



AUTORITA' DI BACINO
DEL FIUME ADIGE

**REALIZZAZIONE DI UN ESERCIZIO SPERIMENTALE
DI ALCUNE DERIVAZIONI D'ACQUA SUL FIUME ADIGE
FINALIZZATO ALLA VALUTAZIONE
DEL MINIMO DEFLUSSO
SECONDA FASE/OTTOBRE 2001 – APRILE 2002**

RAPPORTO FINALE

5. CURVE DI PREFERENZA DEL TEMOLO E DELLA TROTA MARMORATA

Elaborazione R.T.I.



Maggio 2002

INDICE

1. PREMESSA	1
2. OBIETTIVI DELL'INDAGINE	3
3. AREA DI STUDIO	4
3.1 Il Fiume Adige: inquadramento geografico	4
3.2 I siti di campionamento	4
4. LE SPECIE ITTICHE STUDIATE	7
4.1 Il temolo (<i>Thymallus thymallus</i>)	7
4.1.1 Classificazione sistematica	7
4.1.2 Caratteristiche corporee	8
4.1.3 Distribuzione geografica	8
4.1.4 Comportamento	8
4.1.5 Accrescimento	9
4.1.6 Habitat	10
4.2 La trota marmorata (<i>Salmo trutta marmoratus</i>)	12
4.2.1 Classificazione sistematica	12
4.2.2 Caratteristiche corporee	12
4.2.3 Distribuzione geografica	12
4.2.4 Comportamento	13
4.2.5 Accrescimento	13
4.2.6 Habitat	13
5. METODOLOGIE UTILIZZATE	15
5.1 Curve di preferenza	15
5.1.1 Premessa	15
5.1.2 Il concetto di preferenza	16
5.1.3 Indagini di campo	17
5.1.4 Periodo di campionamento	21
5.1.5 Elaborazioni	21
5.2 Valutazione della trasferibilità delle curve di preferenza	22
5.2.1 Elaborazioni	23
6. RISULTATI	24
6.1 Curve di preferenza del temolo	24
6.1.1 Curve di preferenza per la profondità	27
6.1.2 Curve di preferenza per la velocità	30

6.1.3	Curve di preferenza per il substrato	32
6.1.4	Considerazioni riepilogative	34
6.2	Trasferibilità delle curve di preferenza della trota marmorata	36
6.2.1	Le curve di cui valutare la trasferibilità	36
6.2.2	I dati raccolti sull'Adige	39
6.2.3	Valutazione della trasferibilità delle curve del Sesia all'Adige	41
6.2.4	Le curve di preferenza della trota marmorata proposte per il Fiume Adige	42
7.	CONCLUSIONI	47
8.	PROPOSTE DI UTILIZZO	48
8.1	Temolo: curve di preferenza proposte	49
8.1.1	Profondità	49
8.1.2	Velocità	51
8.1.3	Substrato	52
8.2	Trota marmorata: curve di preferenza proposte	54
9.	BIBLIOGRAFIA	56

1. PREMESSA

Definire un **deflusso minimo vitale** significa individuare una portata minima, da rilasciare a valle di una derivazione, che tenga in considerazione le esigenze ecologiche delle specie acquatiche che vivono nell'ecosistema, al fine di garantirne la sopravvivenza e lo sviluppo.

A tal fine è possibile applicare un **metodo idrobiologico**, in grado cioè di integrare le informazioni idrauliche (simulazione delle condizioni idrauliche al variare della portata) con quelle biologiche, espresse in termini di preferenze, da parte di specie acquatiche significative, per differenti condizioni idrauliche.

Le preferenze da parte delle specie per determinate condizioni idrauliche e morfologiche possono essere sintetizzate sotto forma di **curve di preferenza**, costruite sulla base di dati sperimentali: esse mettono in relazione il gradimento di una specie per differenti valori dei parametri idraulici e morfologici legati alla portata.

Il metodo idrobiologico di definizione del DMV applicato nel presente studio, basato sull'analisi del **microhabitat** (spazio fisico definito da uno specifico valore della velocità, profondità e substrato), presuppone che al variare della portata si modifichino profondità e velocità della corrente; di conseguenza anche la disponibilità di habitat, caratterizzato da valori dei parametri che siano idonei per le specie indicatrici, subisce delle variazioni.

Il risultato del metodo dei microhabitat è una relazione che lega la portata fluviale all'habitat idoneo disponibile per le specie. La **curva portata/habitat** è influenzata in modo sostanziale dalla forma delle curve di preferenza delle specie (Orth e Maughan, 1982; Bovee, 1986); può spesso capitare che, in funzione della curva utilizzata, i risultati dell'habitat non siano fra loro coerenti e quindi difficili da interpretare per ricavarne un valore di DMV. È quindi fondamentale, prima ancora di effettuare la simulazione dell'habitat, **scegliere in modo oculato la specie o le specie da utilizzare**, innanzi tutto assumendo che esse fungeranno da indicatori dell'ecosistema nel suo complesso (Bovee, 1982): ciò significa che tramite la tutela di tali specie si assume di tutelare l'intero ecosistema acquatico (comunità ittica, macrobentonica, vegetale).

Ogni comunità biologica è complessa e non è quindi sempre immediato scegliere una o più specie rappresentative dell'ecosistema. È innanzi tutto pratica comune scegliere all'interno della **fauna ittica** una o più specie indicatrici (Bovee, 1986).

La scelta fra più specie è basata sulla **valutazione della rilevanza** di ognuna, al fine di individuare quale costituisce il "collo di bottiglia". Esistono numerosi aspetti da considerare al fine di individuare il fattore biologico (specie/stadio vitale) limitato particolarmente dalle variazioni di habitat (Bovee *et al.*, 1998):

- non tutti gli stadi vitali sono ugualmente importanti per la sopravvivenza della specie stessa;

- non tutti gli habitat (macro e micro) hanno lo stesso peso per garantire la sopravvivenza della specie;
- i fattori critici possono variare d'importanza durante il corso dell'anno e anche lungo il fiume;
- i momenti di criticità differiscono d'importanza anche in funzione della loro durata (es. episodi acuti di asciutta oppure riduzioni croniche di portata).

Una volta individuata la/e specie, è necessario disporre di informazioni specifiche relativamente alle preferenze idrauliche e morfologiche, anche in funzione di differenti stadi vitali, fondamentale perché l'energia richiesta per contrastare la forza idraulica e per alimentarsi in varie condizioni di corrente cambia in funzione della taglia (Moyle and Baltz, 1985).

Nel caso in cui le conoscenze riguardanti la specie siano limitate o assenti, sarebbe opportuno sviluppare curve di preferenza sito-specifiche (Bovee, 1996), vista l'importanza che queste assumono all'interno della simulazione dell'habitat, ai fini della determinazione del DMV.

È inoltre chiaro, a valle di numerosi studi a livello internazionale, come non esistano curve di preferenza "universali" (Heggens, 1988), cui consegue la necessità di svilupparne di sito-specifiche o almeno a scala regionale.

Il **Fiume Adige**, come emerge dalla Carta Ittica della Provincia di Trento (2001), nel tratto fra Mori e Ala (TN) è caratterizzato dalla presenza del **temolo** (*Thymallus thymallus*) e della **trota marmorata** (*Salmo trutta marmoratus*).

Il **temolo** è una specie reofila, che quindi dovrebbe risentire in maniera pesante delle riduzioni di portata dovute alle derivazioni idriche (Persat, 1988); è inoltre particolarmente adatto ad essere oggetto di modellizzazione dell'habitat, grazie alla sua elevata sensibilità ai parametri idraulici, mentre non ricerca rifugi particolari o strutture, che sarebbero troppo complesse da descrivere in modelli (Mallet *et al.*, 2000). Il temolo spesso si ritrova in piccoli gruppi che si spostano nei pressi del fondo (Greenberg *et al.*, 1994).

Per quanto riguarda il temolo, nonostante siano ad oggi note le caratteristiche principali del suo ciclo di vita, sono pochi gli studi sulle preferenze ambientali. Di questi alcuni riguardano solo il periodo della riproduzione e deposizione delle uova (Gonczi, 1989; Sempeski & Gaudin, 1995), uno riguarda lo stadio giovanile in un fiume svedese (Greenberg *et al.* 1994) e solo in Mallet *et al.* (2000) si trova una descrizione di tre stadi vitali, che si assume possano coprire tutto il ciclo vitale del temolo, in due corsi d'acqua francesi. Nessuna delle curve esistenti relativamente al temolo è stata quindi definita in ambito italiano. Va inoltre sottolineato che le sezioni fluviali del fiume svedese avevano caratteristiche molto differenti dall'habitat tipico del temolo europeo: si trattava infatti di un tratto di fiume di piccole dimensioni, di raccordo fra due laghi, con acque lente, e l'habitat utilizzato poteva essere influenzato dalla migrazione, soprattutto in alcuni periodi dell'anno, fra fiume e laghi (Greenberg *et al.*, 1994).

Riguardo alla marmorata, specie endemica del bacino del Fiume Po, è disponibile un solo set di curve di preferenza sperimentali, definite sul Fiume Sesia (Gentili *et al.*, in stampa), anche se è necessario premettere che le curve sperimentali sono generalmente sito-specifiche e quindi

scarsamente utilizzabili in corsi d'acqua differenti da quello dove sono stati determinate (Thomas & Bovee, 1993; Heggens, 1990).

In questo caso l'approccio ideale sarebbe stato quello della costruzione di nuove curve di preferenza specifiche per la trota marmorata dell'Adige; considerata però la mole di dati necessaria per la definizione di nuove curve affidabili (Bovee, 1977), cui si aggiunge la peculiarità comportamentale della specie, non facilmente campionabile in quanto particolarmente schiva e abbondante soprattutto in ambienti profondi e nascosti (Ielli, 1994; Gentili *et al.*, in stampa), si è optato per un approccio semplificato di valutazione delle preferenze, partendo dalle curve esistenti.

La procedura seguita è consistita nell'effettuazione di **prove di trasferibilità** sulle curve già esistenti, con l'obiettivo di valutarne l'applicabilità anche sul fiume in cui si vorrebbe utilizzarle: questo permette di disporre di dati affidabili senza però dover determinare sperimentalmente ogni volta delle curve nuove.

2. OBIETTIVI DELL'INDAGINE

Obiettivi dell'indagine sono stati:

- la definizione delle curve di preferenza del temolo sull'Adige;
- la valutazione della trasferibilità delle curve della trota marmorata, già sviluppate su un altro corso d'acqua italiano, il Fiume Sesia (Gentili *et al.*, in stampa).

Le curve risultanti costituiscono i dati di input biologici che verranno impiegati nella fase successiva di simulazione dell'habitat al variare della portata; serviranno quindi come elemento di interpretazione della qualità dell'habitat, al fine della scelta del deflusso minimo vitale.

La necessità di costruire nuove curve relativamente al temolo dell'Adige è dettata dal fatto che non esistono, ad oggi, casi di studio sperimentali affidabili per questa specie in ambito alpino, che si ricorda essere diversa dal temolo artico (*Thymallus arcticus*) di cui sono invece disponibili maggiori informazioni (Hurbert *et al.*, 1985).

La decisione di effettuare una validazione sperimentale delle curve italiane già esistenti per la trota marmorata, è stata presa in considerazione del fatto che la procedura di definizione *ex-novo* delle curve di preferenza è particolarmente onerosa in termini di risorse umane ed economiche necessarie.

È inoltre parso interessante applicare una procedura sperimentale di valutazione della trasferibilità, che possa essere impiegata anche per altri casi analoghi, per i quali cioè una delle specie ittiche principali è la trota marmorata, al fine di ottimizzare le risorse disponibili.

Considerando l'uso delle curve, al fine cioè della determinazione del deflusso minimo vitale sul Fiume Adige, i primi risultati sperimentali sono stati discussi con il "tavolo di lavoro" degli esperti

dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige, in modo da mettere in evidenza i punti critici e le possibili soluzioni di proposta.

3. AREA DI STUDIO

3.1 Il Fiume Adige: inquadramento geografico

L'Adige è il terzo fiume d'Italia, dopo il Po e il Tevere, per estensione del bacino idrografico (11.954 km²), il secondo come sviluppo longitudinale del suo corso (409 km).

Nasce a quota 1586 m s.l.m. presso il passo di Resia in Val Venosta (Provincia di Bolzano), al confine con l'Austria, e sfocia nel Mare Adriatico a Porto Fossole, in Provincia di Rovigo. Da monte a valle attraversa le province di Bolzano, Trento, Verona, Padova e Venezia.

I principali affluenti dell'Adige in sponda sinistra sono il Passirio e l'Isarco, poco sotto Bolzano, ed il Torrente Avisio in Provincia di Trento; in sponda destra il maggior affluente è rappresentato dal Torrente Noce, che scende dalla Val di Non.

3.2 I siti di campionamento

Le preferenze ambientali del temolo e della marmorata sono state studiate nel tratto di Fiume Adige fra Mori e Zevio, compreso in parte in Provincia di Trento e in parte in territorio veronese; la maggior parte dei dati è comunque stata raccolta nel tratto trentino.

In questo tratto l'Adige attraversa una zona collinare e di pianura, caratterizzata da numerosi insediamenti urbani e industriali; in tali zone è caratterizzato dall'alternarsi di tratti veloci con ampie buche e di tratti a flusso laminare; il substrato è prevalentemente costituito da ciottoli e ghiaia.

Vengono in seguito descritte brevemente le stazioni d'indagine.

Mori

Il tratto è caratterizzato da *riffle* a bassa pendenza alternati da *run* lenti. Le profondità prevalenti sono limitate ai 40-50 cm, raggiungendo raramente 1,5 m. Il substrato prevalente è costituito da massi e ciottoli, e i rifugi sono limitati. L'habitat idraulico nella stazione risulta alterato a causa della portata regolata a monte (sbarramento di Mori), della presenza di massicciate artificiali e dell'erosione delle rive.

Ala

È stato campionato un tratto a tipologia *riffle* – *run* largo e lungo, con profondità massima di circa 1.5 m presso il centro dell'alveo nel *run*, mentre nel *riffle* è compresa tra 50 – 100 cm, mentre sono assenti delle vere e proprie *pool* e i punti di maggior profondità. Il substrato è prevalentemente a ciottoli e a massi e i rifugi per i pesci sono molto scarsi, e costituiti solo dai massi più grossi. Come per la stazione precedente, l'habitat è alterato dall'erosione delle rive, dalla presenza di massicciate artificiali a loro rinforzo e da una portata artificiale, regolata dalla diga di Ala. Il territorio circostante è utilizzato per colture permanenti.

Ponte di Peri

Il mesohabitat dominante è il *run* (profondità fra 1-1,5 metri) con brevi tratti di *riffle* a bassa profondità (circa 15 cm); il substrato è dominato dai ciottoli, con presenza di massi e ghiaia, mentre i rifugi sono scarsi o addirittura nulli.

L'habitat in questa stazione risulta leggermente migliore rispetto al tratto precedente, grazie ad una ripresa della portata in alveo; rimane una certa instabilità delle rive, oltre all'antropizzazione del territorio circostante.

Zevio

Il tratto è dominato da *run* poco profondi e piuttosto lenti, e da piccoli *riffle*. Il substrato è prevalentemente a ciottoli e piccoli massi, mentre i rifugi in alveo per i pesci sono scarsi.



Fig. 1 - Mori



Fig. 2 – Ala



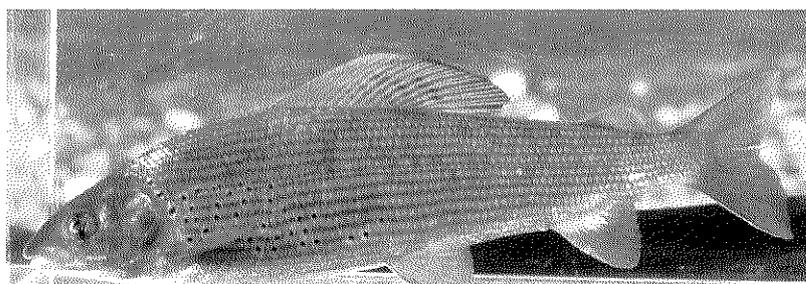
Fig. 3 – Ponte di Peri



Fig. 4 – Zevio

4. LE SPECIE ITTICHE STUDIATE

4.1 Il temolo (*Thymallus thymallus*)



4.1.1 Classificazione sistematica

SUPERCLASSE:	Pesci
CLASSE:	Osteitti
SOTTOCLASSE:	Attinopterigi
GRUPPO:	Teleostei
ORDINE:	Salmoniformi
FAMIGLIA:	Salmonidi
SOTTOFAMIGLIA:	Timallini
GENERE:	<i>Thymallus</i> (Cuvier 1829)
SPECIE:	<i>Thymallus thymallus</i> (Linnaeus 1758)

La specie *Thymallus thymallus* è la sola rappresentante del genere *Thymallus* in Italia; attualmente è allo studio la distinzione su basi genetiche tra le popolazioni di temolo del bacino del Danubio e quelle del bacino “padano”.

4.1.2 Caratteristiche corporee

Il temolo “padano” può raggiungere una lunghezza massima di 45-50 cm; il ceppo “danubiano” può superare anche i 60 cm, secondo alcune segnalazioni.

Ha dorso e fianchi di colore grigio, con riflessi color argento; le scaglie sono ben evidenti e il ventre è bianco. La metà anteriore del corpo è ricoperta da una serie di macchioline nere disposte irregolarmente. L’ampia pinna dorsale, particolarmente sviluppata nei maschi, presenta sfumature rossastre e violacee. Il ceppo “padano” ha la pinna caudale di colore bluastrò e il corpo di aspetto “gobbutò”; il ceppo “danubiano” ha la coda rossastra e il corpo più snello e le pinne di colore giallo. Anche in questo caso esistono ibridi tra i due ceppi con fenotipi di aspetto intermedio.

4.1.3 Distribuzione geografica

Il temolo (*Thymallus thymallus*) è una specie tipica dell’**Europa centro-settentrionale**. Ad oggi si ritrova anche nei corsi d’acqua del sud dell’Europa, a seguito di introduzioni antropiche. È frequente anche nell’Europa dell’Est (regione balcanica, Mar Nero e Mar Caspio), mentre a Nord è diffuso in Gran Bretagna fino alla Scozia (dove è stato introdotto con successo nel passato), in alcune zone della Svezia e della Norvegia e nel nord della Finlandia, dove la distribuzione è stata ampliata tramite immissioni.

Per quanto riguarda l’Italia, il temolo è distribuito fino al centro Italia (l’areale originario era esteso agli affluenti di sinistra del Fiume Po), in quanto introdotto con successo.

La **presenza nel Fiume Adige** è adeguata da Castelbello scendendo verso valle e diventa notevole da Merano fino al limite inferiore della Provincia di Bolzano, così come in tutta la Provincia di Trento. Popolamenti ben strutturati e numericamente consistenti si ritrovano dal confine superiore della Provincia fino a valle di Verona, nella zona di Zevio; scendendo più a valle la specie è presente in misura minore fino al confine con la Provincia di Padova.

4.1.4 Comportamento

Specie gregaria, in caso di pericolo si allontana nuotando velocemente anziché ripararsi in una tana, come invece fa la trota. Si nutre di invertebrati. Depone le uova in un nido scavato su substrato a

ghiaia. Rispetto alle trote, il temolo ha tempi di sviluppo e tassi di accrescimento più rapidi, benché la larva sia piuttosto piccola.

La **maturità sessuale** è raggiunta al terzo anno di età e il **periodo riproduttivo** coincide con i mesi di aprile - maggio. Ogni femmina depone da 6.000 a 10.000 uova per kg di peso corporeo.

Se i parametri chimico-fisici ed il substrato sono idonei, il temolo si riproduce nell'area in cui vive, altrimenti **può migrare** in corsi d'acqua adiacenti aventi condizioni migliori agli effetti della riproduzione. L'entità degli spostamenti può arrivare di norma fino ad una dozzina di chilometri (Gustafson, 1949 in Witkowski & Kowalewski, 1988).

Witkowski & Kowalewski (1988) hanno osservato che anche il temolo europeo manifesta una sorta di "homing": il 18.7% dei temoli marcati durante la frega è stato rinvenuto l'anno successivo nella medesima zona di riproduzione.

4.1.5 Accrescimento

La vita del temolo ha una durata piuttosto breve. Le popolazioni più longeve sono quelle del Nord dell'Europa, dove l'accrescimento è inferiore e la maturità sessuale viene raggiunta più tardi; i temoli possono in questi luoghi arrivare fino a 13-15 anni (Witkowski *et al.*, 1989a; Guthruf, 1996). Gli individui delle altre popolazioni raggiungono solo i 3-4 anni, mentre solo in pochi si raggiungono i 5-8 anni.

Sono stati osservati tassi di accrescimento anche marcatamente differenti in funzione delle aree geografiche studiate; nelle zone temperate, la lunghezza al termine del primo e del secondo anno è rispettivamente di 12-15 e 23-29 cm; nei corsi d'acqua situati più a nord, i valori sono 7-9 e 13-19 cm.

Per quanto riguarda l'**accrescimento sull'Adige**, il temolo cresce rapidamente, soprattutto nei primi anni di vita; la sua crescita si colloca tra quelle più elevate nell'ambito dei dati bibliografici relativi ai diversi corsi d'acqua europei (Gentili *et al.*, 2000).

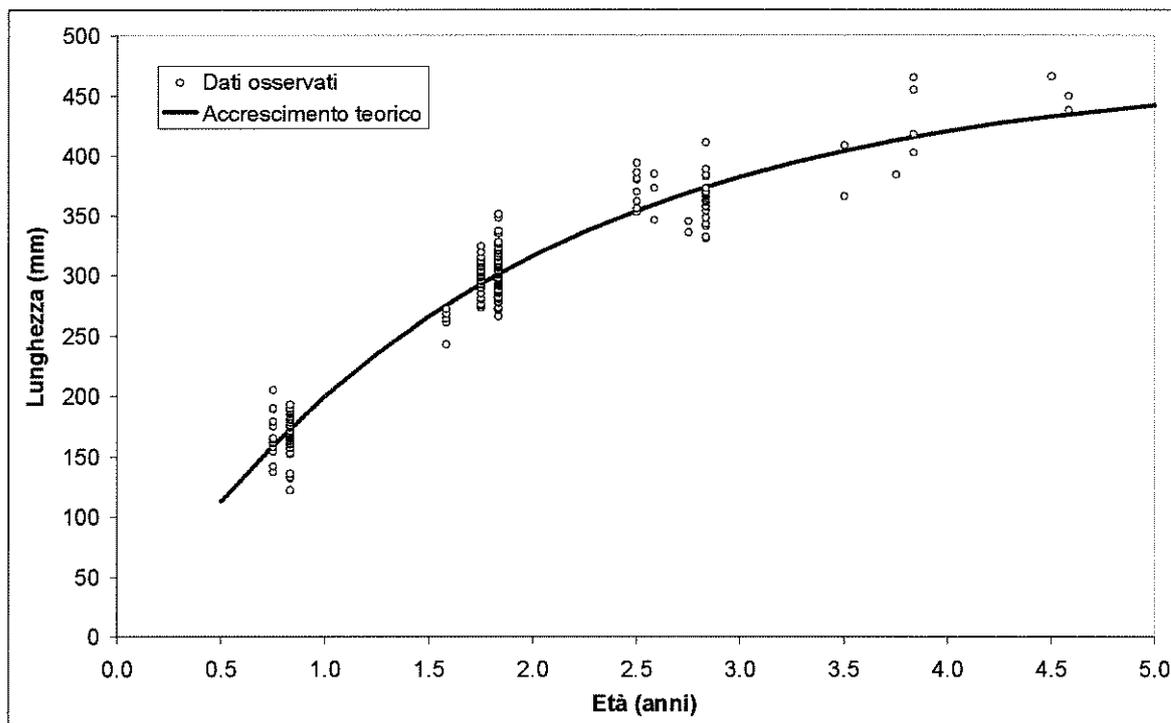


Fig. 5 – Fiume Adige: curva di crescita del temolo (Gentili et al., 2000).

Anno	Fiume Adige
1	200
2	316
3	383
4	421
5	442

Tab. 1 - Lunghezza raggiunta al termine dei primi cinque anni di crescita secondo il modello di von Bertalanffy (Gentili et al., 2000)

4.1.6 Habitat

Secondo lo schema di Huet (1954), il temolo abita un zona con caratteristiche ben definite, a cui attribuisce il nome di **“zona della trota marmorata e/o del temolo”** (con la trota marmorata con cui tipicamente coabita). Questa zona è caratteristica dei tratti ampi dei fiumi di fondovalle, dove l’incremento di produttività biologica, rispetto alle zone poste più a monte, consente lo sviluppo di importanti comunità animali e vegetali; la corrente è sempre rapida, l’alveo si allarga e la profondità aumenta rispetto ai tratti più a monte, la granulometria del substrato è media (ciottoli-ghiaia), l’ittiofauna è dominata dai Salmonidi nelle aree a forte corrente, dai Ciprinidi in quelle a corrente debole.

Habitat idraulico - morfologico

- ✂ **Deposizione delle uova:** le uova vengono deposte a profondità e velocità variabili (30 a 50 cm, 20 a 90 cm s⁻¹), come osservato in letteratura (Gonczi, 1989; Darchambeau & Poncin, 1997; Poncin, 1993; Witkowski & Kowalewski, 1988). Il substrato utilizzato è prevalentemente ghiaioso (Gonczi, 1989).
- ✂ **Avannotti:** dopo alcuni giorni passati in corrispondenza della ghiaia, passano alle zone prossime alle sponde (Sempeky & Gaudin, 1995a; 1995b), caratterizzate da profondità basse e velocità modeste (inferiori a 40 cm e a 15 - 20 cm s⁻¹) e substrato fine (sabbia o fango). Gli individui più grandi (20–35 mm) frequentano la zona di transizione tra le acque marginali e l'alveo principale. Le aree spondali sono habitat ideali per i temoli piccoli, che vi stazionano in branchi mantenendosi nella parte superiore della colonna d'acqua, dove riescono ad alimentarsi con invertebrati di *drift* (Scott, 1985). La scelta di questi habitat dipende dall'incapacità di stare in correnti forti, dalla limitata attitudine al nuoto delle larve, dalla minore presenza di predatori e da una maggiore disponibilità di cibo presso le rive (Bardonnnet & Gaudin 1991; Sempeky, 1994, 1995b). Nelle aree marginali è possibile che si verifichino momenti di asciutta, soprattutto nei fiumi interessati da *hydropeaking*.
- ✂ **Giovani:** in questo stadio vitale i temoli tendono ad occupare zone più centrali dell'alveo, con profondità caratteristiche che variano tra i 40-60 cm, e velocità tra i 20–40 cm s⁻¹. I temoli si posizionano nei pressi del fondo, prediligendo substrati a ciottoli o ghiaia. È stato osservato che i giovani durante la notte, quando i rischi di predazione sono minori, tendono a sfruttare anche le aree marginali, ad acque molto basse e corrente debole, come zone di riposo (Bardonnnet *et al.*, 1991; Bardonnnet & Gaudin, 1991; Greenberg *et al.*, 1994; Sempeky & Gaudin, 1995b; Sempeky *et al.*, 1998).
- ✂ **Adulti:** occupano la zona centrale del corso d'acqua (Jankovic, 1964, Northcote, 1995), con profondità comprese tra 60 e 165 cm ed un gradimento per velocità inferiori a 10 cm s⁻¹ e per i substrati grossolani (Greenberg *et al.*, 1994). Stanno spesso in gruppo nelle zone profonde, mentre non si nascondono tra i massi; prediligono rifugi che forniscono isolamento visivo tra l'ambiente terrestre e quello acquatico, quali per esempio vegetazione sporgente sull'acqua, ponti ecc. (Greenberg *et al.*, 1994).

Habitat termico

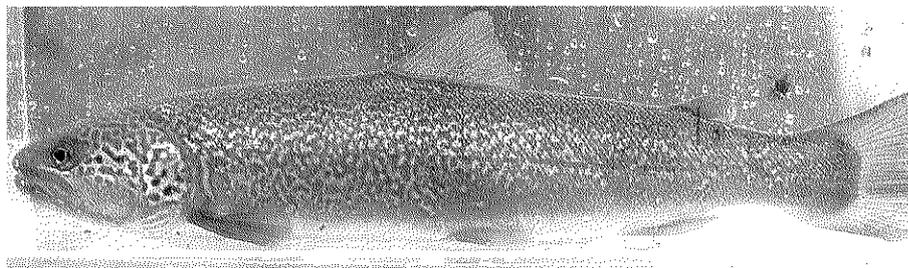
Il temolo è una specie stenoterma; la temperatura più gradita è circa di 18 °C, mentre valori maggiori non sono idonei (Varley, 1967; Northcote, 1995). Varley (1967) indica come limite termico superiore letale per il temolo una temperatura di 24.1 °C, riferita ad esemplari acclimatati a 6 °C.

Qualità delle acque

Pur prediligendo acque ben ossigenate, il temolo può comunque vivere in acque con concentrazioni di ossigeno alle quali le trote fario iniziano ad essere stressate (Northcote, 1995) e sopporta meglio degli altri Salmonidi acque acide.

L'introduzione nelle nostre acque del ceppo di temolo "danubiano", ha comportato anche l'estensione dell'areale di distribuzione in tratti in cui la qualità delle acque non è ottimale.

4.2 La trota marmorata (*Salmo trutta marmoratus*)



4.2.1 Classificazione sistematica

SUPERCLASSE:	Pesci
CLASSE:	Osteitti
SOTTOCLASSE:	Attinopterigi
GRUPPO:	Teleostei
ORDINE:	Salmoniformi
FAMIGLIA:	Salmonidi
SOTTOFAMIGLIA:	Salmoninae
GENERE:	Salmo
SUPER-SPECIE:	Salmo trutta
SEMI-SPECIE:	<i>Salmo (trutta) marmoratus</i>

La trota marmorata, *Salmo (trutta) marmoratus*, è semispecie di *Salmo trutta*.

4.2.2 Caratteristiche corporee

Di dimensioni ragguardevoli, può arrivare a lunghezze superiori al metro; sono infatti state segnalate diverse catture di esemplari del peso di oltre 20 kg.

La trota marmorata è caratterizzata da una livrea con marmoreggiatura grigio scuro - verdastra (da cui prende il nome) su sfondo grigio - giallino; gli avannotti presentano puntini rossi sfumati, che scompaiono però negli adulti. Gli individui ibridi tra marmorata e fario sono caratterizzati dalla presenza sia della marmoreggiatura che dei puntini rossi tipici della fario.

4.2.3 Distribuzione geografica

La trota marmorata è presente, anche ormai in maniera frammentata, nei tratti medi di tutti i principali tributari dell'alto Adriatico, dall'Isonzo all'Adige, nei maggiori affluenti di sinistra del Po ed in alcuni di destra, fino al Tanaro compreso, inoltre è presente nel versante adriatico della Slovenia e in Dalmazia.

La sua diffusione ha subito una forte contrazione a causa del degrado ambientale, ulteriormente aggravata dalle massicce immissioni di trota fario nei tratti intermedi dei fiumi. L'eliminazione della naturale separazione spaziale delle due specie, in grado di ibridarsi fra loro, ha determinato l'affermarsi di popolazioni ibride a scapito della marmorata anche negli ambienti fluviali caratteristici di quest'ultima. Si è peraltro osservato che, interrompendo i ripopolamenti di fario, la naturale evoluzione dei popolamenti ittici vede un graduale riaffermarsi della trota marmorata.

4.2.4 Comportamento

Utilizza rifugi e predilige le acque profonde. I giovani si nutrono di invertebrati, mentre gli adulti si alimentano prevalentemente di pesci. L'accrescimento di questa specie è piuttosto rapido. La riproduzione avviene con modalità analoghe a quelle della fario, sebbene le maggiori taglie che caratterizzano la marmorata facciano sì che le tracce della frega lasciate dalle femmine durante lo scavo dei nidi possano riguardare aree di substrato ben più ampie.

La maturità sessuale è raggiunta al terzo anno di età per i maschi e al terzo o quarto per le femmine. Il periodo riproduttivo è compreso nei mesi di novembre e dicembre. Ogni femmina depone circa 2300 uova per kg di peso corporeo.

4.2.5 Accrescimento

I primi 3 anni di vita sono caratterizzati da una crescita simile a quella della trota fario; negli anni successivi, invece, sia per predisposizione genetica che per diversa alimentazione ed habitat frequentati la trota marmorata cresce sensibilmente più della fario, il cui tasso di crescita tende a rallentare (Gandolfi *et al.*, 1991).

4.2.6 Habitat

La marmorata popola i tratti pedemontani dei corsi d'acqua (**zona del temolo/marmorata**, secondo la classificazione di Huet, 1954), caratterizzati da portate d'acqua elevate e con acque fresche (con temperature inferiori a 16-18 °C) e ossigenate. Essa può occupare anche risorgive e fontanili, dove trova substrati idonei per la riproduzione (Ielli, 1994).

Nei torrenti di fondovalle è associata allo scazzone, che costituisce la sua preda, e spesso alla trota fario, spesso artificialmente immessa.

Nei grandi fiumi a corrente veloce (Po, Ticino, Adda, Adige, Brenta, Piave, Tagliamento, Isonzo ecc.) si trova associata con il temolo e numerosi ciprinidi reofili (barbo, cavedano, savetta, vairone). A livello di semispecie è nota una certa territorialità, che si accentua durante il periodo della frega.

La trota marmorata necessita di habitat fluviali estremamente eterogenei, con un'alternanza di zone lente e profonde e di tratti bassi e veloci, poiché i diversi stadi vitali (avannotti, giovani ed adulti) hanno esigenze ambientali piuttosto differenti (Gentili *et al.*, in stampa). Gli individui adulti di grosse dimensioni prediligono gli ambienti di buca, dove trovano adeguati rifugi, mentre nelle zone a corrente bassa e veloce sono più abbondanti gli individui giovani (Fig. 6, Fig. 7).

Tra i soggetti di mole maggiore si crea una gerarchia e il dominante occupa i posti migliori come le profonde buche a ridosso delle massicciate, con ostacoli naturali costituiti da grandi massi sommersi o da alberi caduti in acqua (Haury *et al.*, 1991; Ielli, 1994).

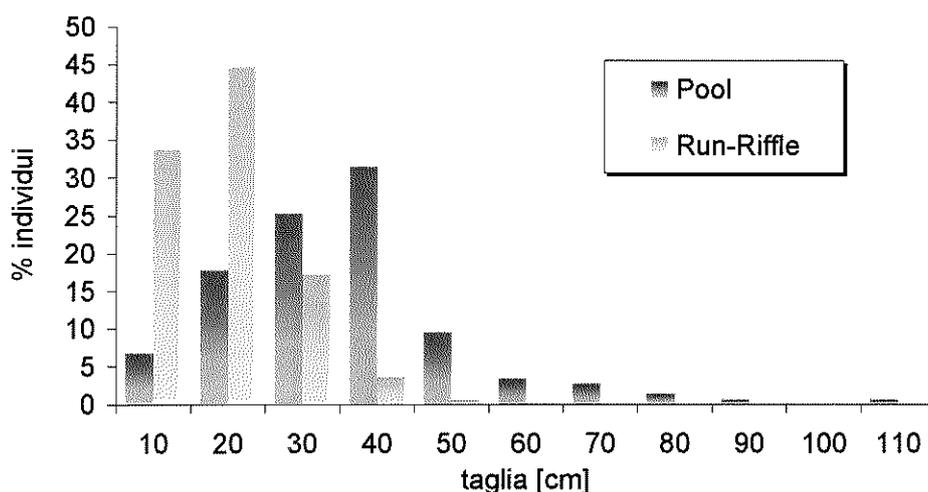


Fig. 6 – Frequenza degli individui in funzione della taglia, differenziati per unità di mesohabitat (Gentili *et al.*, in stampa)

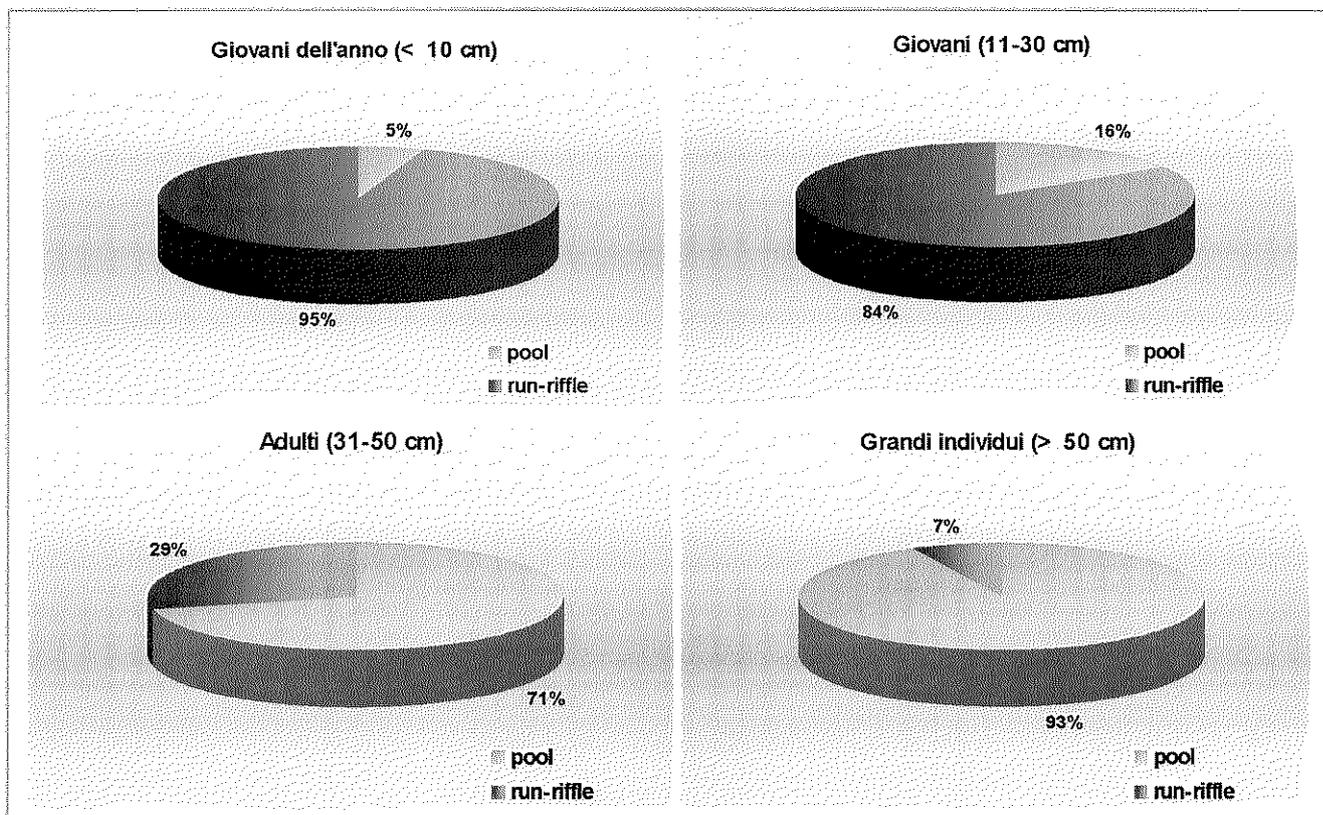


Fig. 7 – Ripartizione degli individui appartenenti a diversi stadi vitali della trota marmorata, tra pool e riffle (Gentili *et al.*, in stampa).

5. METODOLOGIE UTILIZZATE

Il presente capitolo fornisce una descrizione dettagliata delle metodologie impiegate per il raggiungimento degli obiettivi del lavoro.

In particolare vengono prima presentate le attività che hanno portato alla definizione sperimentale delle curve di preferenza per il temolo, cui fa seguito la descrizione del metodo impiegato per valutare la trasferibilità, sul Fiume Adige, delle curve della marmorata sviluppate sul Sesia.

5.1 Curve di preferenza

5.1.1 Premessa

Al fine di definire in modo sperimentale le preferenze idraulico-morfologiche del temolo sull'Adige, sono state applicate le metodologie ad oggi più utilizzate a livello internazionale e supportate da

bibliografia di rilievo, cioè quelle delle “**Curve di Preferenza**” (HSI, *Habitat Suitability Index*). Messa a punto negli Stati Uniti verso i primi anni '70 (Bovee K., 1977, 1978, 1982, 1986; Morhardt J.E., Hanson D.F., 1988) la metodica prevede la costruzione di indici, basati su osservazioni sperimentali, che definiscono una relazione tra alcuni parametri ambientali caratteristici di un corso d'acqua e la qualità dell'habitat richiesto da specie acquatiche appositamente scelte quali indicatori. Questa procedura di definizione della preferenza si basa su dati sperimentali, che esprimono le abbondanze relative degli organismi in diverse condizioni di *microhabitat*, pesate sull'habitat realmente disponibile nello stesso segmento di fiume, in modo tale da ottenere la preferenza.

Tale metodologia è stata scelta non solo perché ritenuta affidabile, ma soprattutto perché porta a risultati che sono direttamente impiegabili quali dati di input nelle simulazioni dell'habitat fluviale al variare della portata, alla base della determinazione dei deflussi minimi vitali. Essa nasce, nello specifico, quale parte integrante della metodologia IFIM (Stalnaker *et al.*, 1994), per quanto riguarda la parte relativa all'analisi dei *microhabitat*: questa viene effettuata tramite un apposito modello di simulazione dell'habitat fluviale, PHABSIM, che necessita di Curve di Preferenza specifiche per i tre parametri che, nelle sue premesse, individuano il microhabitat: profondità dell'acqua, velocità della corrente e granulometria del substrato. Secondo questo approccio, ogni variabile viene analizzata e valutata in maniera indipendente dalle altre.

Gli indici così costruiti potranno essere impiegati direttamente all'interno dei modelli di simulazione previsti nel presente lavoro.

5.1.2 Il concetto di preferenza

La preferenza di un organismo per uno specifico parametro dell'habitat viene definita da seguente rapporto (Bovee, 1982):

$$\text{Preferenza} = \text{Utilizzo} / \text{Disponibilità}$$

L'utilizzo indica il numero di individui che vengono ritrovati, al momento del campionamento, nei vari microhabitat presenti all'interno del segmento di fiume; la variabilità di ogni parametro del microhabitat (profondità, velocità, substrato) è suddivisa in intervalli di valori, cui consegue che l'utilizzo esprimerà ad esempio il numero di pesci situati alla velocità compresa fra 0 e 20 cm/s, oppure alla profondità di 50-60 cm, o ancora su un substrato costituito prevalentemente da ciottoli.

La disponibilità indica l'abbondanza, nell'area complessiva campionata, di ogni intervallo in cui è suddiviso ciascun parametro; definire la disponibilità significa quindi quantificare l'effettiva possibilità di uso, da parte dei pesci, delle diverse condizioni di habitat.

Ponderare l'utilizzo con la disponibilità permette di discriminare se gli individui di una specie scelgono una condizione di habitat perché effettivamente preferita rispetto ad altre, oppure perché è la più abbondante o addirittura l'unica.

La preferenza può essere **normalizzata fra 0 e 1**, dove ogni valore dipende dal gradimento della specie considerata per un dato intervallo di variazione di parametri idraulici e morfologici; la rappresentazione grafica dell'indice e la sua eventuale formalizzazione matematica viene chiamata **curva di preferenza**.

5.1.3 Indagini di campo

Vengono in seguito ripercorse tutte le fasi pianificate ed eseguite per la raccolta dei dati di campo, al fine della determinazione delle curve di preferenza del temolo.

SELEZIONE DELL'AREA DI STUDIO

L'area di studio, legata al progetto specifico dell'Autorità di Bacino del Fiume Adige, è stata scelta all'interno del tratto di Fiume Adige avente le caratteristiche di habitat tipiche per ospitare il temolo. Si tratta della zona definita per l'appunto "a temolo/marmorata", tipicamente situata nel tratto di fondovalle di un corso d'acqua, caratterizzata da corrente rapida, larghezza e profondità dell'alveo maggiori rispetto ai tratti torrentizi posti a monte, granulometria del substrato medio-fine e ittiofauna dominata dai Salmonidi nelle aree a forte corrente, dai Ciprinidi in quelle a corrente debole.

All'interno del tratto fluviale di interesse, compreso fra Mori e Zevio, abbiamo selezionato alcune stazioni di indagine; il criterio di scelta è stato quello della rappresentatività degli habitat nell'area di studio: abbiamo cercato cioè di rilevare, tramite il campionamento, la maggior parte delle possibili combinazioni di microhabitat presenti in tutto il tratto.

È inoltre bene ricordare che, per la corretta definizione delle preferenze idrauliche e morfologiche, è auspicabile l'assenza di altri fattori di criticità oltre alla scarsità d'acqua (dovuta alle derivazioni), quali una limitata qualità delle acque, un range di temperature dell'acqua fuori dai limiti di tolleranza della specie.

MODALITÀ DI CAMPIONAMENTO

In ogni sito selezionato per l'indagine sperimentale, il campionamento è stato effettuato in due fasi successive:

1. Campionamento ittico, mediante elettrostorditore, al fine di rilevare i dati relativi all'utilizzo del microhabitat da parte di ognuno dei temoli catturati.
2. Misurazione dei parametri ambientali del microhabitat su specifici transetti ritenuti rappresentativi, al fine della determinazione delle caratteristiche idrauliche e morfologiche dell'habitat disponibile per il temolo.

I parametri del microhabitat oggetto del rilevamento sono stati:

- *La profondità dell'acqua*: rilevata mediante un'asta graduata.
- *La velocità della corrente*: misurata con un correntometro, in corrispondenza del 60% circa di profondità rispetto al pelo libero dell'acqua, in modo da ottenerne indicativamente una media sulla colonna d'acqua.
- *La granulometria del substrato prevalente*: descritta visivamente sul posto e classificata in accordo con il codice a 8 classi schematizzato nella
- Tab. 2.

Codice	Descrizione del substrato
1	Detrito e materiale organico
2	Argilla
3	Limo (<0,062 mm)
4	Sabbia (0,062 - 2 mm)
5	Ghiaia (2 - 64 mm)
6	Ciottoli (64 - 250 mm)
7	Massi (250 - 4000 mm)
8	Letto roccioso

Tab. 2 – Classificazione del substrato (Bovee, 1986)

Rilevamento dei dati di utilizzo

Per quanto riguarda il **rilevamento dei dati di utilizzo**, obiettivo del campionamento ittico è stato quello di localizzare la posizione di ogni temolo individuato nell'area di studio, in modo da poter poi misurare i parametri del microhabitat in cui era stato ritrovato.

La raccolta dei dati ittici ha previsto una prima fase di localizzazione del pesce, identificazione della specie e definizione della taglia, cui ha fatto seguito la raccolta dei dati ambientali relativi al punto in cui il pesce è stato localizzato.

In linea generale è necessario che le tecniche per la raccolta dei dati biologici siano a basso impatto, cioè che non comportino la fuga del pesce dal suo microhabitat prima della cattura, e che i campioni risultino ben localizzati, e ciò significa quindi che l'osservatore e la tecnica di raccolta non devono interferire con l'osservazione.

Esistono sostanzialmente tre tipologie di tecniche utilizzabili per la raccolta dei dati biologici (Bovee, 1986):

- Osservazione diretta da superficie o subacquea: si tratta di metodi a impatto sostanzialmente nullo sul pesce, che hanno però alcune limitazioni all'impiego. L'osservazione da superficie è indicata in corsi d'acqua relativamente piccoli, non turbolenti e a bassa velocità, con presenza di numerosi punti di osservazione esterni, e può funzionare in caso di specie che non vivono in tane o a profondità troppo elevate; in questo caso i punti di localizzazione dei pesci vengono segnati su

una planimetria, e successivamente si misurano i parametri del microhabitat. L'osservazione subacquea è ideale nei tratti ad elevata profondità, con acqua piuttosto limpida, e per specie che tendono a stazionare in luoghi ben nascosti; in questo caso il microhabitat può essere caratterizzato ad ogni avvistamento, oppure in una fase successiva, avendo cura di lasciare nei punti un apposito marcatore.

- **Pesca elettrica:** tramite l'impiego dell'elettrostorditore, apparecchio che genera un campo elettrico in acqua tra due elettrodi, lancia (anodo) e massa (catodo), tra i quali si stabilisce una corrente elettrica, è possibile catturare in modo rapido i pesci presenti in un tratto fluviale, per poi liberarli una volta effettuate le valutazioni necessarie. In ciascuno dei punti dove è stato catturato un pesce, vengono misurati di volta in volta o in seguito, i parametri identificativi del microhabitat. Questa metodologia permette di campionare in condizioni di visibilità non ottimali e di individuare con certezza la specie e la taglia, poiché il soggetto può essere osservato con cura; non è però adottabile in zone fluviali profonde, necessita di una squadra di operatori numerosa e ben addestrata e può inoltre provocare spostamenti innaturali dei pesci, introducendo errori nei dati.
- **Biotelemetria:** un dispositivo emette un segnale che viene captato da un apposito ricevitore, permettendo quindi di localizzare la sorgente. Il trasmettitore deve essere impiantato nel pesce (all'esterno del corpo o impiantato chirurgicamente) che, una volta rilasciato, dovrebbe comportarsi in modo naturale. Si tratta di un metodo di grandi prospettive ma che richiede altissima specializzazione e notevoli costi strumentali. Considerato l'impegno di tempo e di costi richiesto dalla biotelemetria, si ritiene che tale tecnica possa essere impiegata in caso di studi particolarmente approfonditi o ripetuti nel tempo, oltre che per specie di grossa taglia che risultano meno infastidite dal trasmettitore.

Nel caso dell'Adige, le ingenti dimensioni del fiume hanno impedito l'impiego dell'osservazione di superficie; la sporadicità di presenza di buche, oltre alla conoscenza del fatto che il temolo tende a stare in corrente (Persat, 1998; Mallet *et al.*, 2000), hanno fatto escludere la campagna subacquea. Anche la biotelemetria è stata esclusa, in quanto considerata eccessivamente onerosa in termini di risorse umane ed economiche.

Quale tecnica di campionamento per la cattura dei pesci abbiamo optato per la pesca con elettrostorditore, in quanto considerata la tecnica di maggior efficacia e praticabilità nelle zone di *run* e *riffle* (Bovee, 1986, Lambert, Hanson, 1987 Heggens *et al.*, 1990), quali quelle dell'Adige.

Il campionamento, effettuato con elettrostorditore a zaino modello "Ittiosanitaria Acquatecno ELT-IIIE" da 1500 Watt, ha previsto le seguenti fasi:

- raggiungimento della zona di campionamento con la massima cautela possibile;
- immersione dell'elettrodo e sua messa in tensione;
- cattura degli esemplari storditi
- misura dei parametri del microhabitat nel punto di cattura del pesce.

Il lavoro in campo è stato svolto da una squadra composta da sette persone, con i seguenti compiti:

- portare e azionare lo storditore (1 persona)
- manovrare la lancia elettrica (1 persona)
- raccogliere con reti a manico i pesci storditi (2 persone)
- trasportare i pesci storditi in vasche di raccolta poste lungo la riva (1 persona)



Fig. 9 - Rilevamento dei parametri del microhabitat lungo un transetto, al fine della determinazione della disponibilità d'habitat.

5.1.4 Periodo di campionamento

Il campionamento per la valutazione della preferenza è stato eseguito durante i mesi invernali di dicembre e gennaio.

È noto a livello di biologia delle specie che esiste una variazione stagionale nell'uso dell'habitat, in funzione della temperatura dell'acqua, che influenza il metabolismo, le abitudini alimentari e il modo di nuotare.

È chiaro quindi che alla scelta del momento dell'indagine è legato il particolare comportamento nei pesci nel periodo invernale, oltre alle difficoltà operative legate al clima, che hanno reso difficoltosa l'attività in campo. Questo limite è stato almeno in parte compensato dal fatto che si tratta del periodo di magra, con una conseguente facilitazione dei movimenti degli operatori in alveo, grazie alle portate limitate.

5.1.5 Elaborazioni

In considerazione del fatto che l'utilizzo dell'habitat varia generalmente in funzione non solo della specie ma anche degli stadi vitali, i dati rilevati hanno riguardato i soggetti di tutte le taglie, al fine di coprire le diverse fasce d'età. Nello specifico sono stati considerati quattro gruppi d'età: i giovani dell'anno (età 0+), i giovani (età 1+), quelli di età 2+ e gli adulti (età maggiore di 3 anni).

STADIO VITALE	LUNGHEZZA
Giovani dell'anno (individui 0+)	≤ 20 cm
Giovani 1+	20 - 30 cm
Giovani 2+	30 - 40 cm
Adulti	≥ 40 cm

Tab. 3 – Stadi vitali di temolo di cui è stata studiata la preferenza.

Una volta raccolti, i dati di utilizzo suddivisi per stadio vitale e i dati di disponibilità sono stati analizzati sotto forma di istogrammi di frequenza per classi. Dalla ponderazione dell'utilizzo con la disponibilità è stata calcolata la preferenza, in seguito normalizzata in modo da ottenere valori dell'indice variabili tra 0 e 1.

Un altro obiettivo importante dell'elaborazione consiste generalmente nel tentativo di ridurre la disomogeneità dei dati sperimentali, al fine di ottenere una rappresentazione grafica facilmente interpretabile, che rappresenti la risposta comportamentale di una specie alle variabili ambientali (Bovee, 1986).

A tal fine si può ricorrere a diverse tecniche; la più comune consiste nella valutazione dei risultati variando gli intervalli del parametro, generalmente ampliandoli in modo da ottenere andamenti più omogenei. Nel caso dell'Adige la decisione è stata quella di non ampliare gli intervalli ma di mantenerli ogni 10 cm per la profondità e ogni 10 cm/s per la velocità, ritenendo necessario fornire informazioni dettagliate sull'andamento della preferenza.

È inoltre fondamentale che l'elaborazione dei dati venga sempre supportata dal giudizio di esperti, comunemente utilizzato per apportare modifiche alle curve risultanti dalle elaborazioni dei dati sperimentali (Bovee K., 1986; Modde T. & Hardy T., 1992), proprio al fine di fornire all'utilizzatore uno strumento che abbia una gradualità di andamento e che sia omogeneo dal punto di vista ecologico. È importante infatti ottenere delle curve che abbiano un trend ben definito, non potendo altrimenti spiegare in termini ecologici gli eventuali punti di discontinuità fra dati contigui, spesso dovuti ad una limitata numerosità del pool di dati sperimentali di partenza; è chiaro ad esempio che se un pesce gradisce al massimo profondità di 60 cm, non potrà mostrare una preferenza nulla o comunque molto bassa per valori del parametro di 50 o di 70 cm.

5.2 Valutazione della trasferibilità delle curve di preferenza

Una curva di preferenza definita sperimentalmente su un corso d'acqua può essere definita trasferibile quando può essere utilizzata su un altro fiume, al fine della determinazione del deflusso minimo vitale.

Effettuando delle **indagini di campo**, mediante la medesima procedura di campionamento utilizzata per la definizione delle curve di preferenza (Bovee, 1986; per una descrizione dettagliata dei campionamenti di utilizzo dell'habitat e di disponibilità si veda il paragrafo 5.1.3), si può disporre di una serie di dati di utilizzo dei microhabitat da parte della trota marmorata e di una serie di dati di disponibilità. In questo caso però, lo sforzo di campo è più contenuto rispetto a quello richiesto per definire *ex-novo* un set di curve di preferenza.

Nel caso dell'Adige si ricorda che avendo effettuato il campionamento ittico per temolo e trota marmorata nelle stesse stazioni di studio, la disponibilità misurata di habitat è la medesima per entrambe le specie.

L'approccio seguito per valutare la predittività delle curve di preferenza del Sesia è stato quello della **valutazione dell'idoneità dei microhabitat utilizzati** dalle trote marmorate catturate sull'Adige, applicando a ciascuno le curve di preferenza del Sesia, procedendo in parte secondo l'unico lavoro presente a livello bibliografico (Bovee, 1986, Thomas & Bovee, 1993).

5.2.1 Elaborazioni

5.2.1.1 *Valutazione dell'idoneità delle celle utilizzate*

La fase di elaborazione dei dati prevede l'applicazione delle curve di preferenza da tarare al sito di verifica.

Ogni curva di preferenza da testare viene innanzi tutto schematizzata in tre 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.

Di ogni singolo microhabitat utilizzato da una trota marmorata è stata definita l'idoneità in base alle curve di preferenza del Sesia, tenendo separati i parametri: ad ogni trota sono quindi stati associati tre differenti livelli di idoneità, uno per parametro.

Per ciascuno stadio vitale e per ogni parametro abbiamo così ottenuto un totale di microhabitat ottimali, di microhabitat utilizzabili e di microhabitat non idonei.

In funzione della percentuale di microhabitat ottimali e utilizzabili sul totale, le curve del Sesia sono state accettate tal quali oppure opportunamente modificate.

6. RISULTATI

6.1 Curve di preferenza del temolo

Tramite i campionamenti effettuati nelle 5 stazioni sul Fiume Adige, sono stati catturati nel complesso 262 temoli, appartenenti a differenti classi di età in funzione della taglia stimata. La taglia minima riscontrata è stata pari a 10 cm, mentre la massima è 40 cm.

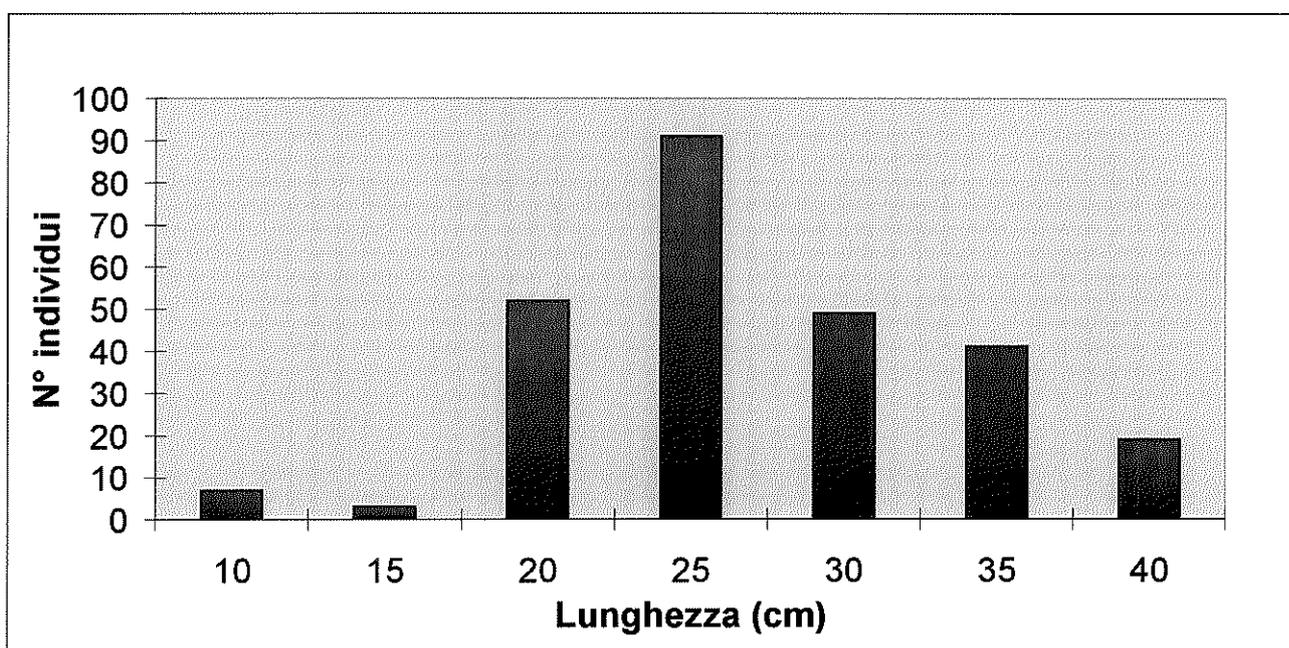


Fig. 10 – Frequenza dei temoli catturati in funzione della taglia

Nello specifico gli individui di 1 anno sono risultati i più frequenti (140 in totale), mentre sono 62 gli individui giovani dell'anno, 41 quelli di 2 anni e 19 gli adulti più grandi (Tab. 4).

I campionamenti hanno coperto un'area piuttosto vasta, pari a 27.035 m² di fiume.

STAZIONI	N° TEMOLI	0+	1+	2+	3+	SUPERFICIE (m ²)
Mori	121	36	62	18	5	9533
Ala	44	7	16	13	8	5128
Ala-Acquasagra	49	10	29	8	2	5317
Ponte Di Peri	41	2	33	2	4	5470
Zevio	7	7	0	0	0	1587
Tutte le stazioni	262	62	140	41	19	27035

Tab. 4 – Riepilogo dei dati raccolti di utilizzo da parte del temolo e di disponibilità

I campione di dati raccolti sull'Adige per ciascun stadio vitale può essere considerato relativamente affidabile in termini di numerosità, pur con alcune riserve soprattutto sugli individui giovani. Questo aspetto è particolarmente delicato ed importante, in quanto l'affidabilità nell'applicazione delle curve di preferenza non può prescindere da due fattori fondamentali (Bovee, 1977), che dovrebbero occorrere contemporaneamente:

- **l'eterogeneità idraulico-morfologica** dell'habitat campionato: l'habitat campionato dovrebbe essere caratterizzato da condizioni idrauliche e morfologiche diversificate e con la contemporanea presenza di un ampio range di combinazioni dei parametri; solo in un ambiente di questo tipo è possibile stabilire le reali preferenze dei pesci, in quanto non condizionati dalla presenza di poche tipologie di habitat, bensì liberi di scegliere in funzione del gradimento.
- la **dimensione del campione** di pesci osservati o catturati. Si può ritenere ottimale un campione di pesci per stadio vitale (corrispondenti quindi ad un numero di dati di utilizzo del microhabitat) superiore ai 200 individui, se l'habitat campionato è particolarmente eterogeneo; al di sotto dei 200 il campione può essere considerato di buona qualità, mentre se il numero di pesci è inferiore a 50 l'affidabilità dei risultati è scarsa.

È chiaro quindi che il caso dell'Adige costituisce già una buona base di partenza, che potrebbe comunque essere migliorato, mediante l'integrazione del campione.

Al fine di evidenziare le eventuali differenze fra i microhabitat utilizzati dalle differenti classi di età, per ciascun parametro idraulico si è proceduto a calcolare la media dei valori e la loro variabilità.

Cominciando dalla profondità, come osservabile in Fig. 11 la classe 0+ si differenzia dalle altre tre in maniera piuttosto evidente, situandosi su valori inferiori, con una media pari a 47,7 cm. Le altre tre classi di età presentano valori di profondità sovrapposti, con medie intorno ai 65 cm, non permettendo quindi una chiara distinzione in termini di utilizzo dell'habitat.

Per quanto riguarda la velocità, anche se in maniera meno evidente rispetto alla profondità, si osserva una differenza fra i giovani dell'anno e gli altri tre gruppi, che mostrano mediamente di utilizzare acque più veloci rispetto ai primi (Fig. 12).

A seguito delle considerazioni suddette, si è ritenuto opportuno continuare l'analisi delle preferenze tenendo conto di due categorie di individui di temolo (anziché le quattro ipotizzate inizialmente):

- i giovani dell'anno;
- gli adulti, gruppo formato dalle classi di età 1+, 2+, 3+ insieme.

Questa suddivisione è funzionale alla costruzione delle curve di preferenza differenziate per stadi vitali. Partendo proprio dal presupposto che la scelta dei microhabitat sia differente a seconda dell'età del pesce, quindi della sua lunghezza, del suo ruolo all'interno dell'ecosistema e delle sue abitudini, abbiamo valutato in che misura i pesci catturati mostrassero un differente utilizzo dei parametri idraulici. Da tale valutazione è scaturito che le differenze rilevabili interessano di fatto i giovani dell'anno, rispetto al complesso degli altri individui e si è quindi arrivati alla conclusione che anche la differenziazione delle curve dovesse riguardare solo due gruppi di individui.

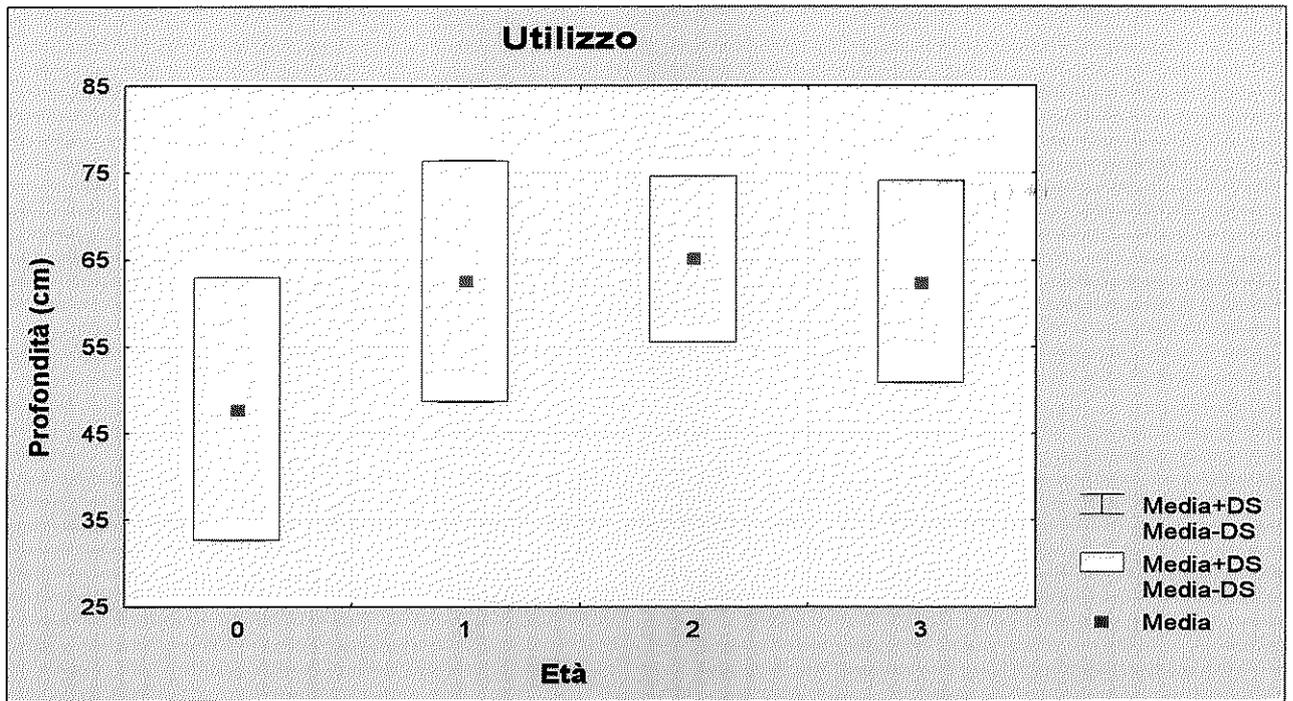


Fig. 11 – Variabilità delle profondità utilizzate dai temoli appartenenti a differenti classi di età

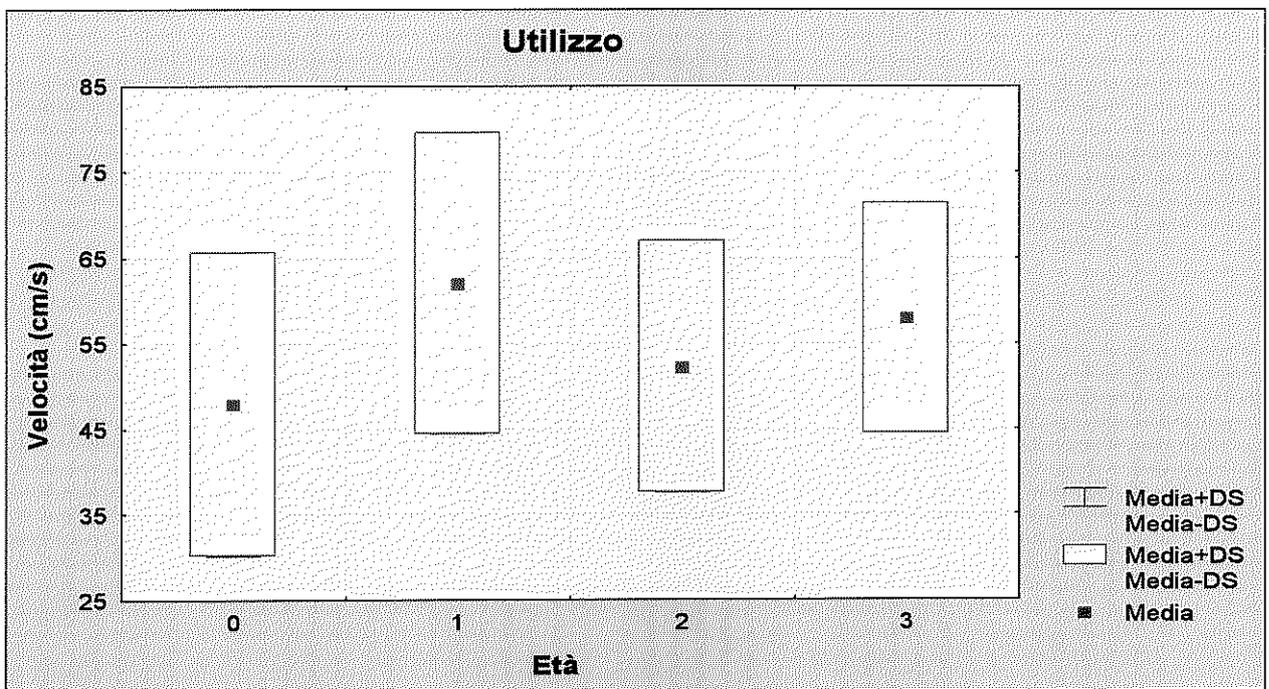


Fig. 12 – Variabilità delle velocità utilizzate dai temoli appartenenti a differenti classi di età

6.1.1 Curve di preferenza per la profondità

Analisi dei dati di utilizzo e disponibilità

L'habitat disponibile è ripartito in maniera piuttosto omogenea fino ad 1 m circa di profondità, indicando quindi una buona variabilità delle condizioni idrauliche, permettendo quindi ai pesci la possibilità di scegliere le condizioni realmente preferite. Si osserva comunque un massimo di frequenza delle profondità tra i 20 e i 40 cm, mentre meno rappresentati sono i valori più elevati, come ci si aspetta da ambienti di *riffle* quali quelli oggetto d'indagine, in cui la portata è artificialmente ridotta da una derivazione.

Per quanto riguarda l'utilizzo, già dall'analisi delle frequenze di utilizzo emerge una differenza netta fra il comportamento dei giovani e quello degli adulti. I primi utilizzano profondità inferiori, partendo da valori bassi (20-30 cm), mostrando un'elevata frequenza nella classe 40-50 cm, andando quasi a scomparire oltre i 70 cm. Gli adulti non utilizzano profondità inferiori ai 40 cm, mentre gli intervalli più utilizzati sono proprio dai 40 ai 70 cm; alcuni individui sono stati rinvenuti anche in zone più profonde. Per entrambi gli stadi vitali è comunque chiaro il rifiuto ad utilizzare profondità esigue, inferiori cioè ai 20 cm.

Si ricorda invece che non è possibile effettuare una valutazione precisa sulle profondità maggiori di 1 metro, in quanto il campionamento con elettrostorditore risulta poco efficace in tali zone.

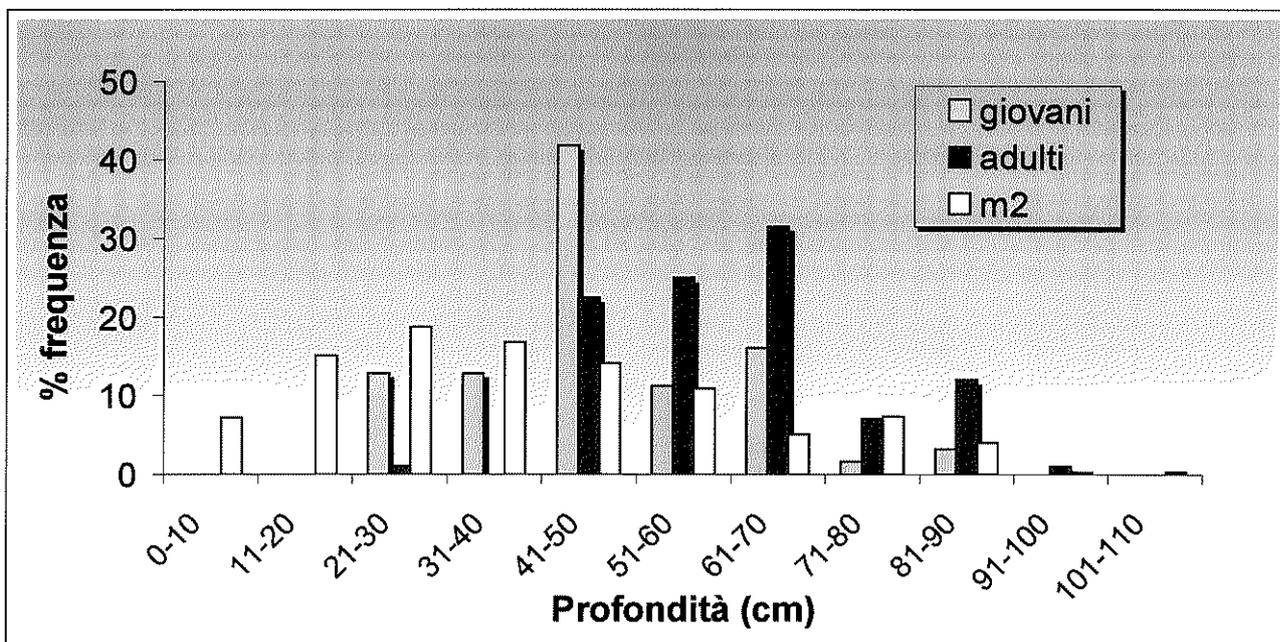


Fig. 13 – Profondità: frequenze di utilizzo per giovani e adulti e frequenze di disponibilità

Elaborazione delle curve di preferenza

Le due curve di preferenza hanno un andamento simile, soprattutto nella parte iniziale, descrivendo un incremento all'aumentare delle profondità; si osserva però che gli adulti preferiscono habitat più profondi rispetto ai giovani, come indicato dallo spostamento di tutta la prima parte della curva verso valori maggiori: già intorno ai 40 cm viene raggiunto un valore di idoneità prossimo a 1 per i giovani, mentre il massimo è in corrispondenza di 70 cm per gli adulti.

Le due curve mostrano punti di discontinuità rispetto ad un andamento che invece deve essere continuo. Di ciò occorrerà tenere conto in fase di utilizzo di tali risultati.

Analizzando i giovani, dopo i 40 cm la curva subisce un decremento netto della preferenza verso valori addirittura non idonei, mentre nell'intervallo successivo (60-70 cm) la preferenza ritorna ottimale, raggiungendo il massimo assoluto. Questo andamento non è spiegabile in termini biologici, in quanto non c'è ragione per cui sia elevato il gradimento per 40 e 70 cm, mentre le profondità intermedie siano assolutamente sgradite. Stessa considerazione può essere fatta per i due punti successivi della curva: non si spiega il rifiuto per gli 80 cm, con una risalita a 90 cm.

Analizzando la curva degli adulti, l'andamento anomalo è nell'intervallo fra il punto massimo e i 100 cm, in cui si osserva un decremento e un successivo aumento.

Nel complesso i **giovani** mostrano una preferenza per valori di profondità intermedi, compresi cioè fra i 40 e i 70 cm, mentre i valori estremi sia minimi che massimi non risultano graditi. Gli **adulti** mostrano un gradimento per habitat più profondi, confermando quando già trovato in letteratura (Mallet *et al.*, 2000), con un range di profondità utilizzabili e ottimali fra i 60 cm e 1 metro.

La segregazione in differenti profondità in funzione della taglia non è invece stata riscontrata in Greenberg *et al.* (1996), dove non è chiara una differenziazione della preferenza in funzione della taglia; in questo caso, anche le velocità sono risultate mediamente inferiori rispetto a quelle osservate sperimentalmente. I risultati ottenuti sull'Adige non sono quindi corrispondenti a quelli determinati sul fiume svedese, dove però l'ambiente fluviale era molto particolare: latitudine elevata, altitudine media e posizione del corso d'acqua fra due laghi, caratterizzano questo ambiente come estremo per il temolo europeo. Inoltre la grande variabilità numerica riscontrata in funzione della stagione fanno pensare ad un popolamento non sedentario ma mobile; è ragionevole presumere che essi appartengano ad una popolazione lacustre, e che alcuni individui tendono a muoversi in corrente durante l'estate. In tale ambiente Greenberg *et al.* (1996) ha dimostrato preferenze nette da parte dei giovani dell'anno (2-4 cm di lunghezza) per profondità elevate (105-180 cm), mentre per tutti gli stadi vitali preferenze per velocità ridotte (<10 cm/s).

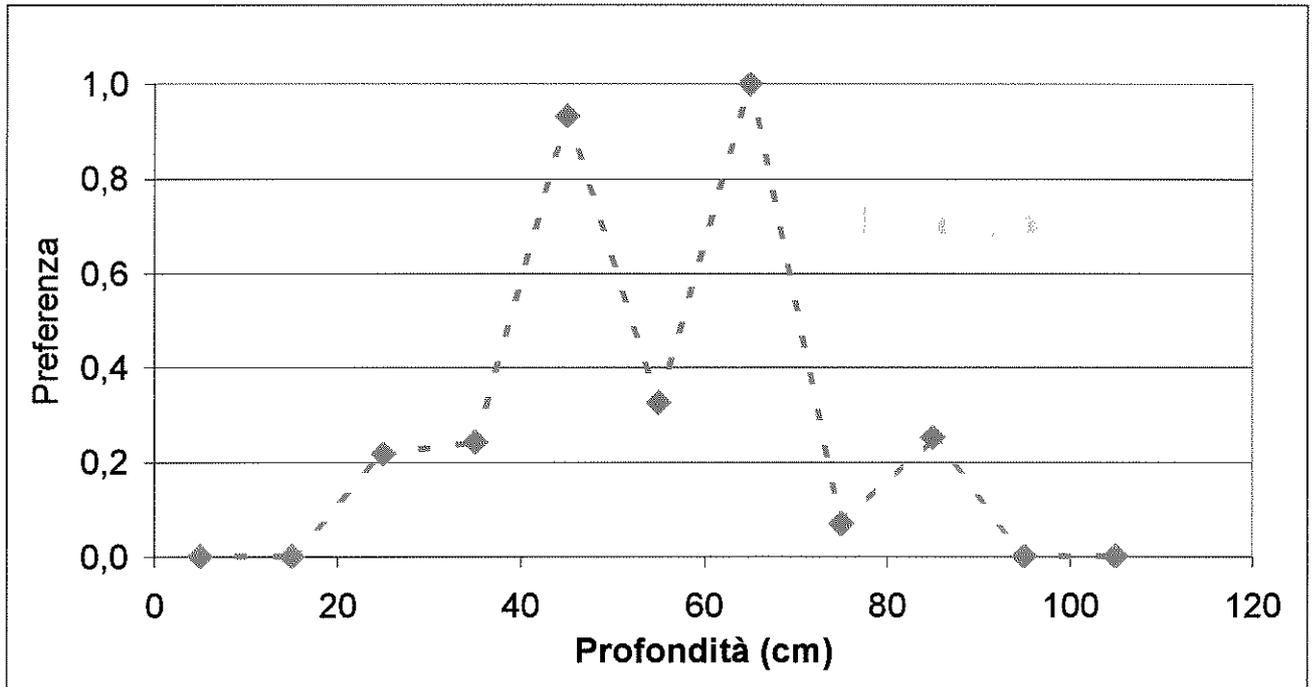


Fig. 14 – Curva di preferenza dei giovani per la profondità

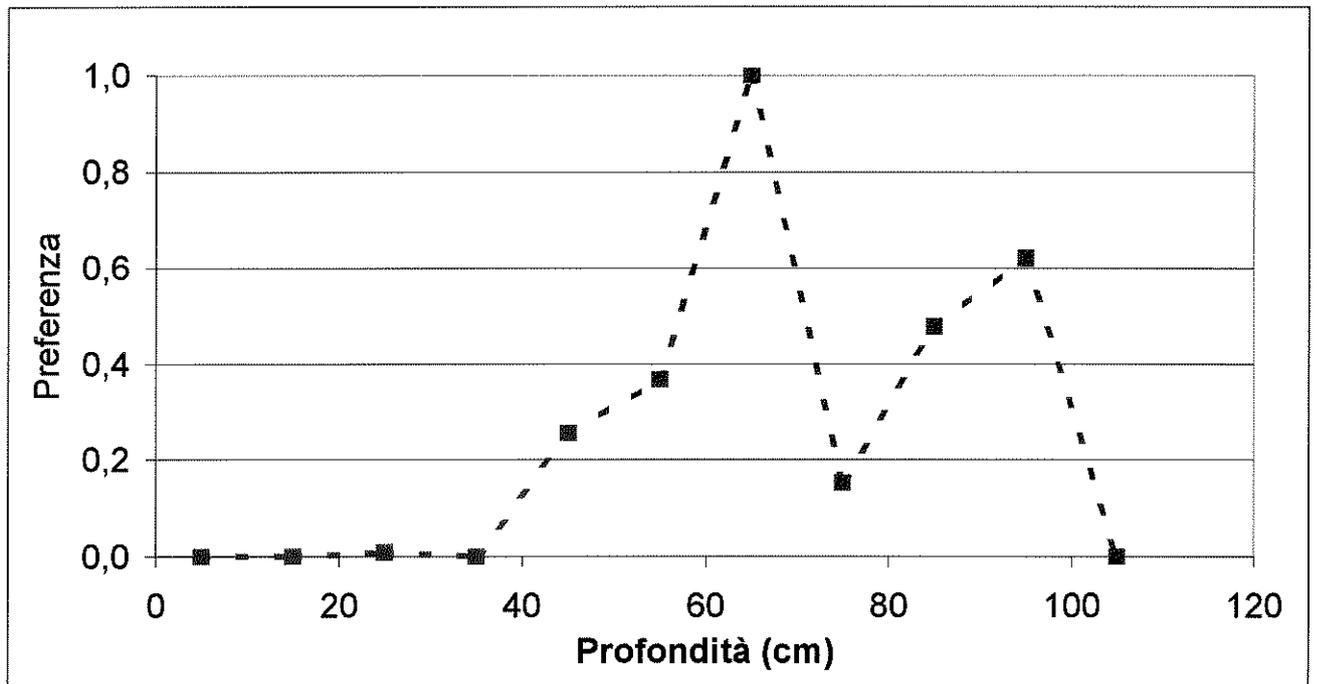


Fig. 15 – Curva di preferenza degli adulti per la profondità

6.1.2 Curve di preferenza per la velocità

Analisi dei dati di utilizzo e disponibilità

Così come per la profondità, anche nel caso della velocità di corrente l'habitat disponibile risulta ben ripartito fra le varie classi in cui è stato suddiviso il parametro, con una lieve predominanza dei microhabitat lenti; questa situazione è quindi adeguata alla valutazione delle preferenze, in quanto fornisce ai pesci una vasta gamma di possibilità idrauliche da scegliere in funzione del reale gradimento.

Per quanto concerne l'utilizzo, come per la profondità si osserva uno spostamento verso classi a maggiore velocità, passando dai giovani agli adulti.

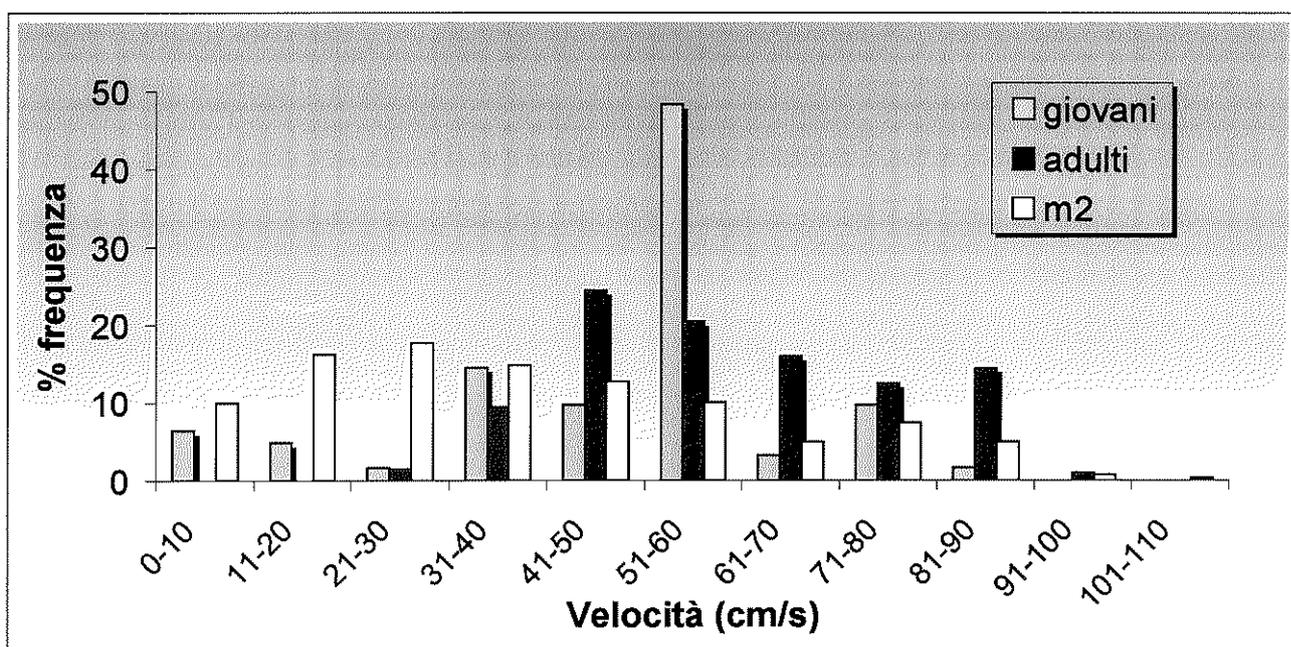


Fig. 16 – Velocità: frequenze di utilizzo per giovani e adulti e frequenze di disponibilità

Elaborazione delle curve di preferenza

I temoli dell'Adige mostrano differenze visibilmente consistenti nel gradimento delle velocità di corrente. Tale situazione si differenzia rispetto a quanto riscontrato in Mallet *et al.* (2000) in un corso d'acqua di dimensioni più piccole (circa 1/3 del bacino dell'Adige) e con morfologia maggiormente diversificata rispetto a quella delle sezioni dell'Adige di fondovalle, in cui le diverse classi di età non mostravano evidenti differenze di preferenza per la velocità.

I temoli dell'Adige hanno evidenziato uno spostamento, da parte degli **adulti**, verso valori più elevati del parametro, con il massimo raggiunto in corrispondenza dei 70 cm/s, mentre nei **giovani** in corrispondenza dei 50 cm/s. Entrambi gli stadi vitali non gradiscono le acque ferme, confermando la natura reofila della specie, mentre l'idoneità sale per valori intermedi di velocità, subendo un decremento per valori estremi.

Come per la profondità, anche nelle due curve relative alla velocità sono stati evidenziati alcuni punti ritenuti con andamento discontinuo, da imputare con tutta probabilità alla limitata numerosità del campione. Per gli adulti si tratta del punto intorno agli 80 cm/s, in corrispondenza del quale la curva subisce un decremento, per poi risalire ad un valore di preferenza quasi ottimale. Il caso dei giovani, pur indicando un andamento "a campana" piuttosto facile da comprendere, presenta una serie di punti con andamento altalenante, che dovrebbero essere smussati al fine di ottenere un trend più omogeneo.

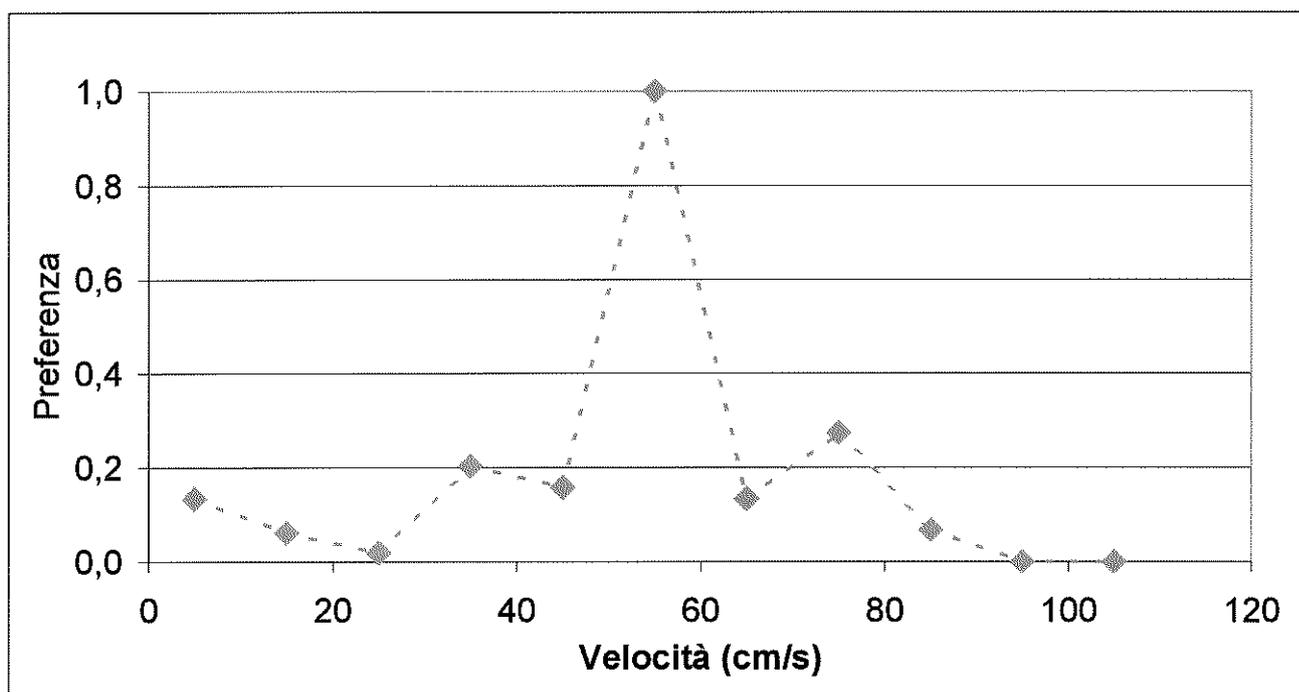


Fig. 17 – Curve di preferenza dei giovani per la velocità

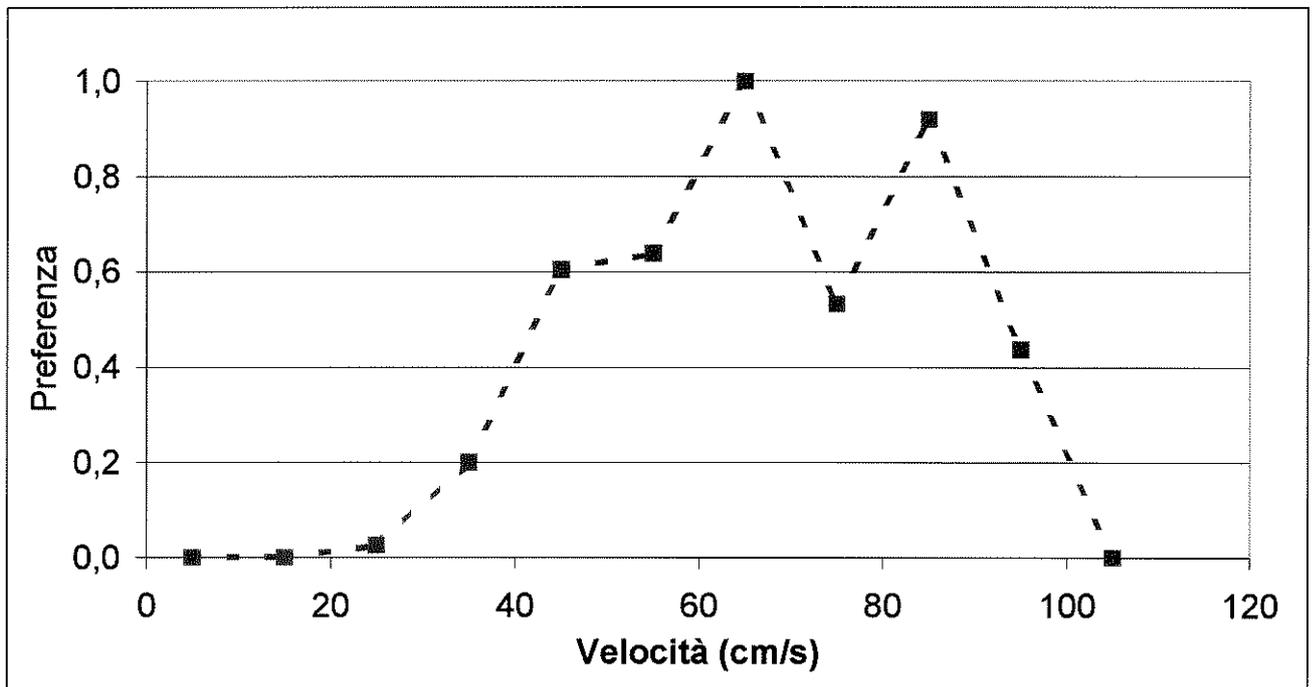


Fig. 18 – Curve di preferenza degli adulti per la velocità

6.1.3 Curve di preferenza per il substrato

Analisi dei dati di utilizzo e disponibilità

Il substrato prevalente nelle zone indagate è costituito dai ciottoli; una percentuale minore è costituita dai massi, la ghiaia è presente solo marginalmente mentre la sabbia è solo occasionale.

Per entrambi gli stadi vitali la classe maggiormente utilizzata è quella dei ciottoli; in questo caso, a differenza di quanto emerso per tale scelta dei precedenti parametri idraulici, la scelta potrebbe essere affetta dallo sbilanciamento della disponibilità verso questa classe granulometrica.

Si osserva poi una differenza fra giovani e adulti: mentre i primi occupano indistintamente sia la ghiaia che i massi, gli individui più grandi mostrano un maggiore gradimento per le granulometrie più grossolane.

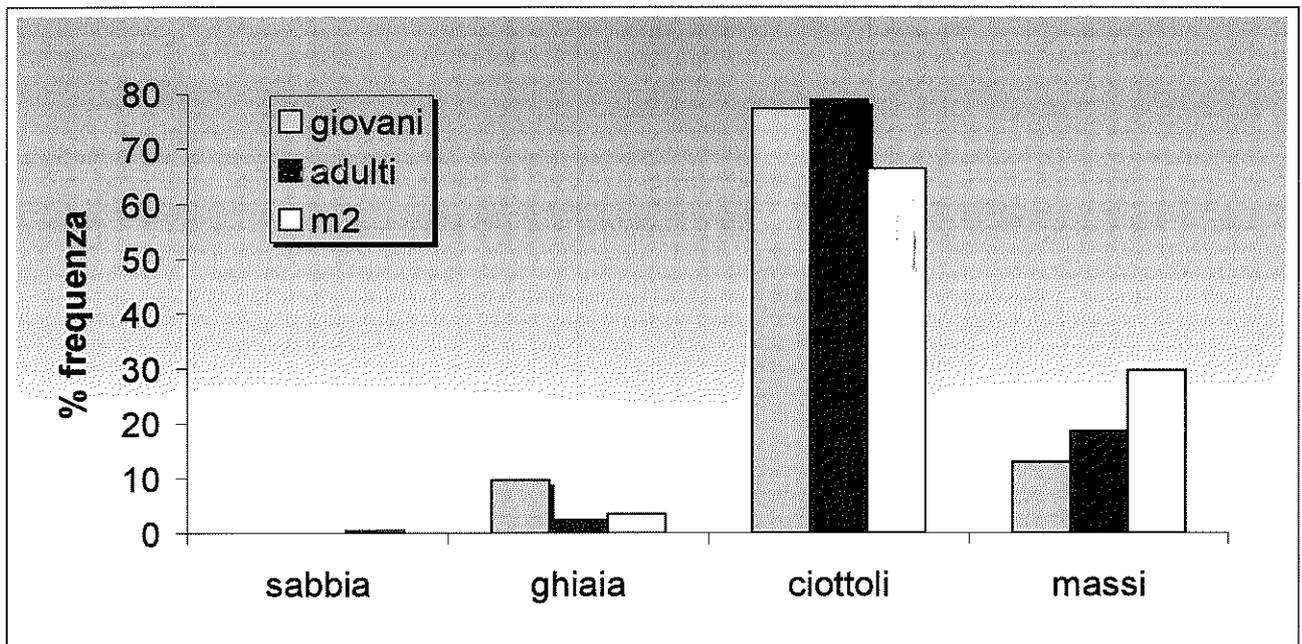


Fig. 19 – Substrato: frequenze di utilizzo per giovani e adulti e frequenze di disponibilità

Elaborazione delle curve di preferenza

I **giovani** preferiscono substrati più fini rispetto agli adulti, mostrando un gradimento massimo per la ghiaia, seguita dai ciottoli e infine dai massi, ritenuti non idonei. Per gli **adulti** la situazione è meno netta: la classe preferita è costituita dai ciottoli, ma anche massi e ghiaia risultano utilizzabili (valori di preferenza maggiori di 0,5).

La differenza tra i due gruppi è probabilmente spiegabile con le diverse granulometrie associate alle diversità degli ambienti idraulici scelti da ogni stadio vitale.

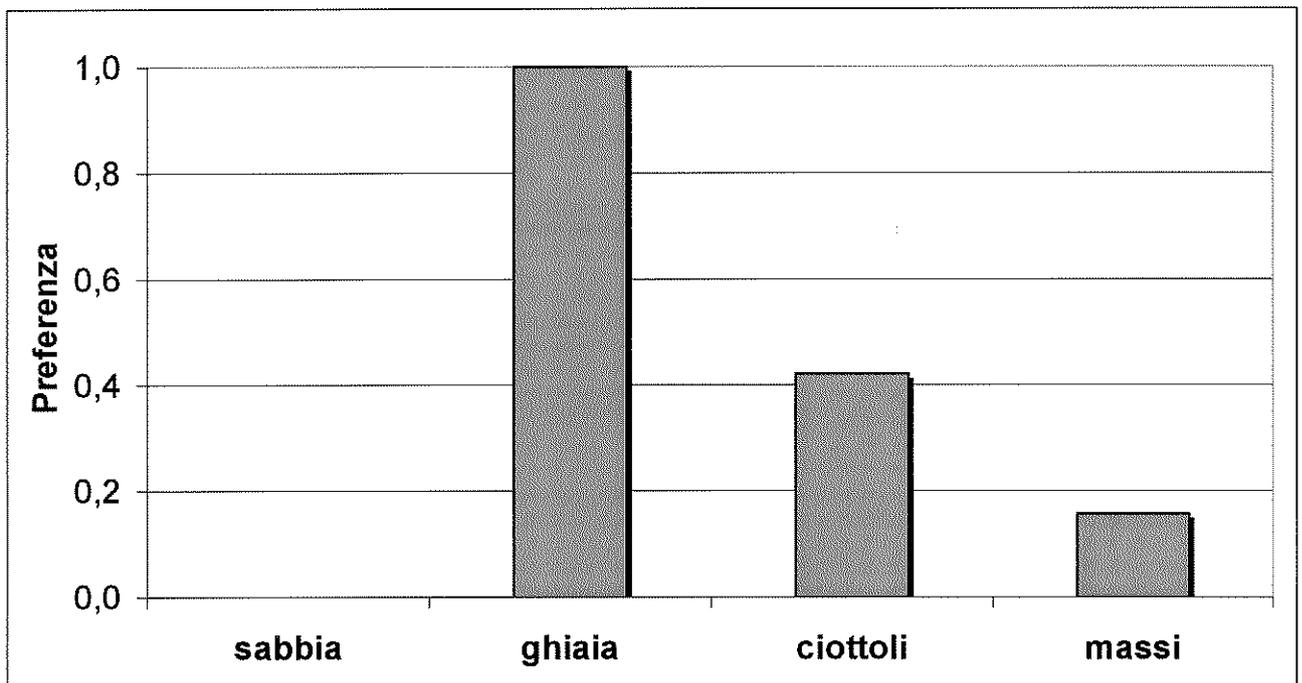


Fig. 20 – Curva di preferenza dei giovani per il substrato

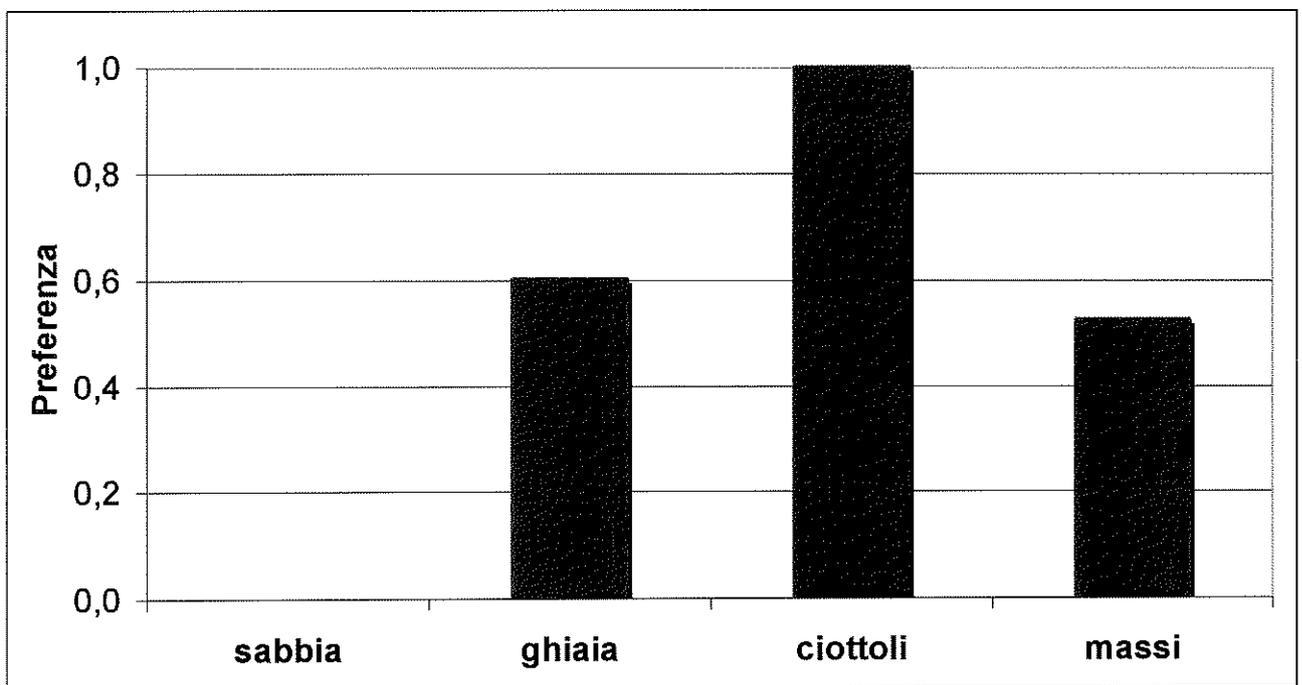


Fig. 21 – Curve di preferenza degli adulti per il substrato

6.1.4 Considerazioni riepilogative

Sulla base di quanto esposto, è possibile rappresentare i risultati ottenuti sull'Adige attraverso uno "schema tipo" della successione trasversale dei temoli di diversa taglia, illustrato nella figura che segue, con la presenza dei giovani dell'anno presso le rive, in aree a profondità e velocità contenute, mentre procedendo verso la zona centrale del fiume si assiste ad un incremento della taglia.

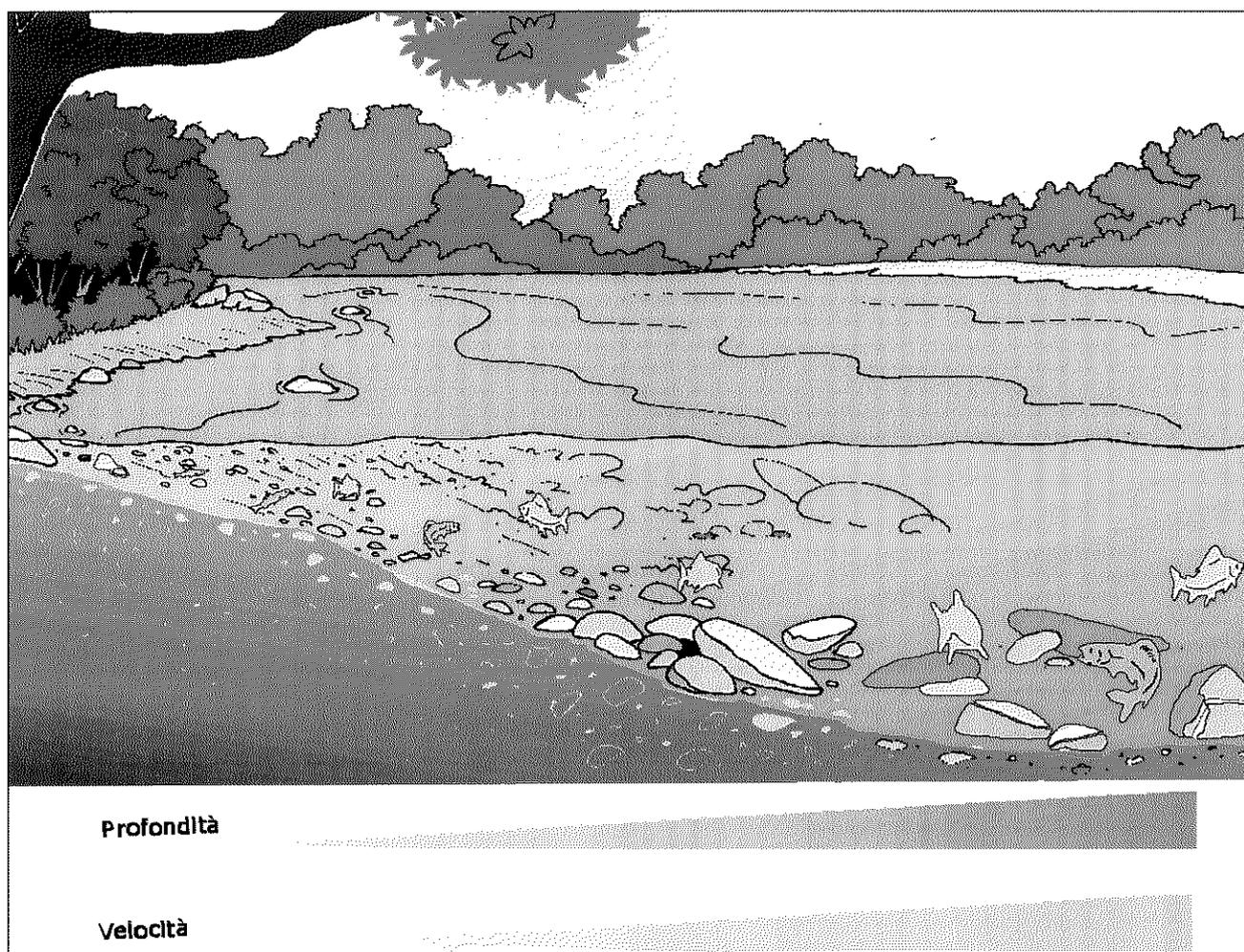


Fig. 22 – Disposizione del temolo in un corso d'acqua in funzione dello stadio vitale

6.2 Trasferibilità delle curve di preferenza della trota marmorata

Il capitolo prevede innanzi tutto la presentazione delle curve di preferenza da sottoporre a valutazione di trasferibilità. A questo fa seguito la descrizione dei risultati ottenuti applicando le curve del Sesia ai microhabitat in cui sono state rinvenute le trote catturate sul Fiume Adige, con successiva valutazione della trasferibilità diretta delle curve oppure delle eventuali modifiche da apportare.

6.2.1 Le curve di cui valutare la trasferibilità

È opportuno ricordare che le curve costruite sul Sesia sono basate su un set di dati sperimentali relativi ad ambienti di run e riffle, mentre sono state escluse dal calcolo le pool, dove è stato riscontrato il maggior numero di individui adulti. Questa scelta era stata fatta principalmente al fine di tenere in considerazione le preferenze per quegli ambienti, che subiscono un impatto consistente da una riduzione della portata in alveo (Gentili *et al.* in stampa).

6.2.1.1 *Profondità*

La **preferenza per la profondità** tende a crescere, sia nei **giovani** che negli **adulti**, all'aumentare del parametro; il massimo è però spostato su un valore più elevato nel caso degli adulti, confermando la necessità, da parte dei pesci più grandi, di disporre di acque più profonde mentre i più giovani, essendo più piccoli, trovano anche in acque basse un habitat idoneo.

6.2.1.2 *Velocità*

La **preferenza per la velocità** cala all'aumentare del parametro per entrambi gli stadi vitali, con una nota particolare per gli adulti. Questi ultimi mostrano una netta preferenza per la corrente quasi ferma, mentre valori superiori ai 30 cm s⁻¹ sono sgraditi; tale comportamento non dipende però dal fattore idraulico, mentre trova una spiegazione nei fattori morfologici (Gentili *et al.*, in stampa). Gli adulti, infatti, mostrano un gradimento elevato per i microhabitat caratterizzati da rifugi di buona qualità (tane, anfratti, massi), cui è generalmente associata una bassa velocità di corrente (Gentili *et al.*, in stampa); è infatti noto che la velocità sostenibile, proprio in virtù delle dimensioni e della vigoria fisica, è ben maggiore.

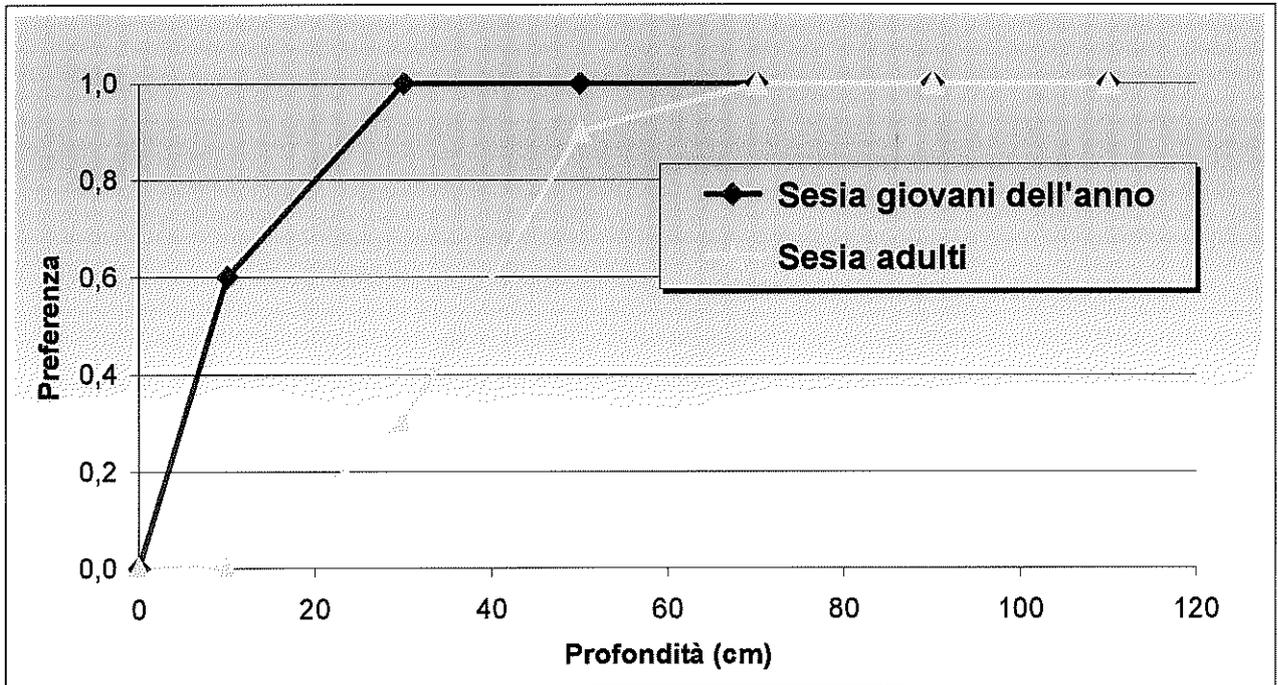


Fig. 23 – Profondità: curve di preferenza della trota marmorata per il F.Sesia (Gentili et al., in stampa).

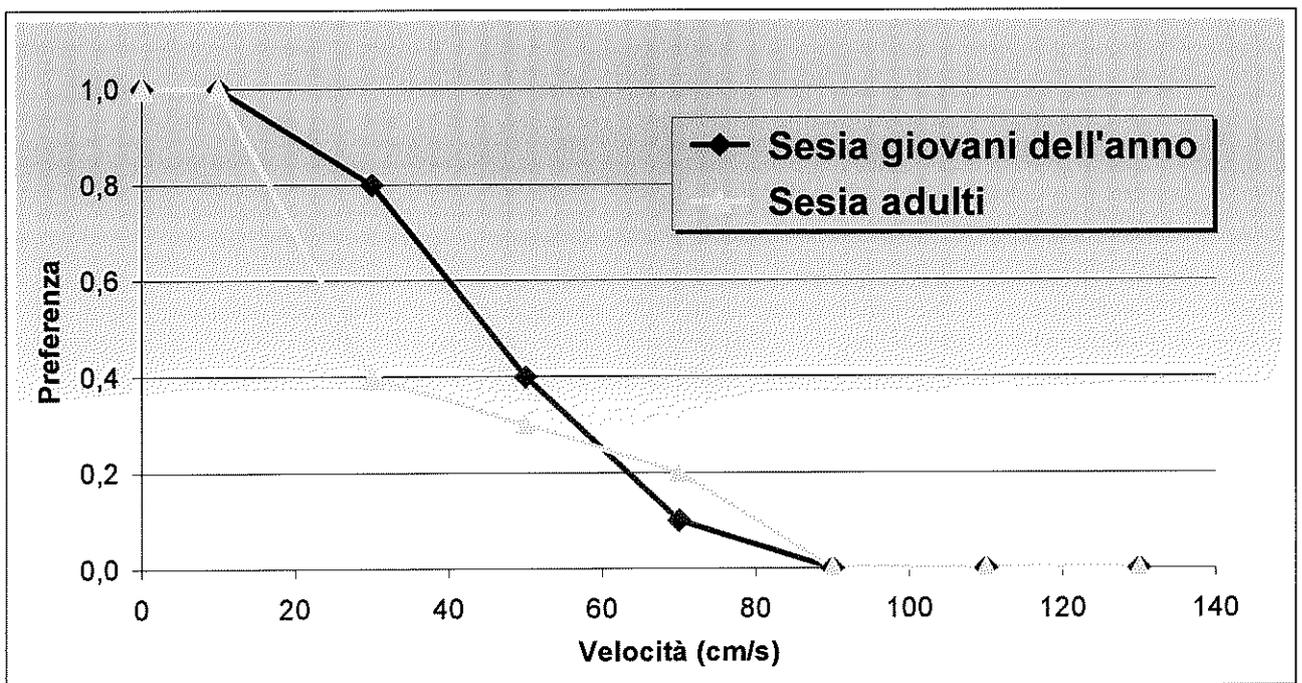


Fig. 24 – Velocità: curve di preferenza della trota marmorata per il F.Sesia (Gentili et al., in stampa).

6.2.1.3 Substrato

La **preferenza per il substrato** nel caso dei giovani è poco significativa, non rivelando alcuna spiccata tendenza verso nessuna delle quattro classi granulometriche disponibili, dimostrando quindi che la scelta del microhabitat è funzione principalmente dei parametri idraulici e dei rifugi (Gentili *et al.*, 2000). Differente è invece il caso degli adulti, per i quali la preferenza massima è per la classe dei massi; abbastanza graditi sono anche gli habitat caratterizzati dai ciottoli, mentre non vengono utilizzati del tutto i substrati più fini. La netta preferenza per i massi si spiega considerando che essi sono in grado di fornire rifugio alla fauna ittica e, in ambienti quali quelli di riflette, spesso costituiscono gli unici elementi di rifugio disponibili (Gentili *et al.*, 2000).

6.2.1.4 Cover

Sia i giovani dell'anno sia gli adulti mostrano una preferenza per microhabitat associati ad elementi di rifugio. Mentre gli individui di piccole dimensioni si adattano bene anche a tipologie di cover di bassa qualità, probabilmente perché tali habitat sono poco utilizzati dagli individui di grandi dimensioni (predatori), gli adulti sono stati trovati solo in zone caratterizzate da rifugi particolarmente nascosti, quali grandi massi e tane.

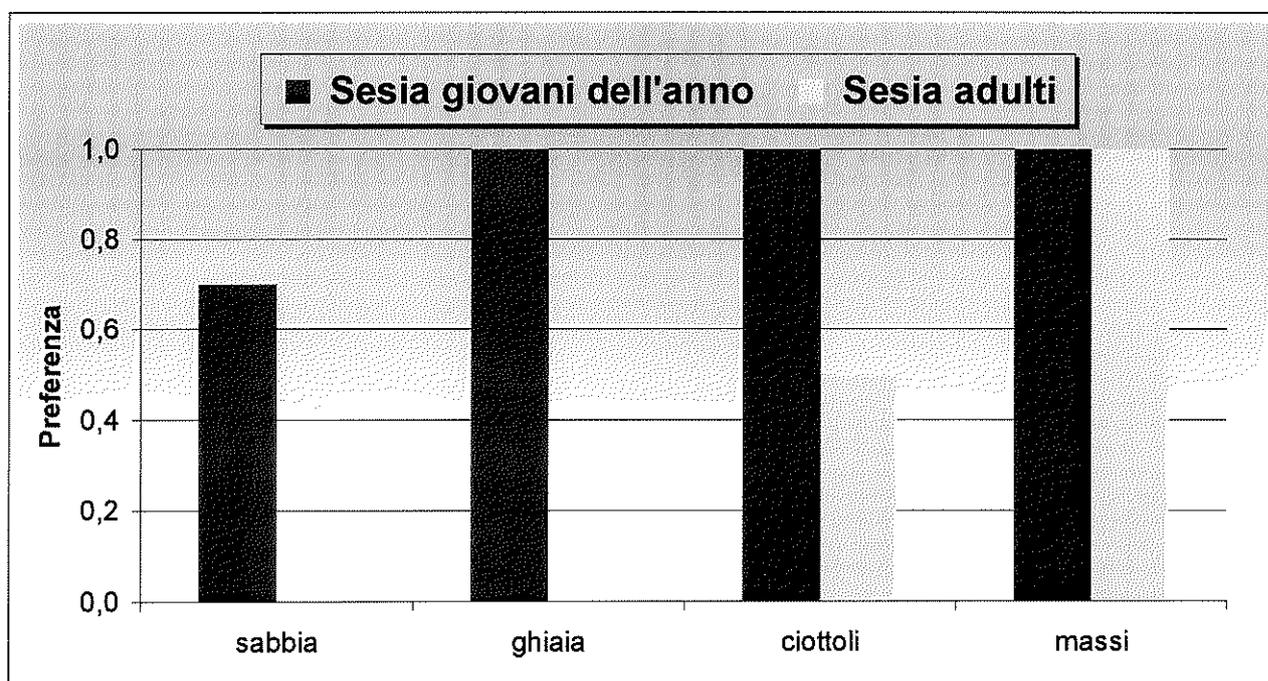


Fig. 25 – Substrato: curve di preferenza della trota marmorata per il F. Sesia (Gentili *et al.*, 2000).

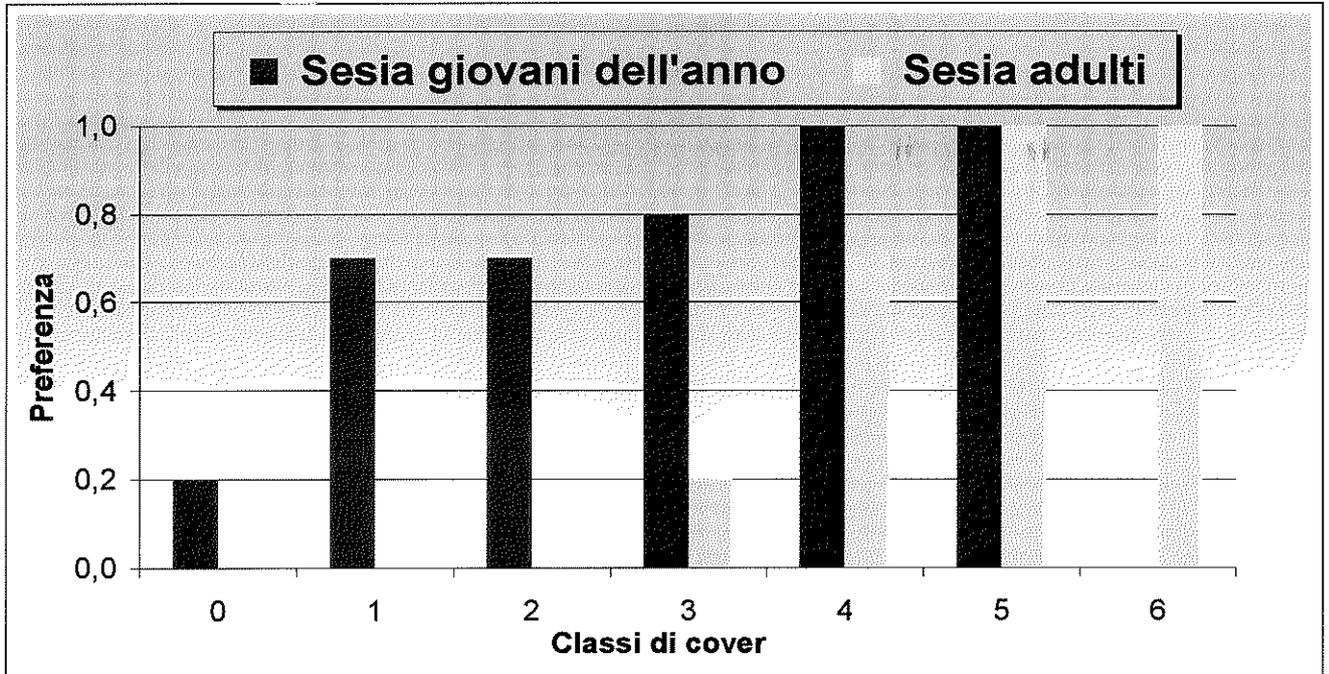


Fig. 26 – Cover: curve di preferenza della trota marmorata per il F.Sesia (Gentili *et al.*, 2000).

6.2.2 I dati raccolti sull'Adige

All'interno dell'area campionata nelle stazioni sul Fiume Adige (stessa area dei campionamenti del temolo, per un totale di 27.035 m²), sono stati catturati nel complesso **73** individui di trota marmorata, **30** dei quali appartenenti al primo anno di vita (**giovani dell'anno**) e **43** da considerarsi invece **adulti**.

I giovani catturati occupavano microhabitat caratterizzati da profondità e velocità mediamente inferiori rispetto agli adulti (Tab. 5).

Nello specifico delle profondità, i giovani si localizzano fra i 20 e i 40 cm, con un picco netto nell'intervallo intermedio, pochi sono gli individui catturati alle profondità maggiori. Gli adulti occupano microhabitat con profondità superiori ai 20 cm, con una preferenza per valori compresi fra gli 80 e i 100 cm.

Per la velocità si verifica una situazione analoga a quella del parametro precedente: i giovani sono localizzati nell'intervallo fra 10 e 40 cm/s, con un picco di frequenze in corrispondenza della classe intermedia, mentre gli adulti sono spostati verso velocità maggiori, con una maggiore occupazione dei microhabitat a velocità intermedie (30-60 cm/s).

	GIOVANI DELL'ANNO		ADULTI	
	<i>prof. (cm)</i>	<i>Vel. (cm/s)</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>vel. (cm/s)</i>
media	43,0	27,4	77,8	41,6
max	95	40	106,0	80,0
dev.st	24,8	7,3	22,3	14,3

Tab. 5 – Caratteristiche idrauliche medie dei microhabitat in cui sono stati catturati gli individui giovani e quelli adulti

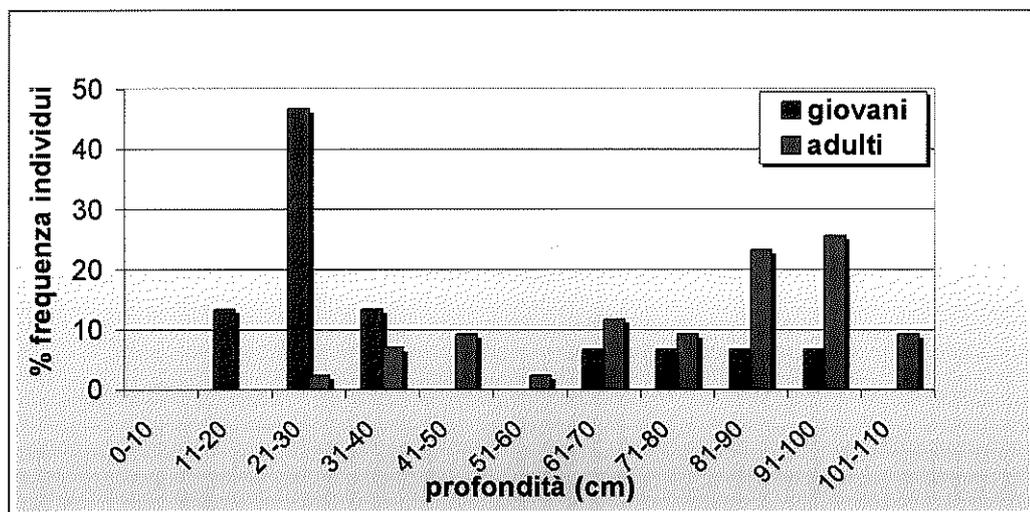


Fig. 27 – Profondità: frequenze di utilizzo da parte di giovani e adulti

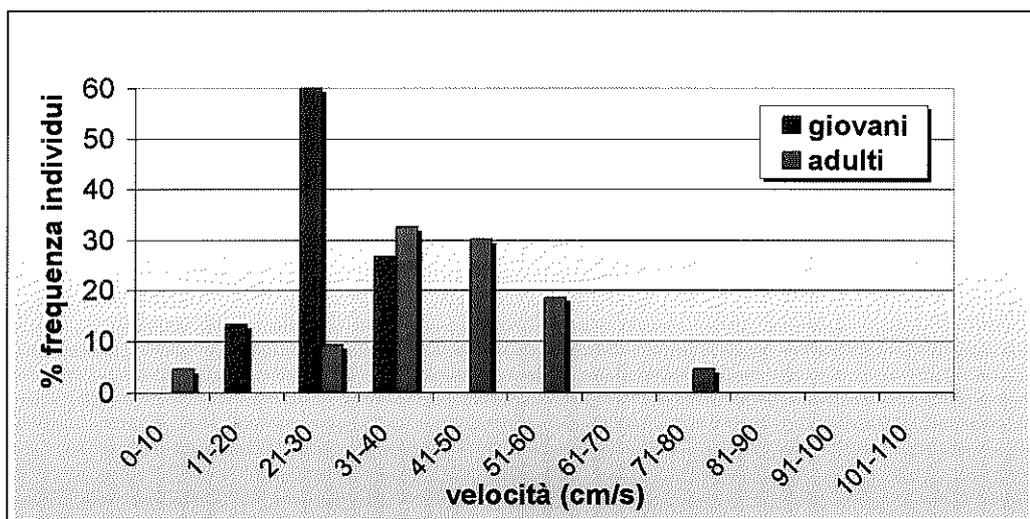


Fig. 28 – Velocità: frequenze di utilizzo da parte di giovani e adulti

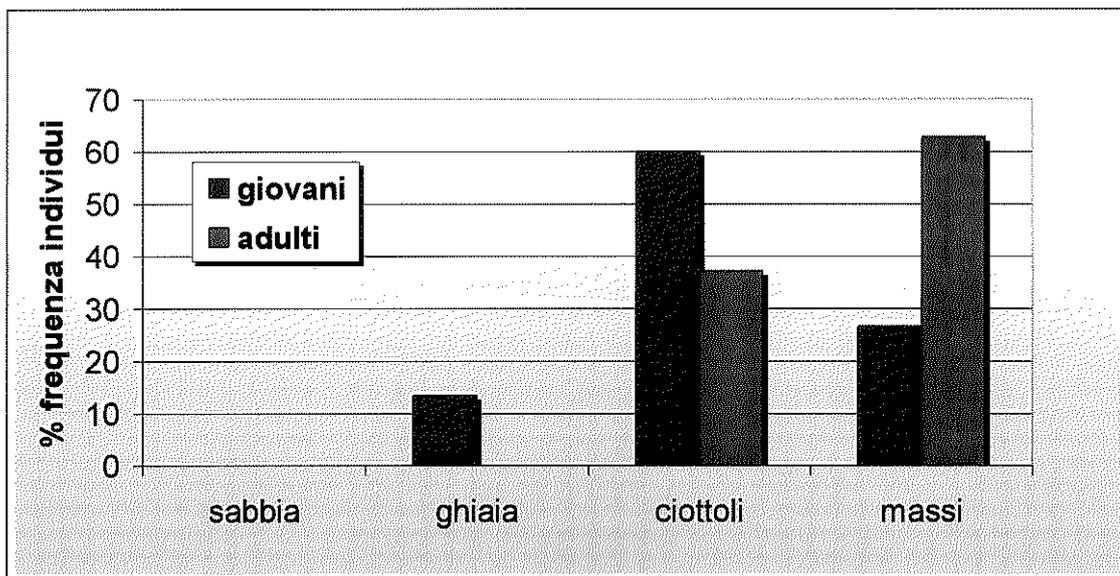


Fig. 29 – Substrato: frequenze di utilizzo da parte di giovani e adulti

6.2.3 Valutazione della trasferibilità delle curve del Sesia all'Adige

6.2.3.1 Giovani

Nel caso della profondità, la percentuale di occupazione delle celle ottimali da parte dei giovani è pari all'86,7%, mentre il restante 13,3% delle trote è stato catturato in valori del parametro da considerarsi utilizzabili; nessun pesce è stato invece rinvenuto in zone non idonee.

A riguardo della velocità e del substrato, la situazione è ancora più netta: tutti i giovani sono infatti stati rinvenuti in zone considerate ottimali secondo le curve del Sesia.

	Profondità	Velocità	Substrato
N° individui in microhabitat ottimali	26	30	30
N° individui in microhabitat utilizzabili	4	0	0
<i>N° individui in microhabitat utilizzabili non idonei</i>	0	0	0

Tab. 6 – Valutazione dell'idoneità dei microhabitat abitati dai giovani della trota marmorata sul Fiume Adige, applicando le curve di preferenza del Sesia

6.2.3.2 *Adulti*

Andando ad analizzare il comportamento degli adulti, per quanto riguarda la profondità si osserva come quasi la totalità degli individui (97,7%) sia stata rinvenuta in valori ottimali del parametro, mentre il restante 2,3% è ricaduto in habitat comunque utilizzabile.

Per la velocità la situazione si è invertita: il 90,7% delle trote adulte è stato infatti catturato in corrispondenza di velocità utilizzabili e la restante parte del campione si è suddivisa a metà fra habitat ottimale e habitat non idoneo.

L'analisi dell'utilizzo del substrato ha fornito una situazione intermedia: la maggior parte delle trote è stata infatti rinvenuta nelle celle ottimali (62,8%), ma anche in quelle utilizzabili è stato trovato un discreto numero di individui (37,2%), mentre nessuna delle celle non idonee è risultata occupata.

	Profondità	Velocità	Substrato
N° individui in microhabitat ottimali	42	2	27
N° individui in microhabitat utilizzabili	1	39	16
<i>N° individui in microhabitat utilizzabili non idonei</i>	0	2	0

Tab. 7 – Valutazione dell'idoneità dei microhabitat abitati dagli adulti della trota marmorata sul Fiume Adige, applicando le curve di preferenza del Sesia

6.2.4 Le curve di preferenza della trota marmorata proposte per il Fiume Adige

A seguito delle valutazioni effettuate sulla capacità delle curve del Sesia, di “predire” con una buona approssimazione la situazione riscontrata sperimentalmente sull'Adige, sono state formulate delle proposte di curve applicabili su questo secondo fiume, che quasi in tutti i casi confermano le curve del Sesia, mentre in un solo caso vengono apportate alcune modifiche della curva di partenza, al fine di renderla più pertinente ai dati reali.

6.2.4.1 *Profondità*

Sia per i giovani che per gli adulti si ritiene che le curve del Sesia siano predittive in modo preciso del comportamento riscontrato dalle trote campionate sul Fiume Adige: la quasi totalità degli individui catturati era infatti localizzata in range del parametro considerate ottimali secondo le curve del Sesia.

Per tale motivo le **curve del Sesia per la profondità sono da considerarsi trasferibili** sull'Adige, senza alcuna modifica (Fig. 30 e Fig. 31).

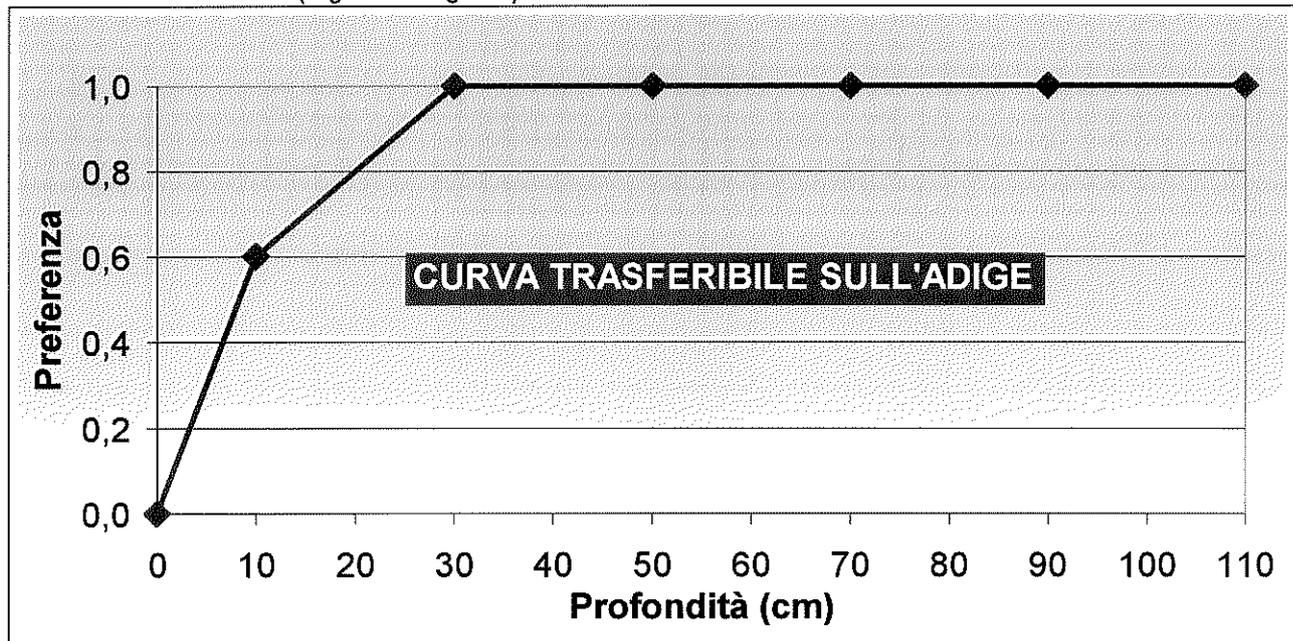


Fig. 30 – Profondità: curva di preferenza dei giovani

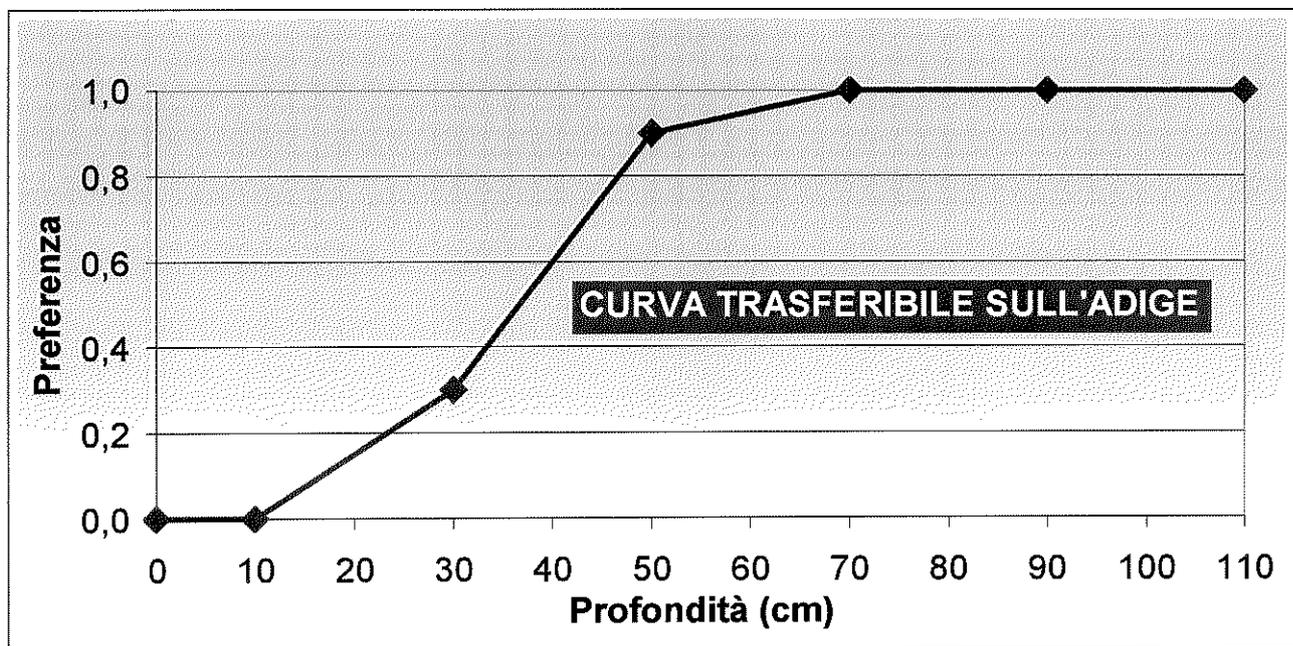


Fig. 31 – Profondità: curva di preferenza degli adulti

6.2.4.2 Velocità

Per quanto riguarda i giovani, la curva del Sesia descrive correttamente il comportamento degli individui catturati sull'Adige, tutti localizzati in range del parametro considerate ottimali. Da tale considerazione è possibile affermare che la **curva del Sesia per i giovani può essere trasferita all'Adige** senza necessità di alcuna modifica (Fig. 32).

La situazione degli adulti è differente: la maggior parte di essi occupava, al momento del campionamento, celle considerate utilizzabili secondo la curva del Sesia: si tratta di velocità di corrente intermedie, comprese fra i 40 e i 60 cm/s. Per il Sesia la situazione ottimale è invece spostata verso la corrente nulla o quasi, come detto al paragrafo 6.2.1, soprattutto perché tali zone sono associate a rifugi di buona qualità, estremamente importanti per la trota marmorata. **La curva del Sesia non è quindi trasferibile sull'Adige.**

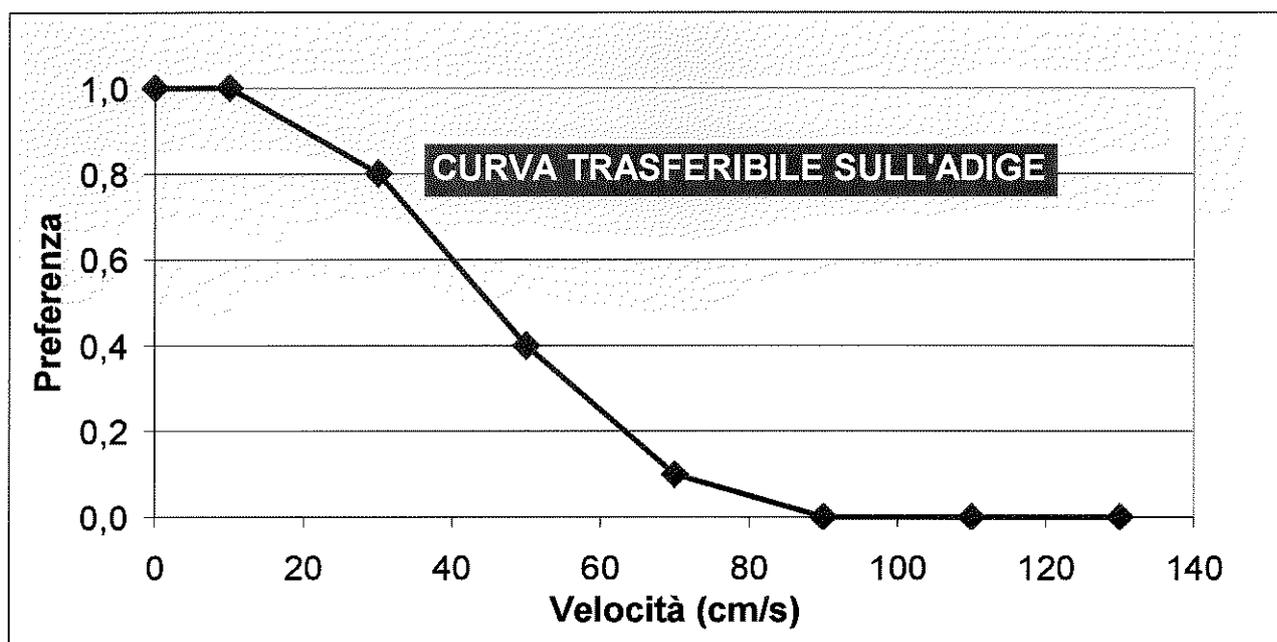


Fig. 32 – Velocità: curva di preferenza dei giovani

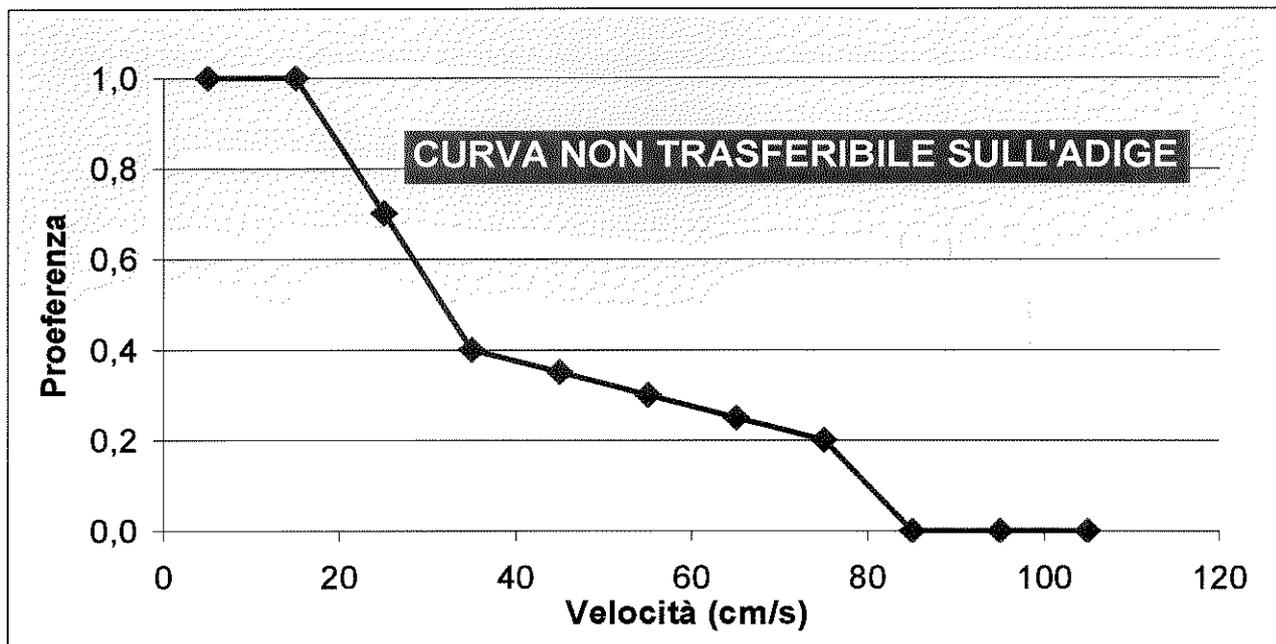


Fig. 33 – Velocità: curva di preferenza degli adulti

6.2.4.3 Substrato

Le curve del Sesia per il substrato sono da ritenersi trasferibili sia per i giovani che per gli adulti. Nel caso dei più piccoli, tutti gli individui catturati sono stati rinvenuti in microhabitat considerati ottimali secondo il Sesia.

Per quanto riguarda gli adulti, la maggior parte erano localizzati nell'Adige in condizioni ottimali, ma una discreta frazione è stata osservata in zone a ciottoli, considerate solo utilizzabili secondo il Sesia.

Si è comunque optato per non apportare modifiche alla curva originale poiché:

- l'ordine di priorità è comunque rispettato
- il substrato, ai fini della simulazione dell'habitat, non andrebbe ad incidere in maniera sostanziale, perché l'Adige è caratterizzato per la maggior parte da zone a ciottoli, considerate comunque utilizzabili, oltre al fatto che tale parametro rimane stabile al variare della portata

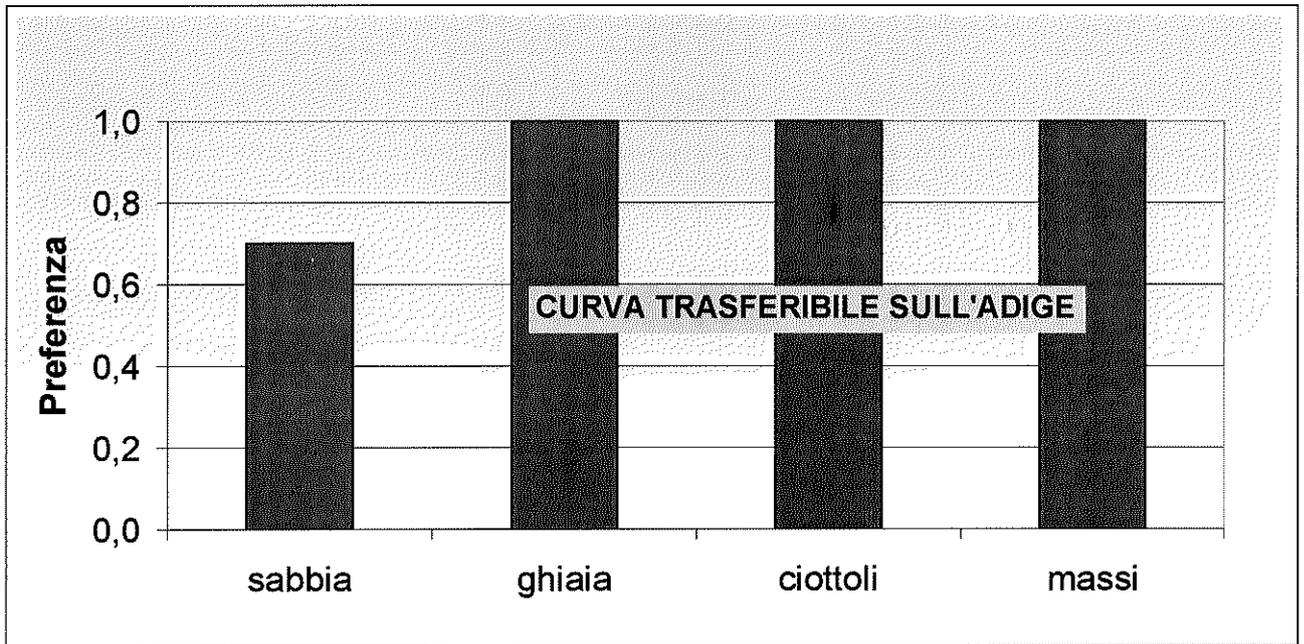


Fig. 34 – Substrato: curva di preferenza dei giovani

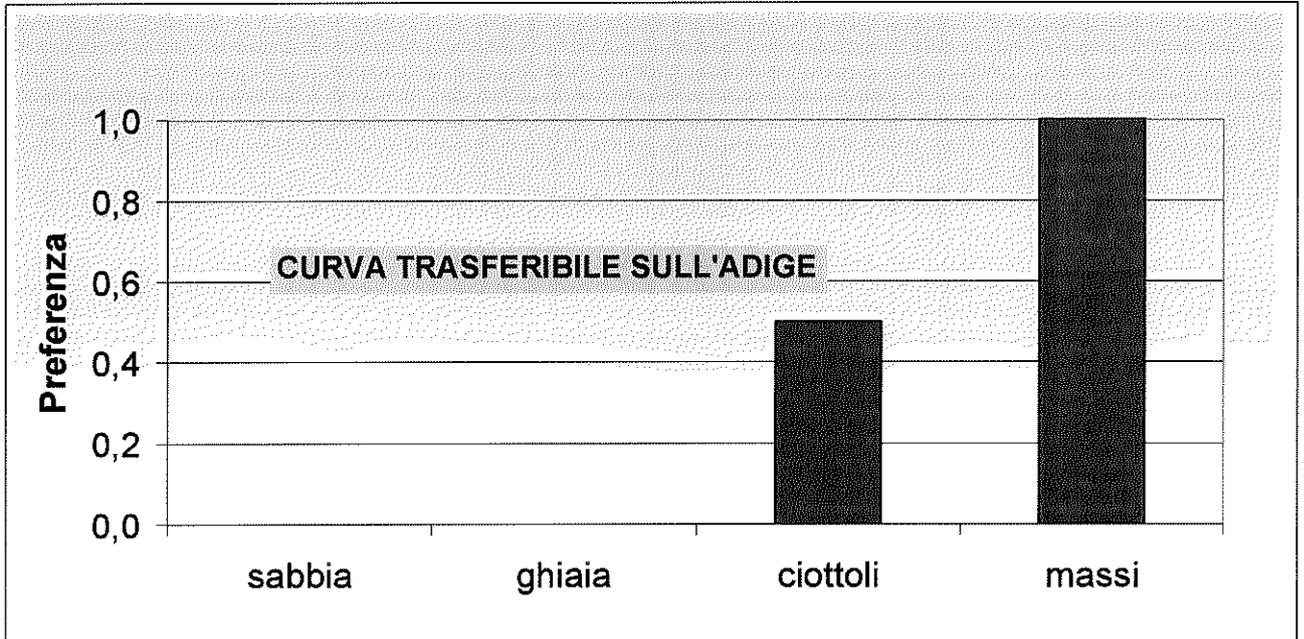


Fig. 35 – Substrato: curva di preferenza degli adulti

7. CONCLUSIONI

Il presente studio ha avuto come obiettivo la determinazione sperimentale delle curve di preferenza per i parametri idraulici e morfologici, relativamente alle due specie, il temolo e la trota marmorata, segnalate all'interno della Carta Ittica della Provincia di Trento (2001) come vocazionali nei tratti di Fiume Adige oggetto della definizione del Deflusso Minimo Vitale; per questo motivo e per la rilevanza ecologica delle due specie sono state scelte come bioindicatori di questa sperimentazione. A tal fine sono state seguite le metodologie più utilizzate a livello bibliografico (Bovee K., 1977, 1978, 1982, 1986; Morhardt J.E., Hanson D.F., 1988), che prevedono la definizione di indici di preferenza utilizzabili all'interno della simulazione dell'habitat, costruiti sulla base di dati di utilizzo dell'habitat, ponderati con dati di disponibilità dell'habitat. Ogni parametro ambientale viene trattato separatamente (analisi univariata), anche se tutte le curve vengono integrate nella successiva fase di modellizzazione dell'habitat al variare della portata.

Il campionamento è stato effettuato nei mesi invernali, in particolare a dicembre, ed occorre ricordare che a questo periodo sono associate condizioni operative non ottimali e un comportamento dei pesci tipico del periodo. A questo è necessario aggiungere che le due specie studiate presentano comportamenti che le rendono facilmente campionabili: il temolo staziona in corrente sul fondo, la marmorata tende a nascondersi in buche ed anfratti.

Sulla base di queste premesse, si ritiene che i risultati raggiunti a seguito dell'attività nel suo complesso siano:

- ◆ di grande interesse poiché rappresentano le prime esperienze sperimentali effettuate in Italia su tali specie;
- ◆ un notevole passo in avanti rispetto alle precedenti curve di preferenza utilizzate (di origine bibliografica e riguardanti il barbo comune);
- ◆ uno strumento affidabile ed applicabile nelle simulazioni dell'habitat dell'Adige con il metodo dei microhabitat;
- ◆ uno prodotto comunque migliorabile rispetto alle tecniche utilizzate, alla numerosità del campione, ai tratti indagati ed al periodo di riferimento attraverso possibili campionamenti futuri.

Per quanto riguarda il temolo, questo studio costituisce, come detto, una delle prime indagini, anche a livello internazionale, sulle preferenze ambientali del temolo europeo in una zona tipica "a temolo e/o trota marmorata", così come previsto dalla classificazione di Huet (1959).

Dall'analisi dei dati sperimentali è emerso innanzi tutto che temoli di differenti età presentano preferenze fra loro diversificate, dimostrando la necessità di distinguere le curve per stadio vitale. Nel caso specifico, le differenze maggiori sono state trovate fra il gruppo dei giovani dell'anno, rispetto a tutti gli altri individui adulti e sub-adulti, che per tale motivo sono stati raggruppati insieme.

Lo studio conferma come il temolo sia una specie tipicamente reofila, mostrando da parte di tutti gli stadi vitali una preferenza per velocità medio-alte, rifiutando invece le acque ferme; il range delle

velocità idonee (40-90 cm/s) è però localizzato su valori mediamente inferiori rispetto a quelle riscontrate in Mallet *et al.* (2000), che indicano un range variabile tra 70 e 110 cm/s.

Riguardo alla velocità, esiste una segregazione anche fra stadi vitali, nel senso che i giovani preferiscono valori leggermente inferiori rispetto agli adulti; questa situazione si spiega però più in funzione della diversa scelta della profondità, nettamente specifica per stadio vitale. È stato infatti trovato che gli individui più grandi utilizzano preferibilmente acque più profonde (e mediamente più veloci in quanto localizzate verso le zone centrali dell'alveo) rispetto ai piccoli, principalmente a causa della competizione intraspecifica tra pesci di taglia diversa (Heggens, 1988; Mallet *et al.*, 2000) e dalla ricerca di un rifugio visivo da parte degli adulti per ripararsi dai predatori terrestri (Greenberg *et al.*, 1996).

I risultati ottenuti sull'Adige per i parametri idraulici concordano abbastanza con quelli ottenuti in Francia (Mallet *et al.*, 2000), confermando un comportamento simile in zone geografiche simili e in condizioni comparabili a livello di macrohabitat.

Per quanto concerne la trota marmorata, il presente studio ha avuto l'obiettivo di testare l'efficacia predittiva dell'unico set di curve di preferenza già esistenti (Gentili *et al.*, in stampa), definite sul Fiume Sesia (Piemonte), al fine di valutarne la possibile applicazione anche sull'Adige.

Dall'analisi dei dati è emersa una forte correlazione fra le preferenze del Sesia e l'utilizzo di microhabitat idonei, secondo le curve esistenti, sull'Adige. Tale predittività delle curve del Sesia è stata riscontrata in modo positivo per tutti i parametri ad esclusione della velocità per lo stadio adulto: in tutti gli altri casi, l'utilizzo dei microhabitat da parte delle trote catturate seguiva effettivamente il trend delle curve di preferenza del Sesia. Per Tali casi si è quindi assunto di valutare le curve come trasferibili dal Sesia all'Adige, senza apportare alcuna modifica o adattamento. Nel caso della velocità degli adulti, si è deciso di apportare una modifica alla curva del Sesia, al fine di adattarla meglio ai dati sperimentali dell'Adige; tale modifica è stata proposta e discussa ad un "tavolo di esperti", tenutosi presso l'Autorità di Bacino del Fiume Adige.

8. PROPOSTE DI UTILIZZO

Le curve di preferenza risultate dal presente studio trovano impiego all'interno della simulazione dell'habitat per la determinazione delle portate minime vitali in alcuni tratti dell'Adige attraverso l'interpretazione della curva ADP-portata. Le curve sperimentali, come descritto nel capitolo dei risultati, probabilmente anche per la numerosità del campione e le scelte elaborative di dettaglio, in qualche punto non seguono un andamento continuo ed omogeneo rispetto al loro andamento complessivo.

Considerando che il giudizio di esperti viene comunemente utilizzato per modificare le curve risultanti dalle elaborazioni dei dati sperimentali (Bovee K., 1986; Modde T. & Hardy T., 1992), proprio al fine

di fornire all'utilizzatore uno strumento ecologicamente non contraddittorio, prima di passare alla simulazione dell'habitat è stato effettuato un incontro del gruppo di lavoro dell'Autorità di Bacino nel suo complesso, al fine di discutere delle eventuali ed opportune modifiche da apportare.

Obiettivo di tale intervento è stato quindi quello di correggere i punti di discontinuità delle curve e di rendere il più possibile graduale il rapporto fra il parametro e la preferenza, così come atteso secondo i principi classici dell'ecologia. A valle della giornata di lavoro, sono state formulate le proposte di curve, riportate nei paragrafi che seguono.

8.1 Temolo: curve di preferenza proposte

8.1.1 Profondità

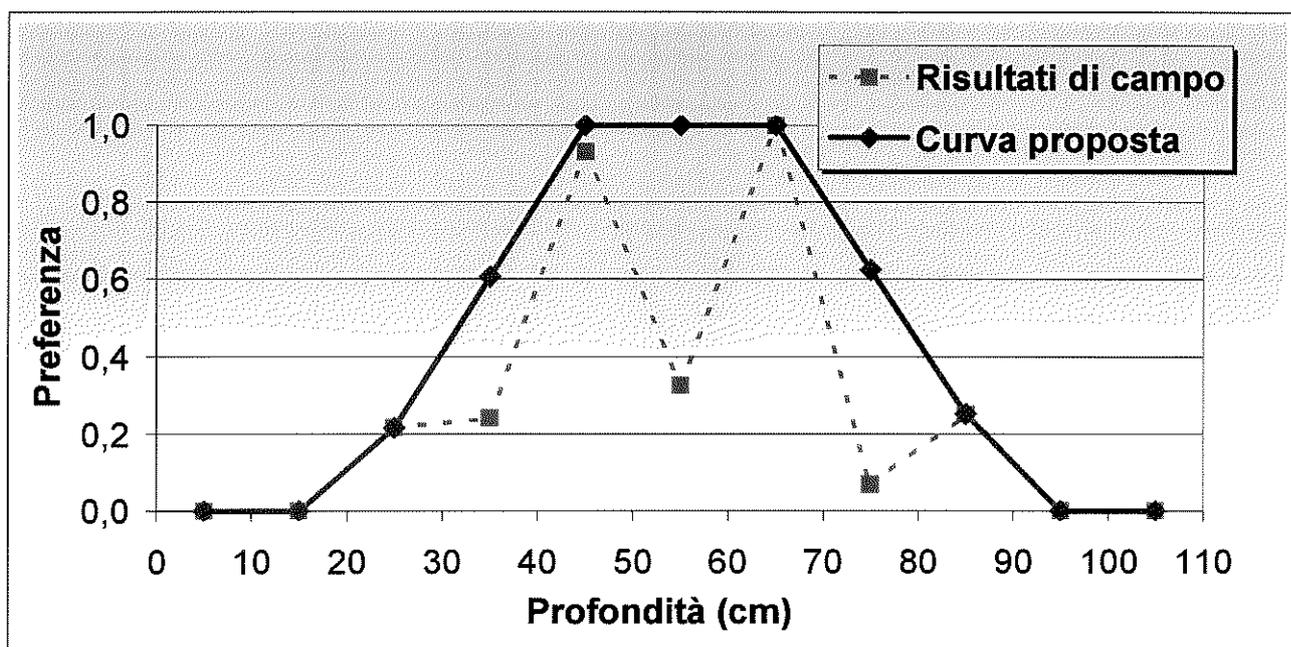


Fig. 36 – Profondità: curva di preferenza proposta per i giovani

La curva dei **giovani** per la profondità presentava, quale problema principale, una discontinuità nell'andamento che invece ci si aspetterebbe dal punto di vista ecologico. In particolare ci si riferisce alla profondità di 55 cm: in corrispondenza di tale punto si è deciso di estrapolare la preferenza in funzione dei valori vicini, al fine di mantenere una continuità. Ai fini della gradualità della risposta, anche le parti ascendenti e discendenti sono state interpolate.

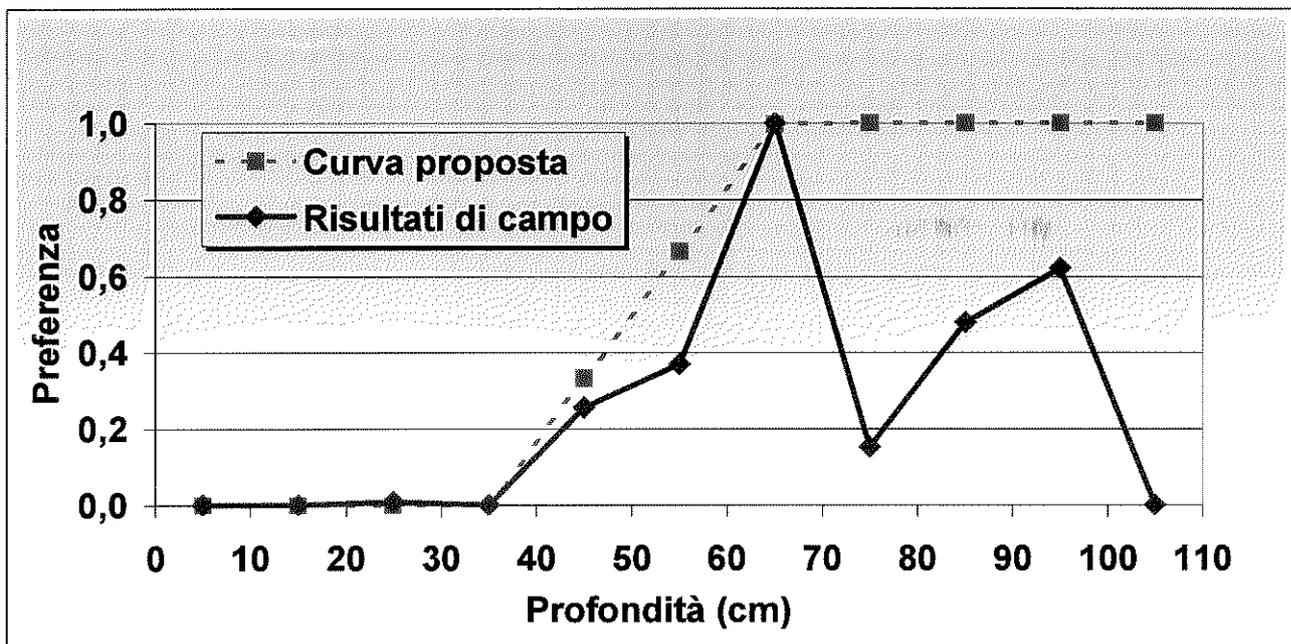


Fig. 37 – Profondità: curva di preferenza proposta per gli adulti

Per quanto concerne gli **adulti**, nella parte ascendente della curva si è seguito il medesimo approccio della curva dei giovani: non si è infatti ritenuto opportuno giustificare, in termini ecologici, un rallentamento della crescita della preferenza in corrispondenza dell'intervallo 50-60 cm, e per tale motivo la curva è stata allineata con i punti confinanti.

Per la parte terminale della curva, dal punto cioè in cui viene raggiunto il massimo, si è assunto che profondità maggiori restino ottimali per lo stadio adulto; per tale motivo la curva è stata posta uguale a 1 per tutti i valori superiori ai 60 cm. Per i giovani tale assunto non vale, in quanto esiste una segregazione in funzione della profondità, che porta gli individui più piccoli ad utilizzare le profondità inferiori, mentre gli adulti tendono a mantenersi in acque più profonde, sia per motivi di competizione intraspecifica sia per rifugiarsi dai predatori terrestri (Mallet *et al.*, 2000). Del resto è noto che gli individui adulti popolano usualmente anche le grandi pool caratterizzate da alcuni metri di profondità.

8.1.2 Velocità

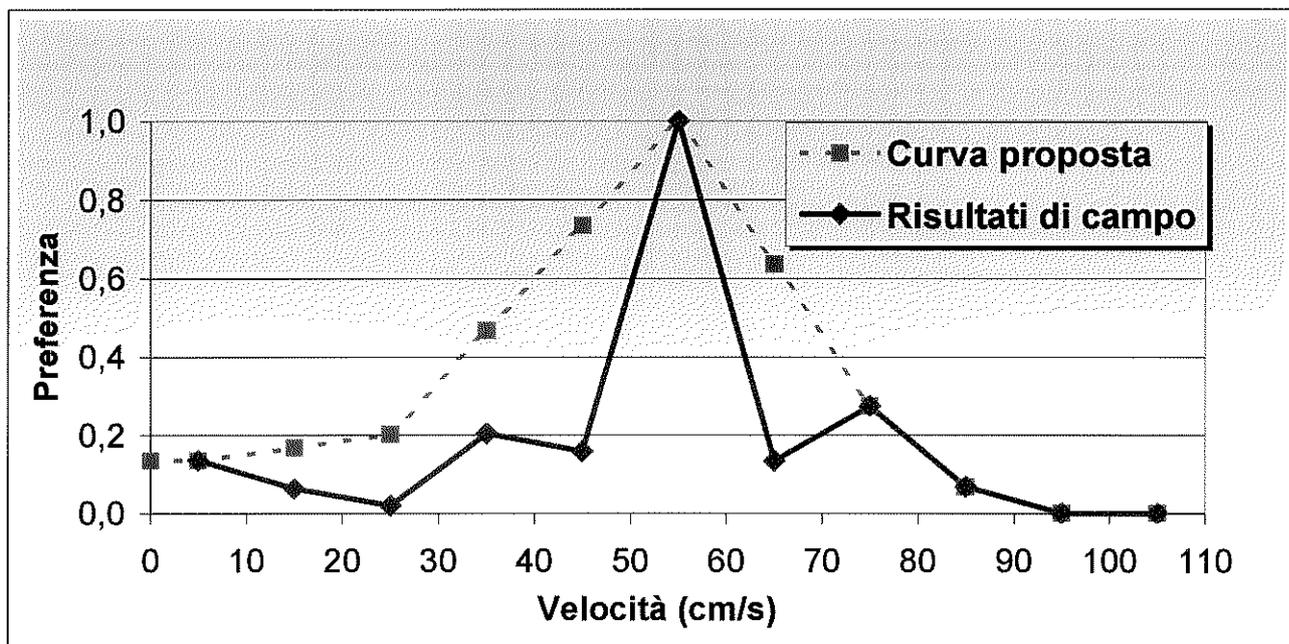


Fig. 38 – Velocità: curva di preferenza proposta per i giovani

La curva della velocità nel caso dei **giovani** è risultata caratterizzata dal medesimo problema sopra illustrato per la profondità. Nello specifico si osserva come il primo punto, in corrispondenza della corrente nulla, sia caratterizzato da preferenza non nulla; all'aumentare della velocità il trend scende per poi risalire di nuovo, senza un motivo ecologico a sostegno di ciò; si è quindi assunto che le velocità moderate (fino all'intervallo 30-40 cm/s), non siano particolarmente gradite, ma con il valore di preferenza omogeneamente posto attorno a 0,2.

Dopo tale intervallo, si presume che il valore della preferenza non sia così restrittivo come quello trovato sperimentalmente: si propone un incremento graduale dall'intervallo 30-40 cm/s fino alla velocità in corrispondenza del massimo di preferenza. Nella parte decrescente della curva, non si è ritenuto attendibile il dato dell'intervallo 60-70 cm/s, e per tale motivo si propone di congiungere il massimo con il punto successivo (70-80 cm/s), in modo da ottenere un andamento monotono della curva.

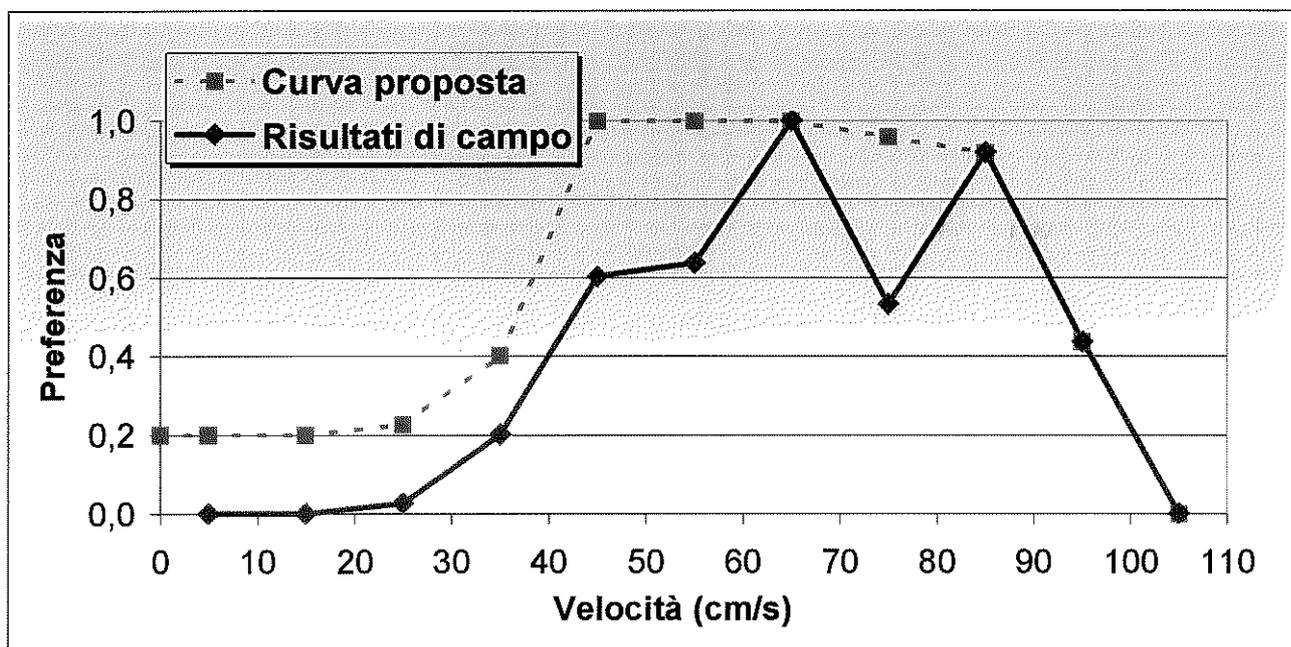


Fig. 39 – Velocità: curva di preferenza proposta per gli adulti

L'elaborazione dei dati di velocità degli **adulti** mostra un rifiuto per le velocità inferiori ai 30 cm/s, il raggiungimento il massimo di preferenza in corrispondenza di valori elevati di velocità (65 – 85 cm/s) mediante un andamento non omogeneo. Considerando anche le osservazioni presenti in letteratura (Mallet et al., 2000), ai fini dell'applicazione delle curve definite in questo studio per la determinazione dei deflussi minimi, si è ritenuto opportuno modificare la parte ascendente della curva di preferenza di un valore di preferenza pari a 0,2 e di "anticipare" il massimo in corrispondenza dell'intervallo 40-50 cm/s, dove già la curva sperimentale aveva mostrato un incremento considerevole. Il valore massimo è stato mantenuto in corrispondenza dei due intervalli di velocità successivi, e in ultimo il dato nell'intervallo 70-80 cm/s è stato interpolato rispetto al trend della curva.

8.1.3 Substrato

Le curve di preferenza relative al substrato sono state accettate senza alcuna proposta di modifica.

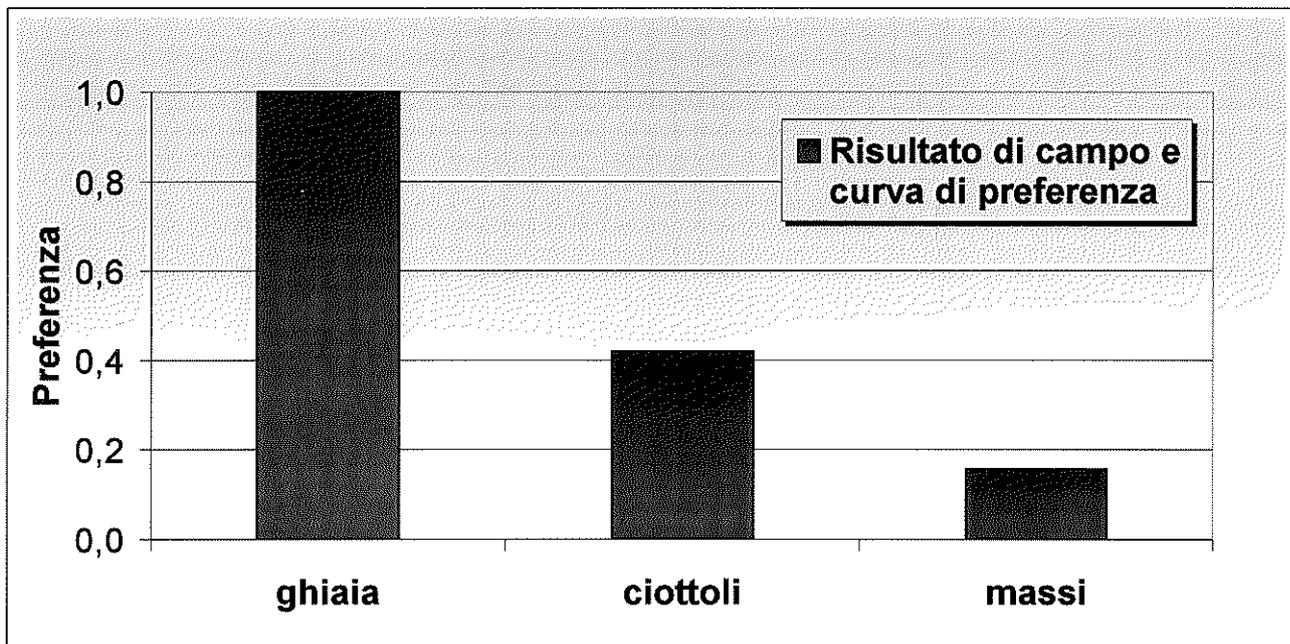


Fig. 40 – Substrato: curva di preferenza proposta per i giovani

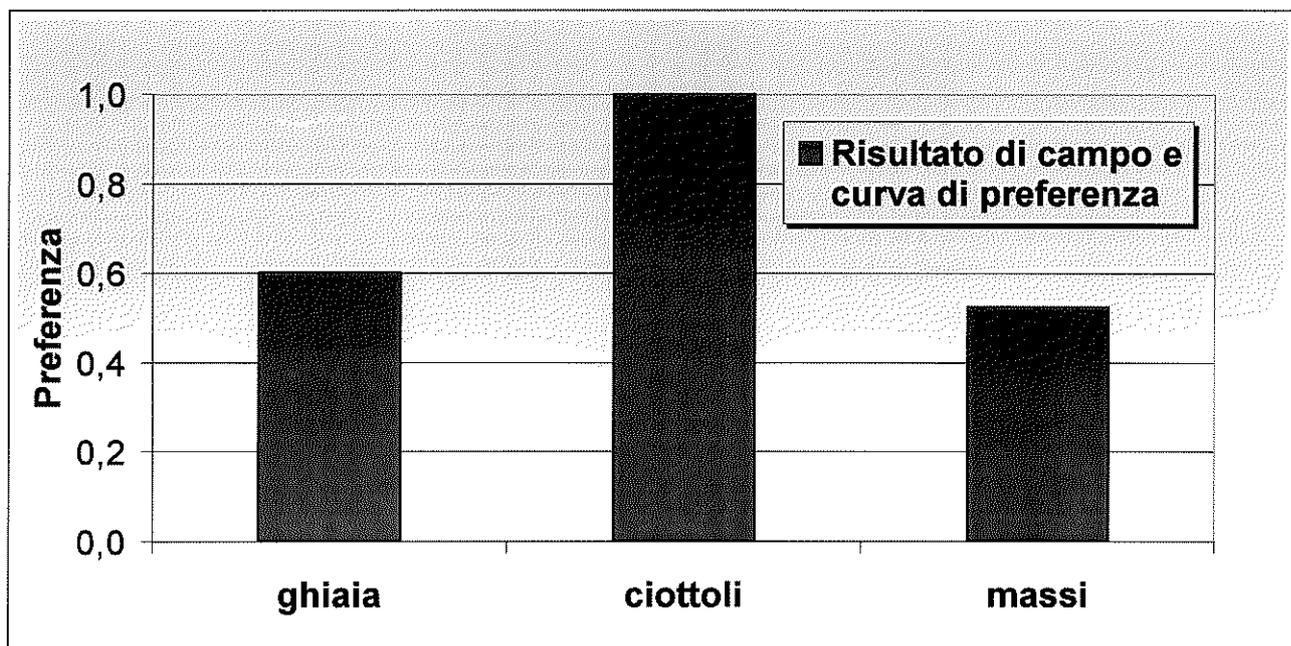


Fig. 41 – Substrato: curva di preferenza proposta per gli adulti

8.2 Trota marmorata: curve di preferenza proposte

Per quanto riguarda la trota marmorata, l'unica curva che ha richiesto modifiche rispetto alle curve originali del Sesia, è stata quella della velocità per lo stadio vitale adulto. In tutti gli altri casi, le curve del Sesia sono risultate trasferibili anche sull'Adige, come descritto al paragrafo 6.2.4 nel capitolo dei risultati.

Nel caso della velocità per gli adulti si è ritenuto opportuno modificare la curva del Sesia, estendendo la preferenza massima (indice di idoneità pari a 1) anche a zone a corrente intermedia, fino cioè ai 40 cm/s, mantenendo comunque lo stesso andamento della curva di partenza (Fig. 42). Va ricordato che nel Fiume Adige l'elemento morfologico, costituito dai rifugi, non è determinante in quanto praticamente assente nei riffle, a differenza di quanto succedeva nel Sesia, dove diventava addirittura prioritario rispetto soprattutto alla velocità di corrente. Alla luce di questa considerazione, la modifica apportata alla curva del Sesia assume un'importanza ancora più sostanziale.

In

Fig. 42 – Velocità: curva di preferenza degli adulti proposta per l'Adige

è riportato il numero di individui adulti ritrovati sull'Adige a velocità ottimali, utilizzabili e non idonee, applicando prima le curve di preferenza del Sesia originali e poi la curva del Sesia modificata secondo le indicazioni sopra descritte. Si osserva un incremento nell'utilizzo dei microhabitat ottimali rispetto a quelli utilizzabili, confermando la migliore predittività della curva modificata rispetto all'originale.

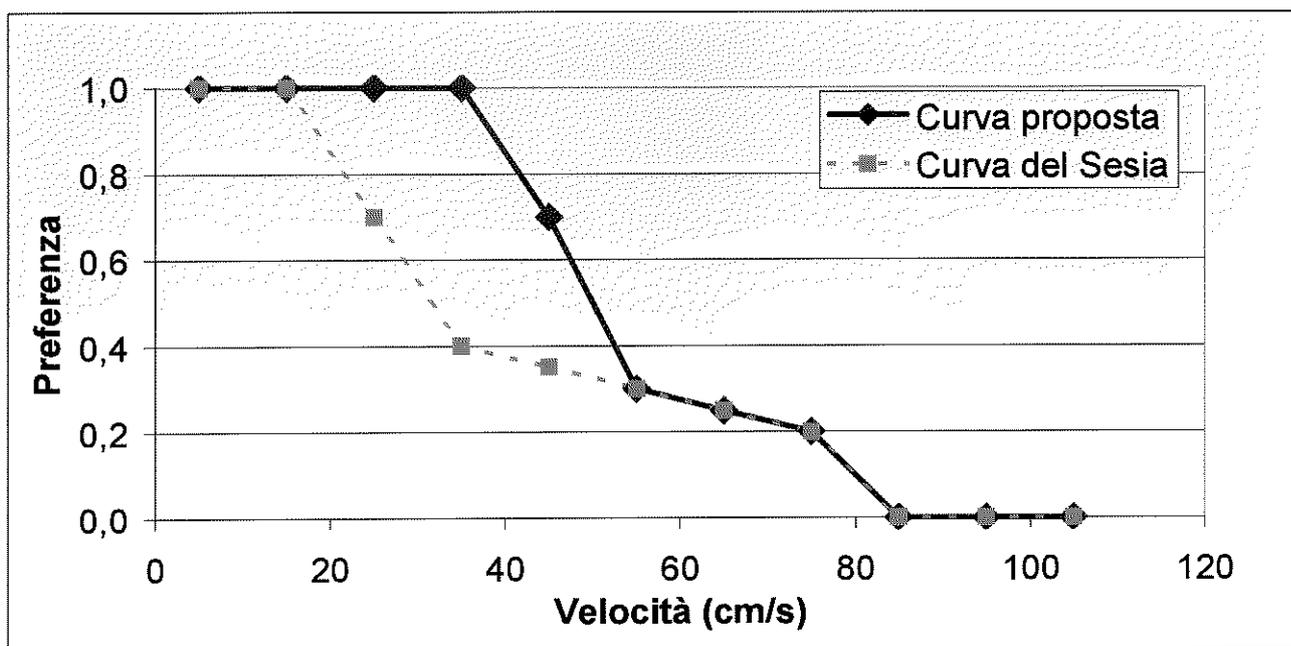


Fig. 42 – Velocità: curva di preferenza degli adulti proposta per l'Adige

	SESIA	SESIA modificata
<i>N° individui in microhabitat ottimali</i>	2	20
<i>N° individui in microhabitat utilizzabili</i>	39	21
<i>N° individui in microhabitat non idonei</i>	2	2

Tab. 8 – Valutazione dell'idoneità dei microhabitat per il parametro velocità, relativamente allo stadio adulto della trota marmorata sul Fiume Adige, applicando le curve di preferenza del Sesia e la curva del Sesia modificata.

9. BIBLIOGRAFIA

Bardonnat A., Gaudin P. & Persat H., 1991. Microhabitats and diel downstream migration of young Grayling (*Thymallus thymallus* L.); *Freshwater Biology* **26**: 365-376

Bovee, K.D. and Cochnauer, T. (1977). Development and evaluation of weighted criteria, probability-of-use curves for instream flow assessments: Fisheries. *Instream Flow Information Paper No. 3*. U.S. Fish and Wildlife Biological Report (77) 39 pp.

Bovee, K.D. (1978). Probability-of-Use Criteria for the Family Salmonidae. *Rep. FWS/OBS-78/07*. U.S. Fish Wildl. Serv., Coop. Instream Flow Serv. Grp., Ft. Collins, CO.

Bovee, K.D. (1982). A guide to stream habitat analysis using the Instream Flow Incremental Methodology. *Instream Flow Information Paper 12. Rep. FWS/OBS-82/86*. U.S. Fish Wildl. Serv., Coop. Instream Flow Serv. Grp., Ft. Collins, CO.

Bovee, K.D. (1986). Development and evaluation of of habitat suitability criteria for use in the instream flow incremental methodology. *Instream Flow Information Paper 21*. U.S. Fish and Wildlife Serv. Biol. Rep. 86(7)

Bovee K., 1996. *The compleat IFIM: A Coursebook for IF 250*. 256 pp.

Bovee K., Lamb B.L., Bartholow J.M., Stalnaker C.B., Taylor J., Henriksen J., 1998. Stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology. U.S. Geological Survey, Biological Resources Division Information and Technologist Report USGS/BRD-1998-0004. 131 pp.

Gentili G., Puzzi C.M., Romanò A., Sartorelli M., Trasforini S., Bosi R., Bertoni Z., 2000. Ecologia e gestione del temolo *thymallus thymallus*; esperienze italiane ed europee a confronto. Atti del Convegno.

Gentili G., Bosi R., Cambiaghi M., in stampa. Preferenze idraulico-morfologiche della Trota marmorata (*Salmo (trutta) marmoratus*) nel Fiume Sesia. Atti del Convegno A.A.I.A.D., 2001.7

Darchambeau F. & Poncin P., 1997. Field observations of the spawning behaviour of European Grayling; *Journal of Fish Biology* **51**: 1066-1068.

Gardiner R., 1992. Scottish Grayling: history and biology of the populations; *Proceedings of the Institute of Fisheries Management - 22nd Annual Study Course*; M.N. Lucas, I. Diack & L. Laird eds.: 171-178.

Gonczi A. P., 1989. *A study of physical parameters at the spawning sites of the european grayling (Thymallus thymallus L.)*. Regulated Rivers: Research & Managements, **3**, 221-224.

- Greenberg L., Svendsen P., Harby A., 1994;** Availability of microhabitats and their use by Brown Trout (*Salmo trutta*) and Grayling (*Thymallus thymallus*) in the River Vojman, Sweden. In *IAHRs first Symposium on habitat hydraulics*. Trondheim, Norway: Norwegian Institute of Technology: 606-624.
- Guthruf J., 1996.** Populationsdynamik und Habitatwahl der Äsche (*Thymallus thymallus* L.) in drei verschiedenen Gewässern des schweizerischen Mittellandes; boko druck, Zürich, 155 pp.
- Haury J., Ombredane D., Baglinière J.L., 1991.** L'habitat de la truite commune (*Salmo trutta* L.) en cours d' eau, in *La truite biologie et écologie*, Baglinière J.L. & Maisse G. eds., INRA - ENSA Editions, pp 47-96.
- Heggenes J., 1988.** Physical Habitat Selection by Brown Trout (*Salmo trutta*) in Riverine Systems, in *Nordic. J. Freshw. Res.* **64**: 74-90.
- Heggens J., Brabrand A., Saltveit S.J., 1990.** Comparison of three methods for studies of stream habitat use by young brown trout and atlantic salmon. *Transaction of the American Fisheries Society* **119**: 101-111.
- Hubert W. A., Helzner R.S., Lee L.A., Nelson P.N., 1995.** *Habitat Suitability Index models and Instream Flow Suitability curves: arctic grayling riverine populations*. Fish and Wildlife Service U.S. Department of the Interior.
- Huet M., 1954.** Biologie, profils en long et en travers des eaux courantes. *Bulletin Francais de Pisciculture* **175**: 41-53.
- Ielli F., 1994.** La trota marmorata. Biologia della specie e pesca con le esche artificiali nelle acque italiane. EDAI srl, Firenze.
- Jankovic D., 1964.** Synopsis of biological data on European Grayling (*Thymallus thymallus* L. 1758); *FAO Fisheries Synopsis*; **24**; FAO, Fisheries Division, Biology Branch, Rome; 45 pp
- Lambert T.R., Hanson F.D., Morhardt J.E., 1987.** *Development of habitat suitability criteria for trout in the Kings river Basin, California*. Pacific Gas and Electric Company, California. Report 009.4-87.10.
- Mallet J.P., Lamouroux N., Sagnes P. & Persat H., 2000.** Habitat preferences of European grayling (*Thymallus thymallus* L.) in a medium size stream, the Ain river, France. *J. Fish Biol.* **56**: 1312-1326.
- Modde T, Hardy T.B., 1992.** Influence of different microhabitat criteria on salmonid habitat simulation. *Rivers*, Vol. 3, N°1, pp 37-44.
- Morhardt J.E., Hanson D.F., 1988.** "Habitat availability considerations in the development of suitability criteria" in Bovee K. e Zuboy J., *Proceedings of a workshop on the development and evaluation of Habitat Suitability Criteria*, U.S. Fish and Wildlife Service Serv. Biol. Rep. 88(11). U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C., pp. 392-407.

- Moyle and Baltz, 1985.** Microhabitat use by an assemblage of California stream fishes: developing criteria for instream flow determinations. *Transaction of the American Fisheries Society*, **111**(4): 413-445.
- Northcote T. G., 1995.** Comparative biology and management of Arctic and European Grayling (Salmonidae, Thymallus); *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **5**: 141-194
- Orth, D.J. e Maughan, O.E. (1982).** Evaluation of the incremental methodology for recommending instream flows for fishes. *Trans. Am. Fish. Soc.* **111**:413-445.
- Persat H., 1988.** De la biologie des populations de l'ombre commun *Thymallus thymallus* (L. 1758) à la dynamique des communautés dans un hydrosystème fluviale aménagé, la Haut Rhone francais. Elements pour un changement d'échelles. State thesis, Université de Lyon I, France
- Poncin P., 1993.** La reproduction des poissons de nos rivières; *Cahiers d'Ethologie*, **13**: 317-342.
- Scott A., 1985.** Distribution, Growth, and Feeding of Postemergent Grayling *Thymallus thymallus* in an English River. *Transaction of the American Fisheries Society*, **114**: 525-531.
- Sempeski P., 1994.** Sélection et utilisation de l'habitat par les jeunes stades de poissons d'eau courante: le modèle Ombre commun (*Thymallus thymallus* L.); These du Diplome de Doctorat Université Claude Bernard - Lyon 1, 187 pp.
- Sempeski P. & Gaudin P., 1995a.** Construction of habitat preference curves for spawning sites and young stages of Grayling (*Thymallus thymallus* L.); *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, **337**: 277-282.
- Sempeski P. & Gaudin P., 1995b.** Habitat selection by grayling – II. Preliminary results on larval and juvenile daytime habitats. *Journal of Fish Biology*, **47**: 345-349.
- Sempeski P., Gaudin P. & Herouin E., 1998.** Experimental study of young Grayling (*Thymallus thymallus*) physical habitat selection factors in an artificial stream; *Arch. Hydrobiol.* **141**: 321-332.
- Stalnaker C., Lamb B.L., Henrikse J., Bovee K., Bartholow J., 1994.** The Instream Flow Incremental Methodology. A primer for IFIM. National Ecology Research Center – National Biology Survey.
- Thomas, J.A. & Bovee, K.D., 1993.** Application and testing of a procedure to evaluate transferability of habitat suitability criteria. *Regulated Rivers: Research and Management*. (29 pp.)
- Varley M.E., 1967.** *British Freshwater Fishes. Factors Affecting their Distribution*. Fishing News (Books) Limited Eds, London, 148 pp.
- Witkowski A. & Kowalewski M., 1988.** Migration and structure of spawning population of European Grayling (*Thymallus thymallus* (L.)) in the Dunajec basin; *Arch. Hydrobiol.*, **122**(2): 279-297.
- Witkowski A., Blachuta J. & Olesinska J., 1989a.** Age and growth-rate of Grayling (*Thymallus thymallus* L.) in the rivers of Pomerania (NW Poland); *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, **19**: 3-19.