pm 0,0012

I valori di manganese risultano molto elevati in tutti i campioni (range pari a 860-4300 $\mu\text{g l}^{-1}$), e di molto superiori a quanto previsto per le acque destinate al consumo umano. In tutte le analisi il rame supera i limiti indicati per le acque destinate al consumo umano e in giugno (nelle stazioni 2 e 3) eccede il limite relativo alla idoneità delle acque per la vita dei Salmonidi (Tabella VIII).

Tabella VIII. Valori limite delle concentrazioni dei metalli analizzati relativi alle acque destinate al consumo umano () e valori limite ritenuti imperativi per la vita dei salmonidi (***) e dei ciprinidi (***) nelle acque interne.*

	Manganese ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Piombo ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Rame ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Zinco ($\mu\text{g l}^{-1}$)
DLgs n°31 del 02/02/2001 (*)	50	10	1	
DLgs 152/2006 (**)		10	40	300
DLgs 152/2006 (***)		50	40	400
Direttiva CEE/CEEAA/CE n°83 del 03/11/1998 (*)	50	10	1	
DPR 236/88 (*)	50	50	1	

Discussione e Conclusioni

Le analisi condotte hanno evidenziato che la popolazione di *Salmo marmoratus* nel corpo idrico considerato è soggetta a diversi fattori che ne compromettono la conservazione.

L'analisi delle comunità ittiche denuncia una presenza consistente della la trota fario *Salmo trutta* (8-60%), i cui impatti sulla co-generica trota marmorata includono l'inquinamento genetico (Povž, 1995; Berrebi *et al.*, 2000; Dellng *et al.*, 2000; Meraner *et al.*, 2008; Meraner *et al.*, 2010; Chiesa *et al.*, 2016; Marchi *et al.*, 2017), verificato nell'area oggetto di studio dalla cattura di ibridi, e la competizione per le risorse (Zerunian, 2002; 2004; Turin *et al.*, 2006, Pizzul, 2016). Da segnalare anche il rinvenimento di esemplari di trota iridea *Oncorhynchus mykiss*.

Ciò avviene in un contesto in cui gli habitat disponibili per la trota autoctona sono ridotti, come emerso dall'analisi condotta mediante MesoHABSIM. Le analisi hanno infatti portato a classificare gran parte dell'area bagnata come non idonea a sostenere popolazioni di trota marmorata ben strutturate. L'analisi delle curve habitat-portata, condotta separatamente per individui giovanili e adulti, sembra sostenere questa ipotesi. In particolare, per il tratto corrispondente al sito 1 la curva inerente agli esemplari adulti tende ad una retta parallela all'asse delle ascisse, in relazione a valori di habitat disponibile molto ridotti per gli adulti (0-5% della superficie bagnata totale), mentre tale disponibilità è addirittura nulla per i giovanili. Vezza *et al.* (2017) riportano che tale condizione è tipicamente attesa in corsi d'acqua fortemente alterati a livello morfologico. La bassa disponibilità d'habitat osservata dipenderebbe quindi dalle alterazioni a carico dell'assetto idromorfologico dell'alveo. L'alterazione degli habitat rappresenta un'ulteriore criticità per il sostenimento di una popolazione ben strutturata di *Salmo marmoratus* (Crivelli *et al.* 2000; Zerunian, 2004; Turin *et al.*, 2006; Chiesa *et al.* 2016). Inoltre, le poche aree disponibili vengono contese con *Salmo trutta*, i cui habitat sono completamente sovrapposti a quelli della trota marmorata ed in taluni casi risultano maggiori in estensione. L'ambiente acquatico idoneo ad una specie ittica è caratterizzato non solo dalle sue caratteristiche idromorfologiche ma anche dalla sua qualità (Jowett, 1997; Maddock, 1999) e la valutazione dello stato ecologico, ai sensi del D. Lgs. 152/2006 e del D.M. 260/2010, ha portato ad un giudizio sufficiente per il tratto analizzato. Le comunità ittiche mostrano uno stato buono nel tratto più a monte, sufficiente nei due più a valle. Tale risultato mette in luce una situazione di parziale alterazione delle comunità in due stazioni del corpo idrico analizzato e ciò è dovuto alla presenza di specie aliene per l'area indagata, quali *Esox cisalpinus*, *Oncorhynchus mykiss*, *Perca fluviatilis* e la già citata *Salmo trutta*. L'analisi delle comunità macrozoobentoniche ha denunciato la presenza di comunità ben strutturate, con un buon numero di famiglie e densità piuttosto elevate. Ciò costituisce un fattore di primaria importanza per la sopravvivenza delle popolazioni di *Salmo marmoratus*, che nei primi 2-3 anni

di vita si cibano esclusivamente di larve di Insetti, Crostacei ed Oligocheti (Gandolfi *et al.*, 1991; Zerunian, 2002; Zerunian, 2004; Kottelat & Freyhof, 2007). Tuttavia, se da un punto di vista trofico, l'ambiente è idoneo a sostenere le popolazioni di trota marmorata, a causa della sovrapposizione della dieta vi è una competizione trofica con i Salmonidi introdotti. L'analisi delle comunità macrozoobentoniche ha inoltre evidenziato uno squilibrio nella struttura trofica del sistema indagato, con una prevalenza di gruppi funzionali quali raschiatori e tagliuzzatori la cui dominanza nelle comunità macrozoobentoniche è da mettere verosimilmente in relazione con i risultati dell'applicazione dell'indice RQE_IBMR, che ha evidenziato livelli di trofia da medio ad elevato per i tratti considerati. Fra i taxa dominanti di macroinvertebrati osservati nei campioni, i Tricotteri Glossosomatidae, (rappresentati nelle comunità in esame dal solo genere *Agapetus*) costituiscono frequentemente la maggior parte del gruppo degli erbivori bentonici nei corsi d'acqua delle zone temperate (McAuliffe, 1984; Kohler, 1992; Kuhara *et al.*, 1999; Alvarez & Pardo, 2005), mentre i Crostacei della famiglia Gammaridae (rappresentata nello studio dal solo genere *Echinogammarus*) prediligono corsi d'acqua ricchi di alghe e macrofite (Sansoni, 1988). L'applicazione del LIMeco ha portato a giudizi tra il buono e l'elevato e solo in due casi ad un giudizio sufficiente (stazioni 1 e 2 in primavera) e ciò in virtù del buon grado di ossigenazione delle acque. Tuttavia, i valori osservati per le concentrazioni dei nutrienti sembrano sostenere l'ipotesi di un'alterazione di tipo trofico a carico del sistema indagato e denunciano valori spesso superiori alle soglie guida riportate nell'Allegato II del Decreto Legislativo 152/2006 per la vita dei Salmonidi. Gli squilibri osservati lasciano supporre una ridotta funzionalità del sistema fluviale nei tratti esaminati, fatto che viene confermato dall'applicazione dell'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF). L'indice denuncia giudizi tra il mediocre e il mediocre/buono a causa di alterazioni a carico della vegetazione ripariale, della presenza di diverse opere di arginatura, difesa spondale e rimaneggiamenti dell'alveo e della presenza della Strada Statale 47 Valsugana. Le opere di arginatura e difesa spondale hanno effetto anche sulla morfologia trasversale dell'alveo, nonché sull'efficienza di esondazione, peraltro già potenzialmente limitata dalla conformazione naturale della Valsugana che è piuttosto stretta e delimitata da pendii molto ripidi. Situazioni analoghe sono state osservate in sede di applicazione dell'IFF contestualmente ad altri monitoraggi condotti nel Fiume Brenta, che includevano anche il tratto considerato (A.A.V.V., 2015). Infine, le analisi a carico delle concentrazioni dei metalli pesanti nelle acque interstiziali del sedimento confermano l'ipotesi di una ridotta capacità autodepurativa del corso d'acqua nell'area indagata. Il manganese può trarre origine dall'usura di parti meccaniche, mentre il rame può derivare dall'usura dei componenti dei freni, della carrozzeria dei veicoli e delle parti meccaniche degli stessi (Cera & Di Mascio, 1998; Papiri & Todeschini, 2004), nonché dall'impiego di fitofarmaci. Queste sostanze sono elencate fra i principali inquinanti delle acque superficiali derivanti da attività agricole, insieme a nitrati e fosfati (FAO, 2017). In conclusione, il presente studio ha evidenziato la presenza di diverse criticità che compromettono lo stato delle popolazioni di *Salmo marmoratus* nel tratto indagato del Fiume Brenta. Lo stato ecologico denuncia la necessità di approfondire le criticità ai fini di una riqualificazione ambientale che viene evidenziata anche dall'applicazione dell'indice ecologico di Funzionalità Fluviale. È quindi indispensabile approfondire le analisi svolte, implementando i dati su cui si basa l'applicazione del MesoHABSIM e quindi condurre ulteriori rilievi ai fini dell'applicazione dell'indice di integrità fluviale IH (Veza *et al.*, 2017). Tali indagini sono fondamentali in quanto senza una riqualificazione del tratto analizzato è attualmente impossibile, nonostante gli sforzi gestionali che vedono ripopolamenti con stadi giovanili di marmorata, sperare in una sua ricolonizzazione e conservazione. Inoltre, è opportuno proseguire le indagini relative ai metalli pesanti, individuando le fonti e valutando potenziali forme di bioaccumulo nell'area considerata,

essendo i Salmonidi ai vertici della piramide trofica. Infine, è auspicabile una gestione faunistica della zona che abbia come obiettivo la riduzione degli impatti dovuti alla presenza della trota fario, la quale rappresenta il principale fattore di impatto per il prezioso endemismo rappresentato da *Salmo marmoratus*.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'Associazione Bacino Fiume Brenta, la quale ha finanziato il presente studio.

Bibliografia

- AFNOR (2003). Qualité de l'eau: Détermination de l'indice biologique macrophytique en rivière (IBMR). Association Française de Normalisation (AFNOR), Norme NF T, 90–395.
- A.A.V.V. (2016). Piano di gestione delle acque- volume 1. Descrizione generale delle caratteristiche del distretto. Autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta e Bacchiglione e Autorità di bacino del fiume Adige, Venezia.
- Álvarez M., Pardo I. (2005). Life history and production of *Agapetus quadratus* (Trichoptera: Glossosomatidae) in a temporary, spring-fed stream. *Freshwater Biology* 50, 931-943.
- Berrebi P., Povz M., Jesensek D., Crivelli A.J. (2000). The genetic diversity of native, stocked and hybrid populations of Marble trout in the Soca River, Slovenia. *Heredity* 85, 277–287.
- Buffagni A., Belfiore C. (2013). MacrOper.ICM software, v 1.0.5. CNR-IRSA & UniTuscia DEB.
- Buffagni A., Erba S. (2014). Linee guida per la valutazione della componente macrobentonica fluviale ai sensi del DM 260/2010. ISPRA, Manuali e Linee Guida 116/2014, Roma.
- Buffagni A., Erba S., Genoni P., Lucchini D., Orlandi C. (2014). Protocollo di campionamento e analisi dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua guadabili. ISPRA, Manuali e linee guida 111/2014, Roma.
- Cera L., Di Mascio P. (1998). Modello previsionale dell'inquinamento prodotto dalle acque di ruscellamento stradale nei corpi idrici ricettori. Proceedings of Annual Italian PIARC Conference, Italian PIARC, Verona.
- Chiesa S., Filonzi L., Ferrari C., Vaghi M., Bilò F., Piccinini A., Zuccon G., Wilson R.C., Ulheim J., Nonnis Marzano F. (2016). Combinations of distinct molecular markers allow to genetically characterize marble trout (*Salmo marmoratus*) breeders and stocks suitable for reintroduction plans. *Fisheries Research* 176, 55–64.
- Crivelli A.J., Poizat G., Berrebi P., Jesensek D., Rubin J.F. (2000). Conservation biology applied to fish: the example of a project for rehabilitating the marble trout in Slovenia. *Cybiurn* 24, 211–230.
- Delling B., Crivelli A.J., Rubin J.F., Berrebi P. (2000). Morphological variation in hybrids between *Salmo marmoratus* and alien *Salmo* species in the Volarja stream, Soča River basin, Slovenia. *Journal of Fish Biology* 57, 1199–1212.
- Domeneghetti F., Milan E., Bacci G., Foramiti S., Predin E. (2010). Calcolo del Deflusso Minimo Vitale sul Fiume Brenta. Associazione Acque Bacino Fiume Brenta, Vicenza.
- FAO (2017). Water pollution from agriculture: a global review. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and the International Water Management Institute on behalf of the Water Land and Ecosystems research program, Colombo.
- Forneris G., Delmastro G.B., Bellardi S. (1990). Attuale distribuzione di *Salmo marmoratus* Cuvier, 1817 in Provincia di Torino. *Atti III Conv. naz. AIIAD / Rivista di Idrobiologia* 29, 213–221.

- Fornieris G., Merati F., Pascale M., Perosino G.C. (2005). Materiali e metodi per i campionamenti e monitoraggi dell'ittiofauna (determinazione della qualità delle comunità ittiche). Digital Print, Torino.
- Fumagalli L., Snoj A., Jesensek D., Balloux F., Jug T., Duron O., Brossier F., Crivelli A.J., Berrebi P. (2002). Extreme genetic differentiation among the remnant populations of marble trout *Salmo marmoratus* in Slovenia. *Molecular Ecology* 11, 2711–2716.
- Gandolfi G., Torricelli P., Zerunian S., Marconato A. (1991). I pesci delle acque interne italiane. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- Ghetti P.F. (2001). Indice biotico esteso (I.B.E.) (2001). Lineagrafica Bertelli, Trento.
- Giuffra E., Guyomard R., Fornieris G. (1996). Phylogenetic relationships and introgression patterns between incipient parapatric species of Italian brown trout (*Salmo trutta* L. complex). *Molecular Ecology*, 5, 207–220.
- Jowett I.G. (1997). Instream flow methods: a comparison of approaches. *Regulated Rivers: Research and Management*, 13, 115-127.
- Jug T., Berrebi P., Snoj A. (2005). Distribution of non-native trout in Slovenia and their introgression with native trout populations as observed through microsatellite DNA analysis. *Biological Conservation* 123, 381–388.
- Kottelat M., Freyhof J. (2007). Handbook of European Freshwater Fishes. Publications Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin.
- Kuhara N., Nakano S., Miyasaka H. (1999). Interspecific competition between two stream insect grazers mediated by non-feeding predatory fish. *Oikos*, 87, 27-35.
- Lorenzoni M., Giannetto D., Maio G., Pizzul E., Pompei L., Turin P., Vincenzi S., Crivelli A. (2012). Empirical standard mass equation for *Salmo Marmoratus*. *Journal of Fish Biology* 81, 2086–2091.
- Macchio S., Rossi G.L. (2014). Protocollo di campionamento e analisi della fauna ittica dei sistemi lotici guadabili. In: Metodi Biologici per le acque superficiali interne. Delibera del Consiglio Federale delle Agenzie Ambientali. ISPRA, Roma
- Maddock I., (1999). The importance of physical habitat assessment for evaluating river health. *Freshwater Biology* 41, 373-91.
- Marchi I., Bertoli M., Mosco A., Giulianini P.G., Pizzul E. (2017). Analysis of the reproductive cycle of female wild marble trout *Salmo marmoratus* in a prealpine brook of the Soča River basin (Northeast Italy). *Ichthyological Research* 64, 221–231.
- McAuliffe J.R. (1984). Competition for space, disturbance, and the structure of a benthic stream community. *Ecology* 65, 894-908.
- Meldgaard T., Crivelli A.J., Jesensek D., Poizat G., Rubin J.F., Berrebi P. (2007). Hybridization mechanism between the endangered marble trout (*Salmo marmoratus*) and the brown trout (*Salmo trutta*) as revealed by in-stream experiments. *Biological Conservation* 136:602–611.
- Meraner A., Baric S., Pelster B., Dalla Via J. (2007) Trout (*Salmo trutta*) mitochondrial DNA polymorphism in the centre of the marble trout distribution area. *Hydrobiologia* 579, 337–349.
- Meraner A., Baric S., Dalla Via J. (2008). The selection of the wild: a combined molecular approach for the identification of pure indigenous fish from hybridized populations. *Comparative Biochemistry and Physiology D* 3, 36–42.
- Meraner A., Baric S., Pelster B., Dalla Via J. (2010). Microsatellite DNA data point to extensive but incomplete admixture in a marble and brown trout hybridization zone. *Conservation Genetics* 11, 985–999.

- Merritt R.W., CUMMINS K.W. (2006). Trophic relationships of macroinvertebrates. In: Hauer, F.R., Lamberti, G.A. (Eds), *Methods in Stream Ecology*. Academic Press, San Diego, 585-610.
- Minciardi M.R., Spada D., Abati S., Ciadamidaro S., Fiorenza A. (2014). Protocollo di campionamento e analisi delle macrofite dei corsi d'acqua guadabili. ISPRA, Manuali e Linee Guida 111/2014, Roma.
- Moretto J., Rigon E., Mao L., Picco L., Delai F., Lenzi M.A. (2014). Channel adjustments and island dynamics in the Brenta river (Italy) over the last 30 years. *River Research and Applications*. 30, 719–732.
- Papiri S., Todeschini S. (2004). Qualità e controllo delle acque di dilavamento di infrastrutture viarie. In: *Acque di prima pioggia: insediamenti produttivi e infrastrutture*. Atti della giornata di studio (Genova, 26 novembre 2004). Centro Studi Idraulica Urbana, Genova.
- Pizzul E. (2016). *Salmo marmoratus* (Cuvier, 1829). (Trota marmorata). In: Stoch F., Genovesi P. (ed.), *Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE) in Italia: specie animali*. ISPRA, Serie Manuali e linee guida, 141/2016: 174-175.
- Povž M. (1995). Status of freshwater fishes in the Adriatic catchment of Slovenia. *Biological Conservation* 72, 171–177.
- Povž M., Jesensek D., Berrebi P., Crivelli A.J. (1996). The Marble Trout, *Salmo trutta marmoratus*, Cuvier 1817, in the Soca River Basin, Slovenia. Tour du Valat Publication, Arles.
- Pujolar J.M., Vincenzi S., Zane L., Jesensek D., De Leo G.A., Crivelli A.J. (2011). The effect of recurrent floods on genetic composition of marble trout populations. *PLoS One* 6:e23822.
- Pustovrh G., Snoj A., Sušnik Bajec S. (2014). Molecular phylogeny of *Salmo* of the western Balkans, based upon multiple nuclear loci. *Genetics Selection Evolution* 46, 1–12.
- Ricker W.E. (1975) Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Bulletin of Fisheries Research Board of Canada* 191, 1–382.
- Rinaldi M., Belletti B., Comiti F., Nardi L., Mao L., Bussetini M. (2016). Sistema di rilevamento e classificazione delle Unità Morfologiche dei corsi d'acqua (SUM) – Versione aggiornata 2016. ISPRA, Manuali e Linee Guida 132/2016, Roma.
- Rondinini C., Battistoni A., Peronace V., Teofili C. (2013). Lista rossa IUCN dei vertebrati Italiani, Comitato Italiano IUCN. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma
- Salviati S., Marconato E., Maio G., Perini V. (1997). Carta ittica della Provincia di Vicenza. Provincia di Vicenza, Vicenza.
- Sansoni G. (1988). Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani. Provincia Autonoma di Trento – Stazione Sperimentale Agraria Forestale – Servizio Protezione Ambientale, APR&B Editrice, Trento.
- Seber G.A.F. (1973). The estimation of animal abundance and related parameters. Charles Griffin Company, London.
- Seber G.A.F., Le Cren E.D. (1967). Estimating population parameters from catches large relative to the population. *Journal of Animal Ecology* 36, 631–643.
- Siligardi M., Bernabei S., Cappelletti C., Chierici E., Ciutti F., Egaddi F., Franceschini A., Maiolini B., Mancini L., Minciardi M.R., Monauni C., Rossi G.L., Sansoni G., Spaggiari R., Zanetti M. (2007). I.F.F.– Indice di Funzionalità Fluviale. Manuale APAT. Lineagrafica Bertelli, Trento.

- Simčič T., Jesensek D., Brancelj A. (2015). Metabolic characteristics of early life history stages of native marble trout (*Salmo marmoratus*) and introduced brown trout (*Salmo trutta*) and their hybrids in the Soča River. *Ecology of Freshwater Fish* 26, 141–149.
- Snoj A., Jug T., Milkic E., Susnik S., Pohar J., Dovc P., (2000). Mitochondrial and microsatellite DNA analysis of marble trout in Slovenia. *Quaderni ETP* 29, 5–11.
- Sommani E. (1961). Il *Salmo marmoratus* Cuv.: sua origine e distribuzione nell'Italia settentrionale. *Bollettino di Pesca, Piscicoltura e Idrobiologia* 15, 40–47.
- Specchi M., Battistella S., Amirante G.A., Sigalotti G.M., Tibaldi E., Pizzul E. (2004). Il recupero della trota marmorata nel Friuli Venezia Giulia. Ente Tutela Pesca del Friuli Venezia Giulia, Udine.
- Surian N., Cisotto A. (2007). Channel adjustments, bedload transport and sediment sources in a gravel-bed river, Brenta River, Italy. *Earth Surface Processes and Landforms* 32, 1641–1656.
- Sušnik Bajec S., Pustovrh G., Jesenšek D., Snoj A. (2015). Population genetic SNP analysis of marble and brown trout in a hybridization zone of the Adriatic watershed in Slovenia. *Biological Conservation* 184, 239–250.
- Tortonese E. (1967). La trota marmorata o padana. *Rivista italiana di Piscicoltura e Ittiopatologia* 2, 7–8.
- Turin P., Zanetti M., Bilò M.F. (2006). Distribuzione e stato delle popolazioni di trota marmorata nelle acque del bacino dell'alto Adriatico. *Biologia Ambientale* 20, 39–44.
- Veza P., Zanin A., Parasiewicz P. (2017). Manuale tecnico operativo per la modellazione e la valutazione dell'integrità dell'habitat fluviale. ISPRA, Manuali e Linee Guida 154/2017, Roma.
- Vincenzi S., Crivelli A.J., Jesensek D., Rubin J.F., De Leo G.A. (2007a). Early survival of marble trout *Salmo marmoratus*: evidence for density dependence? *Ecology of Freshwater Fish* 16, 116–123.
- Vincenzi S., Crivelli A.J., Jesensek D., Rubin J.F., De Leo G.A. (2007b). Density-dependent individual growth of marble trout (*Salmo marmoratus*) in the Soca and Idrijca river basins, Slovenia. *Hydrobiologia* 583, 57–68
- Vincenzi S., Crivelli A.J., Jesensek D., Rubin J.F., Poizat G., De Leo G.A. (2008a). Potential factors controlling the population viability of newly introduced endangered marble trout populations. *Biological Conservation* 141, 198–210.
- Vincenzi S., Crivelli A.J., Jesensek D., De Leo G.A. (2008b). The role of density-dependent individual growth in the persistence of freshwater salmonid populations. *Oecologia* 156, 523–534.
- Vincenzi S., Crivelli A.J., Jesensek D., Rossi G., De Leo G.A. (2011). Innocent until proven guilty? Stable coexistence of alien rainbow trout and native marble trout in a Slovenian stream. *Naturwissenschaften* 98, 57–66.
- Vincenzi S., Crivelli A.J., Jesensek D., De Leo G. (2012). Traslocation of stream-dwelling salmonids in headwaters: insight from a 15-year reintroduction experience. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 22, 437–455.
- Zerunian S. (2002). *Condannati all'estinzione? Biodiversità, biologia, minacce e strategie di conservazione dei Pesci d'acqua dolce indigeni in Italia*. Edagricole, Bologna.
- Zerunian S. (2004). *Pesci delle acque interne d'Italia*. Quaderni di Conservazione della Natura n° 20. Ministero dell'Ambiente e Istituto Nazionale per la fauna selvatica. Roma.
- Zerunian S., Goltara A., Schipani I., Boz B. (2009). Adeguamento dell'Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche alla Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE. *Biologia Ambientale* 23 (2), 1–16.