

**Gilberto FORNERIS, Fabrizio MERATI,  
Massimo PASCALE e Gian Carlo PEROSINO**

**MATERIALI E METODI PER I  
CAMPIONAMENTI E MONITORAGGI  
DELL'ITTIOFAUNA**

**Determinazione della qualità  
delle comunità ittiche: l'indice ittico  
nel bacino occidentale del Po**

**Settembre 2005**

# **MATERIALI E METODI PER I CAMPIONAMENTI E MONITORAGGI DELL'ITTIOFAUNA**

## **Determinazione della qualità delle comunità ittiche: l'indice ittico nel bacino occidentale del Po**

A cura di: **Gilberto FORNERIS** (1)  
**Fabrizio MERATI** (2)  
**Massimo PASCALE** (3)  
**Gian Carlo PEROSINO** (3)

- (1) Dipartimento di Produzioni Animali, Epidemiologia ed Ecologia dell'**Università degli Studi di Torino** (Grugliasco - Torino);  
(2) **S.I.L.** - Studio Idrobiologico Lombardo (Gaggiano - Milano),  
(3) **CREST** - Centro Ricerche in Ecologia e Scienze del Territorio (Torino).

**Torino, settembre 2005**

## INDICE

<b>1 - INTRODUZIONE</b> .....	pag. 3
<b>2 - VALORE NATURALISTICO DELLE SPECIE ITTICHE</b> .....	pag. 6
<b>3 - MODALITÀ DEI CAMPIONAMENTI</b> .....	pag. 8
<b>4 - TIPOLOGIE AMBIENTALI</b> .....	pag. 13
<b>5 - COMUNITÀ ITTICHE DI RIFERIMENTO E CLASSI DI QUALITÀ</b> .....	pag. 19
<b>6 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E PROBLEMI APERTI</b> .....	pag. 23
<b>APPENDICE UNO (definizioni)</b> .....	pag. 28
<b>APPENDICE DUE (elenco specie ittiche autoctone del bacino del Po e loro valore intrinseco)</b> .....	pag. 41
<b>APPENDICE TRE (pesca elettrica e limiti dell'azione di campionamento)</b> .....	pag. 56
<b>APPENDICE QUATTRO (descrizione degli ambienti oggetto di campionamento)</b> .....	pag. 58
<b>APPENDICE CINQUE (salmonidi autoctoni e alloctoni)</b> .....	pag. 64
<b>APPENDICE SEI (misura della portata in un corso d'acqua naturale)</b> .....	pag. 67
<b>APPENDICE SETTE (regimi idrologici)</b> .....	pag. 76
<b>APPENDICE OTTO (indice fisico di produttività)</b> .....	pag. 83
<b>BIBLIOGRAFIA (Autori citati)</b> .....	pag. 85

# 1 - INTRODUZIONE

La Direttiva Comunitaria 2000/60/CEE, sulla protezione delle acque, pone, come scopo, all'art. 1, la tutela ed il miglioramento degli ecosistemi acquatici e prevede, nell'allegato V, l'analisi degli ecosistemi fluviali con rilevamenti dello stato delle cenosi acquatiche ed in particolare dei macroinvertebrati bentonici, della fauna ittica e della flora acquatica. I corsi d'acqua devono essere studiati in tutte le loro componenti e, come anticipato dal D.Lgs. 130/1992 (e confermato dal D.Lgs 152/1999), la fauna ittica è un elemento fondamentale.

I fiumi sono sistemi molto complessi, il cui stato può essere descritto con metodi di analisi riguardanti diverse componenti. Per alcune di queste la letteratura e le norme vigenti prevedono sistemi di valutazione che considerano, per esempio, la qualità fisico-chimica della matrice acquosa (LIM)<sup>1</sup>, la comunità macrobentonica (IBE)<sup>2</sup>, la funzionalità fluviale (IFF)<sup>3</sup>,... con formulazione di giudizi di qualità basati su cinque classi, dalla prima (la migliore) alla quinta (la peggiore). I risultati ottenibili con tali metodi sono tra loro confrontabili ed insieme contribuiscono ad una descrizione degli ecosistemi fluviali. Altri metodi concorrono a migliorare le conoscenze. Per esempio Forneris *et al.* (1990) hanno proposto un sistema di classificazione, con uso delle solite cinque classi, dei livelli di carico (antropico e naturale) dei bacini che alimentano i corsi d'acqua, metodo ampiamente sperimentato nel bacino del Po cuneese (C.R.E.S.T., 1999) ed in quelli principali della Provincia di Torino (2000). Altri sistemi, in fase di studio e perfezionamento, considerano le macrophyte acquatiche o del periphyton. È importante, a questo punto, disporre di sistemi di analisi e valutazione dello stato delle comunità ittiche in grado di fornire risultati confrontabili con quelli ottenibili con altri metodi o almeno di contribuire all'insieme delle conoscenze riguardanti i corsi d'acqua.

La fauna ittica è una componente fondamentale degli ecosistemi fluviali, condizionata dalla qualità delle acque, dal regime idrologico, dalle condizioni morfo-idrauliche degli alvei, dalla naturalità delle fasce fluviali,... L'analisi delle comunità ittiche dovrebbe fornire un contributo importante nel definire lo stato dei fiumi, ma sorgono problemi di varia natura, difficilmente risolvibili, come provato dal fatto che, nonostante la particolare attenzione su questo argomento da parte degli ittiologi, non esistono ancora metodi collaudati ed affermati per la valutazione dello stato degli ecosistemi fluviale basati sull'ittiofauna. A questo proposito, almeno in Italia, l'unico esempio di metodo sufficientemente articolato ed interessante da approfondire, è quello proposto nel 2004 da Zerunian (*Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche – ISECI - viventi nelle acque interne italiane*). Merita comunque accennare, seppure per sommi capi, ai principali problemi connessi all'individuazione di un qualsiasi metodo di determinazione di qualità basato sull'ittiofauna.

L'individuazione di una metodologia basata sui pesci è sempre stata condizionata dalla necessità di individuare connessioni tra lo stato dell'ecosistema acquatico e quello della comunità ittica in esso ospitata, aspetto questo evidente in qualunque altro indice di qualità idrobiologica. Ad un elevato numero di specie ittiche sensibili dovrebbe corrispondere un alto indice, ad un basso numero un indice inferiore. Le comunità ittiche subiscono modificazioni, talora eclatanti, in conseguenza dell'alterazione degli ambienti acquatici e ciò dovrebbe riflettersi in un "valore" di qualità ambientale basso; situazione limite è la scomparsa dell'ittiofauna a fronte di fenomeni di massiccio inquinamento. L'assenza di pesci presupporrebbe, in questo caso, la peggiore classe di qualità, ma essa non è imputabile esclusivamente ad una situazione ambientale alterata. Sono infatti numerose le situazioni caratterizzate dall'assenza di pesci anche in ambienti incontaminati; per esempio molti torrenti alpini, unicamente popolati da trote fario d'immissione, nei quali, seppure con acque di ottima qualità, le popolazioni ittiche sono mantenute artificialmente; in tali casi si potrebbe addirittura parlare di "inquinamento" dovuto ad immissioni estranee al carteggio faunistico locale.

Nel territorio italiano le aree montane costituiscono una porzione rilevante ed una parte consistente del reticolo idrografico è costituito da ambienti caratterizzati, per cause naturali, da comunità ittiche povere, con limitato numero di specie, insufficienti ai fini della determinazione di una buona qualità ambientale, se valutata esclusivamente sul parametro della ricchezza specifica. Tali ambienti sono frequentemente popolati

---

<sup>1</sup> Sigla che indica il Livello Inquinamento dei Macrodescrittori, introdotto dal D. Lgs 152/99 per il monitoraggio della qualità fisico - chimica delle acque della rete idrografica superficiale ai fini dei Piani di Tutela delle Acque.

<sup>2</sup> L'Indice Biotico Esteso (Ghetti, 1986, 1995 e 1997) definisce la qualità biologica delle acque sulla base delle comunità macrobentoniche; è un metodo ampiamente diffuso in Italia ed organicamente inserito nel D. Lgs. 152/99.

<sup>3</sup> L'Indice di Funzionalità Fluviale esprime un giudizio riassuntivo sull'ambiente fluviale (AA.vv., 2000). Si basa sulla considerazione che la funzionalità e le dinamiche fluviali sono condizionate dalle caratteristiche sia dell'alveo fluviale sia dell'ambiente circostante.

da salmonidi, presenti naturalmente od in seguito ad immissioni; i pesci più rappresentativi sono quindi le trote, ma non è detto che queste possano essere utilizzate quali indicatori sensibili, in quanto le loro necessità principali sono legate alla temperatura ed alla ossigenazione delle acque; una volta che esse sono garantite entro limiti accettabili, i salmonidi si rivelano, in molti casi, piuttosto tolleranti. Quali potrebbero essere allora i migliori bioindicatori di qualità ambientale in questi ambienti se i salmonidi provengono, quasi sempre, da introduzioni dell'uomo e se il loro ruolo di "specie sensibili" andrebbe rivisto? Forse le "specie di accompagnamento", quali sanguinerola, vairone, barbo canino e scazzone? Probabilmente no, in quanto esse solitamente costituiscono popolazioni ben strutturate in ambienti che si trovano verso valle.

Ogni metodo biologico si basa sulla seguente domanda: *quale dovrebbe essere la composizione di una determinata comunità in condizioni ideali, in assenza di alterazioni ambientali?* È il cosiddetto "bianco" o la "comunità tipo", cioè la situazione che andrebbe individuata e descritta quale riferimento per la caratterizzazione della classe di qualità più elevata. Bisogna avere il coraggio di riconoscere che, per una porzione significativa del reticolo idrografico naturale, in gran parte caratterizzato da acque fredde ed oligotrofiche, il "bianco" può anche essere caratterizzato dall'assenza di pesci. Se non si ammette tale presupposto si corre il rischio di indirizzare la ricerca verso obiettivi impossibili da conseguire.

Un indice porta, quale risultato, ad un valore numerico che costituisce un giudizio sull'ambiente indagato o su una sua componente. Se l'obiettivo consiste nella valutazione dello stato di un ecosistema occorre individuare una scala di sensibilità riguardante gli organismi costituenti la comunità bersaglio. Questo sistema funziona bene per i macroinvertebrati, raggruppamento utilizzato per l'applicazione dell'IBE.; ma è possibile procedere in modo analogo anche per l'ittiofauna? È una questione essenziale, a monte di ogni ipotesi propositiva. Su tale problema gli scriventi hanno lavorato fin dal 1995, dopo esperienze maturate nel campo di monitoraggi su aree vaste, su scala di bacino, provinciale e regionale, ma non è stato possibile redarre un elenco di specie (o di gruppi) ordinate secondo una scala di sensibilità. Ogni ipotesi presentava aspetti contraddittori, ogni tentativo di formulare una lista risultava criticabile alla luce dei risultati ottenuti dai campionamenti. Inoltre le specie solitamente indicate come "sensibili", descritte dalla letteratura come quelle più esigenti (che "...prediligono acque fresche ed ossigenate..."), sono quasi tutte caratteristiche delle zone di transizione (miste) dalle acque a salmonidi a quelle a ciprinidi. A monte emergono i problemi sopra descritti; a valle cambia la naturale composizione delle comunità ittiche e quelle stesse specie diventano spesso occasionali o comunque non caratterizzanti. Questo aspetto è forse il limite principale relativamente ad ogni ipotesi di un indice ittico espressamente votato a fornire valutazioni quantitative sulla qualità degli ambienti fluviali ed in particolare di "tutte" le tipologie ambientali, dai torrenti alpini ai corsi di pianura. Non stupisce infatti che, tenuto conto del notevole impegno profuso negli ultimi trenta anni intorno agli indici biotici e della necessità ripetutamente manifestata di utilizzare anche i pesci quali bioindicatori, non si sia ancora affermata una metodologia "convincente". In sintesi l'idea di formulare una lista ordinata in funzione della sensibilità sembra poco praticabile e comporta il forte rischio di percorrere un vicolo cieco.

Alla luce dei problemi succitati si è ritenuto di proporre un sistema, denominato **Indice Ittico (I.I.)**, in grado di esprimere una valutazione della **qualità naturalistica** relativa alla comunità ittica che popola un corso d'acqua, senza la pretesa di fornire espressamente indicazioni sulla qualità delle acque o sul livello di alterazione fisica, anche se risultano più o meno evidenti connessioni tra lo stato dell'ambiente acquatico e quello delle comunità ittiche.

Un alto livello di differenziazione, in termini di ricchezza di specie (biodiversità), con particolare riferimento a quelle rare<sup>4</sup> e/o endemiche<sup>5</sup> e/o che destano preoccupazione per il loro stato di conservazione<sup>6</sup>, comporta un elevato livello di attenzione per la tutela. Il riscontro di alterazioni della composizione della

---

<sup>4</sup> È rara una specie rappresentata da una popolazione di pochi individui, con rischio di densità inferiore a quella necessaria per il successo riproduttivo. La densità degli individui può risultare sufficiente o buona, ma in presenza di una restrizione e/o frammentazione dell'areale di distribuzione. È rara anche quella specie (spesso ai livelli trofici superiori) i cui individui necessitano di ampi territori per cui, anche in ambienti ben conservati, la popolazione è caratterizzata da pochi individui e quindi sensibile alla riduzione e/o frammentazione dell'areale di distribuzione, soprattutto per fenomeni di alterazione dell'ambiente fisico (sistemazioni idrauliche ed interruzioni della continuità longitudinale dei corsi d'acqua).

<sup>5</sup> È endemica è una categoria tassonomica (in genere la specie) peculiare di un'area circoscritta e limitata come estensione.

<sup>6</sup> Lo stato di specie "che desta preoccupazione per il suo stato di conservazione" è assegnato sulla base di documentazioni e ricerche disponibili in letteratura. Le definizioni "rara", "endemica" e "che desta preoccupazione per il suo stato di conservazione" possono essere utilizzate in combinazione per una singola specie. In molti casi, una specie sull'orlo di estinzione è caratterizzata da una popolazione numericamente impoverita. Le specie endemiche sono, per i limitati areali di distribuzione, più sensibili alle alterazioni ambientali; quindi diventano facilmente rare, fino al rischio di estinzione.

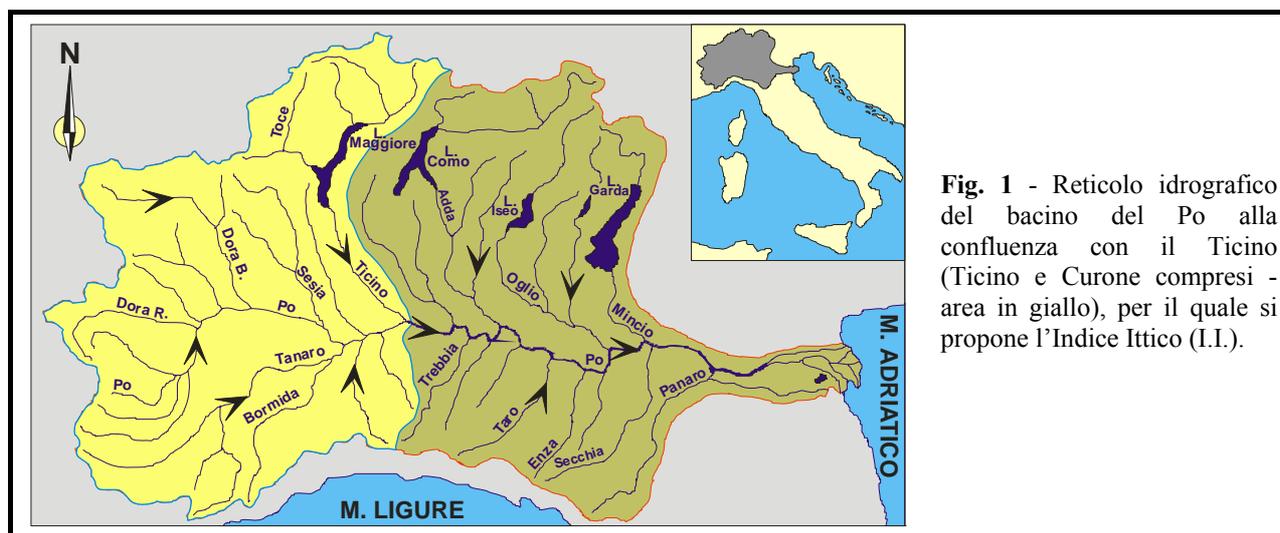
fauna ittica, per esempio per scomparsa di una o più specie e/o presenza di forme alloctone (basso livello di qualità) comporta l'adozione di strategie di recupero ambientale, volte a ristabilire migliori condizioni di qualità delle acque e degli alvei fluviali ed a prevedere forme più corrette di gestione per fini alieutici. Ma vi sono situazioni con ittiofauna scarsamente rappresentata (alte zone dei salmonidi) o assente per cause naturali (torrenti montani alimentati direttamente dall'ablazione di ghiacciai o corsi d'acqua con portate eccessivamente ridotte), per cui risulta una scarsa qualità senza alterazioni ambientali. In questi casi l'I.I. esprime una valutazione esclusivamente in termini di valori assoluti della ricchezza naturalistica. In altri casi, soprattutto nei corsi d'acqua principali, l'indice fornisce *anche* indicazioni sullo stato ambientale.

L'I.I. si applica alle seguenti tipologie di zone umide (Z.U.), presenti nel bacino occidentale del Po (fig. 1) e codificate nel seguente modo (De Biaggi *et al.*, 1987; C.R.E.S.T., 1988; Boano *et al.*, 2003):

**Z.U. 1.2.1.1** - acque correnti naturali a regime glaciale permanenti (alpino); presenza d'acqua per tutto l'anno; zone ittiche a salmonidi, spesso poco adatte alle cenosi acquatiche e poco produttive per i forti limiti dovuti alle basse temperature ed alla torbidità estiva;

**Z.U. 1.2.2.1** - acque correnti naturali a regime pluvionivale permanenti (prealpino); presenza d'acqua per tutto l'anno, tra le zone umide più frequenti del bacino occidentale del Po; zone ittiche a salmonidi, nei fondovalle dei principali bacini e nella maggior parte dei loro tributari, fino allo sbocco in pianura, talora fino alla confluenza con il Po;

**Z.U. 1.2.3.1** - acque correnti naturali a regime pluviale permanenti (di pianura e/o collinari); presenza d'acqua per tutto l'anno; zone ittiche a ciprinidi, prevalentemente reofili, con cenosi acquatiche ricche e diversificate.



**Fig. 1** - Reticolo idrografico del bacino del Po alla confluenza con il Ticino (Ticino e Curone compresi - area in giallo), per il quale si propone l'Indice Ittico (I.I.).

Per le Z.U. 1.1 (sorgenti e risorgive - fuoriuscite d'acqua dalla superficie del terreno, quando perenni)<sup>7</sup> e le Z.U. 2.3.1 e 2.3.2 (acque correnti artificiali permanenti) è da verificare l'applicabilità dell'I.I.; per questi ambienti le simulazioni di verifica non sempre hanno fornito risultati coerenti rispetto alla reale qualità degli ecosistemi oggetto di analisi. Le tipologie sopra indicate sono classificate con i codici 24 per i fiumi, 54.1 per le sorgenti e 89 per i canali nel sistema Corine (European Communities Commission, 1991). Dall'applicazione dell'I.I. sono esclusi le acque stagnanti (laghi, stagni e paludi, naturali ed artificiali). In sintesi, l'Indice Ittico che si propone nel presente testo, si basa sui seguenti riferimenti essenziali:

1. limita gli obiettivi a quanto concretamente possibile; la qualificazione naturalistica di una comunità ittica rappresenta comunque un obiettivo importante, utile soprattutto per la tutela e per la gestione;
2. accetta il principio per cui la fauna ittica della maggior parte dei corsi d'acqua del versante padano occidentale dell'alto Appennino e delle zone alpine superiori non è adatta per fornire indicazioni sulla qualità ambientale in senso lato;
3. accetta il principio per cui i corsi di cui al punto precedente sono, sotto il profilo naturalistico, poco interessanti, naturalmente popolati da nessuna o da poche specie, le quali comunque formano popolazioni più abbondanti e meglio strutturate verso valle; la presenza di pesci quali le trote esotiche è un ulteriore fattore indicativo di scarsa qualità faunistica, in quanto definibile come una forma di inquinamento;

<sup>7</sup> Ambienti adatti per l'ittiofauna, in genere per piccoli ciprinidi e/o per la riproduzione di specie particolari (es. luccio).

4. rinuncia ad enfatizzare la correlazione tra composizione della comunità ittica e qualità ambientale; solo per gli ambienti acquatici delle porzioni a valle delle zone a salmonidi (o miste) e per le zone a ciprinidi, l'I.I., oltre a fornire un valore relativo alla qualità naturalistica, consente di esprimere, seppure con cautela e mediante il confronto con i risultati di altre analisi, valutazioni *anche* sulla qualità ambientale.

La metodologia descritta nei capitoli successivi fa riferimento alle prime proposte di Forneris *et al.* (2004, 2005) che hanno formulato e collaudato l'I.I. nell'ambito di diversi studi, tra i quali:

- “*Studi e ricerche finalizzate alla definizione di linee di gestione delle risorse idriche dei bacini idrografici... tributari del fiume Po... della Provincia di Torino (2000)*”<sup>8</sup>, con dati relativi a 212 siti di campionamento, distribuiti sul territorio con criteri morfometrici e rappresentativi delle diverse fasce altimetriche che caratterizzano la porzione occidentale del bacino del Po. I campionamenti sono stati effettuati con metodi che hanno fornito indici di abbondanza delle varie specie coerenti con quanto richiesto dalla procedura dell'I.I.
- Si è reso disponibile un recente lavoro (Badino *et al.*, 2002), che ha comportato una riorganizzazione funzionale del ricco insieme di dati disponibili per la Provincia di Torino; ciò ha permesso una facile e rapida applicazione dell'I.I.
- Il reticolo idrografico dell'alto bacino del Po, sotteso alla sezione di confluenza con il Pellice, è stato oggetto di uno studio sulle risorse idriche (C.R.E.S.T., 1999); sono stati effettuati campionamenti su 41 stazioni con rilevazione dei dati utili all'applicazione dell'I.I.
- La *Carta Ittica della Provincia di Alessandria - La zona Montana* (Forneris, Pascale, 2003) ha interessato 57 stazioni, nei bacini del Curone, Scrivia, Orba e Bormida e che ha riguardato zone ittiche a trote fario e a ciprinidi. Per alcune stazioni, in cui sono stati rilevati parametri ittologici relativi alle strutture delle popolazioni ittiche, è stato possibile applicare l'I.I.
- Sul torrente Corsaglia, presso S. Michele di Mondovì (Cuneo), in zona mista, nell'ambito di un SIA relativo ad un progetto di impianto energetico di termocombustione (C.R.E.S.T., 2003a), è stata studiata l'ittiofauna su due stazioni con criteri adatti all'applicazione dell'I.I.
- Sul reticolo idrografico del bacino del Boesio (lago Maggiore - Varese), sono state individuate 16 siti di campionamento nell'ambito dello studio sulle *acque correnti superficiali naturali del reticolo idrografico del territorio della Comunità Montana Valcuvia* (C.R.E.S.T., 2003b). I campionamenti relativi all'ittiofauna sono stati condotti sperimentando la metodologia proposta per la determinazione dell'I.I.
- Per il “*Progetto speciale 2.5. Azioni per la predisposizione di una normativa riguardante il minimo deflusso vitale negli alvei*” (Autorità Di Bacino Del Fiume Po - Hydrodata, 1999) si sono effettuati campionamenti nel bacino dello Stura di Demonte che hanno fornito dati utili all'applicazione dell'I.I.
- Nell'ambito del Progetto Interreg IIIA (Aqua), per conto del Parco Regionale del Po - Tratto Torinese, è stato applicato l'I.I. negli alti bacini del Pesio e del Gesso (CN), del Chisone (TO) e lungo tutto il corso del Po dal Monviso alla confluenza con la Dora Baltea (Pascale *et al.*, 2005).

Soprattutto merita citare la sperimentazione dell'I.I. sulle 201 stazioni della rete di monitoraggio sul reticolo idrografico piemontese nell'ambito del Piano di Tutela delle Acque ai sensi del D. Lgs 152/99 (Regione Piemonte, 2002, 2005). Per quelle stazioni sono disponibili i risultati ottenuti dalle analisi fisico - chimiche (LIM)<sup>1</sup> e biologiche (IBE)<sup>2</sup> rappresentative del biennio 2001/2002 ai fine della classificazione di qualità dei corpi idrici (D.G.R. 14-11519 del 19/01/2004). È stato quindi possibile confrontare i dati dell'I.I. con quelli relativi agli altri parametri ambientali. Ciò ha consentito, anche alla luce delle esperienze succitate, di effettuare una riformulazione della metodologia con alcune modifiche e integrazioni descritte nei capitoli successivi. Contemporaneamente si è ritenuto di descrivere, in dettaglio, alcuni aspetti connessi con le tecniche di campionamento dell'ittiofauna proponendo approfondimenti particolari in specifiche appendici.

## 2 - VALORE NATURALISTICO DELLE SPECIE ITTICHE

Le diverse specie che costituiscono una comunità ittica che popola un determinato tratto fluviale, adeguatamente rappresentato da una stazione di campionamento (**appendice uno**) assumono, ai fini sia della descrizione dello stato faunistico complessivo, sia soprattutto della determinazione dell'I.I., diversi valori derivanti dal prodotto di alcuni fattori ritenuti fondamentali:

---

<sup>8</sup> Con integrazioni da studi precedenti (Regione Piemonte, 1991; C.R.E.S.T., 1992)

- **Fattore OR** - *origine delle specie (tab. 1)*; considera l'autoctonia mediante un fattore positivo (+1) per le specie autoctone e negativo (-1 o -2) per quelle alloctone; la distinzione tra specie autoctone e alloctone è molto importante ai fini di una qualunque proposta di indice ittico (Bianco, 1990).

<b>Tab. 1 - Fattore OR</b> (Origine).	<b>AU</b>	Autoctone. <b>OR = +1</b>
	<b>AL1</b>	Alloctone. Non si riproducono in natura; non formano popolazioni strutturate e permanenti. <b>OR = -1</b>
	<b>AL2</b>	Alloctone. Si riproducono in natura; formano popolazioni strutturate e permanenti. <b>OR = -2</b>

- **Fattore AD** - *areale di distribuzione delle popolazioni delle specie autoctone (tab. 2)*; valuta la distribuzione areale con un fattore tanto più elevato quanto meno esteso è l'areale stesso; le specie con areale limitato, soprattutto gli endemismi ristretti, sono soggette a maggiori rischi; le alterazioni ambientali che ne riducono la consistenza delle popolazioni presenti in aree ridotte possono comportarne più facilmente l'estinzione; la tutela di tali specie è strategica ai fini del mantenimento della biodiversità.

<b>Tab. 2 - Fattore AD</b> (Aree di distribuzione) <sup>9</sup>	<b>AD = 1</b>	Ampia distribuzione in tutta o gran parte dell'Europa.
	<b>AD = 2</b>	Porzione ristretta dell'Europa e/o fascia mediterranea e/o tutta o buona parte della penisola italiana.
	<b>AD = 3</b>	Fascia mediterranea e/o tutta o buona parte della penisola italiana, ma con popolazioni frammentate ed incerte e/o tributari dell'alto Adriatico (bacino del Po in epoche glaciali).

- **Fattore SP** - *stato nel bacino del Po (tab. 3)*; considera la consistenza delle popolazioni delle specie autoctone nel bacino del Po ed in particolare nella sua porzione occidentale (**fig. 1**); un importante contributo alla conoscenza dello stato delle singole specie deriva dai risultati dei campionamenti effettuati sulla rete di monitoraggio sui corsi d'acqua piemontesi nell'ambito della predisposizione del Piano di Tutela delle Acque ai sensi del D. Lgs 152/99 (Regione Piemonte, 2002, 2005).

<b>Tab. 3 - Fattore SP</b> (Stato nel bacino del Po)	<b>SP = 1</b>	Buona consistenza delle popolazioni. Non si segnalano decrementi significativi. Non si ritengono necessarie particolari misure di cautela. Rischio nullo o basso.
	<b>SP = 2</b>	Buona consistenza delle popolazioni in alcune porzioni del bacino del Po. Si segnalano decrementi. Si ritiene necessaria una certa attenzione per la tutela. Rischio moderato.
	<b>SP = 3</b>	Forte decremento delle popolazioni in tutto o quasi il bacino del Po. Presenze sporadiche e/o occasionali. Necessità di misure di tutela straordinarie. Forte rischio.

L'**appendice due** riporta, per le specie ittiche autoctone del bacino del Po, le descrizioni che motivano l'assegnazione dei valori AD ed SP. Per ogni specie si ottiene un **valore intrinseco (V)** dal prodotto dei precedenti fattori ( $V = OR \cdot AD \cdot SP$ ). Le **tabb. 4 e 5** riportano i valori (V) per le singole specie ittiche.

Due sole specie, storione cobice e cobite mascherato, ottengono il più elevato valore possibile ( $V = +9$ ), in quanto entrambe con areale di distribuzione assai limitato come estensione; lo storione addirittura risulta assente nella porzione occidentale del bacino del Po; il cobite mascherato è stato rinvenuto in una sola stazione su 200 in occasione del succitato monitoraggio regionale effettuato nel 2004. Lo storione ladano,

<sup>9</sup> I valori "AD" attribuiti alle singole specie autoctone e riportati nell'**appendice due** sono ottenuti di quanto indicato da testi generali ed in particolare: Bruno, 1987; Delmastro, 1982; Forneris, 1989a; Forneris *et al.*, 1990; Gandolfi *et al.* (1991); Grimaldi, 1980; Grimaldi, Manzoni, 1990; Ladiges, Vogt, 1965; Mariani, 1988; Mariani, Bianchi, 1991; Muus, Dahlström, 1970; Tortonese, 1970, 1975; Vostradovsky, 1975; Zerunian, 2002.

l'agone, il pigo, la savetta, la lasca e la trota marmorata costituiscono un gruppo di sei specie con punteggio ancora elevato ( $V = +6$ ), dovuto soprattutto alla limitata estensione dei loro areali di distribuzione, ma anche allo stato di medio rischio nel bacino del Po; fa eccezione lo storione ladano, ormai rarissimo, ma almeno più largamente rappresentato in Europa, soprattutto Sud - orientale. Punteggio ancora relativamente elevato ( $V = +4$ ) presentano altre cinque specie: cheppia, vairone, barbo canino, spinarello e cagnetta, tutte caratterizzate da valori intermedi per entrambi i fattori "AD" ed "SP". Il valore  $V = +3$  viene attribuito a storione comune (rarissimo in Italia, ma con ampia diffusione in Europa), triotto (per motivi opposti rispetto al precedente), alborella (anch'essa ancora relativamente abbondante, ma endemismo ristretto), temolo (ormai ridotto ad esigue popolazioni in Piemonte, ma con ampia distribuzione europea) e ghiozzo padano (con situazione simile a quella dell'alborella). Tra le specie più diffuse troviamo quelle con punteggio inferiore: sette specie con  $V = +2$  e cinque specie con  $V = +1$ . Cavedano, tinca, scardola, gobione e persico reale sono quelle che ancora formano popolazioni di buona consistenza negli ambienti ad esse congeniali. Qualche problema per anguilla, sanguinerola, barbo, cobite comune, luccio, bottatrice e scazzone; ad esclusione del barbo (con areale di distribuzione limitato alla penisola italiana), per le altre specie si denuncia un certo decremento delle frequenze e della consistenza delle popolazioni.

### 3 - MODALITÀ DEI CAMPIONAMENTI

I campionamenti si effettuano soprattutto con la pesca elettrica (**appendice tre**), senza escludere reti e "visual-census". I migliori risultati si ottengono in estate e nell'inizio autunno; non si escludono la primavera ed il tardo autunno, quando le situazioni idrologiche e termiche lo permettano. In inverno è possibile effettuare campionamenti in particolari condizioni, oggetto di giudizio da parte degli ittiologi. I rilievi, ai fini dell'Indice Ittico, sono qualitativi e semiquantitativi, con copertura di ampie superfici sottese, con un passaggio con elettrostorditore. L'azione di pesca deve essere accurata, avendo cura di esplorare i diversi microambienti, per garantire la massima probabilità di cattura di tutte le specie presenti ed una buona attendibilità sulla stima dell'entità delle popolazioni e delle loro strutture.

I parametri relativi a all'estensione dell'ambiente di campionamento sono la larghezza e la lunghezza dell'alveo bagnato, tenendo conto dei limiti dell'azione dell'elettropesca, spesso limitata alle zone più accessibili presso le rive, nei fiumi di maggiore portata. Conviene stabilire dei limiti relativi alla lunghezza "L" della stazione oggetto di campionamento, posizionando con attenzione le sue sezioni estreme S1 ed S2 (cfr. definizione di *stazione* in **appendice uno**). In linea di massima si può stabilire una lunghezza compresa tra 10 e 20 volte la larghezza o perimetro bagnato medio "**Pb-med**" (**fig. 2**) in funzione delle caratteristiche ambientali della stazione stessa e comunque con  $L \geq 10 \text{ m}$ .

Non sono limiti rigorosi, in quanto molto dipende dalle condizioni ambientali del tratto fluviale oggetto di campionamento. Per un corso d'acqua con  $Pb\text{-med} = 4 \text{ m}$ , risulta una lunghezza "consigliata" della stazione  $L \cong 70 \div 90 \text{ m}$ . Ma in un torrente caratterizzato da scarsa portata e da profondità massime inferiori a 0,5 m, quindi con ogni sua porzione facilmente esplorabile con l'anodo e con presenza esclusiva di salmonidi (o con lo scazzone quale unica specie di accompagnamento), si può ipotizzare un campionamento interessante una lunghezza minore e cioè  $L = 50 \text{ m}$ . Nel caso in cui la corrente sia troppo veloce per la sicurezza dell'operatore e con diverse zone troppo profonde per l'azione dell'anodo delle apparecchiature solitamente impiegate nei torrenti alpini (più leggere e più comode, ma meno potenti), potrebbe risultare necessario estendere la lunghezza della stazione anche fino al limite massimo  $L_{\text{max}} = 130 \text{ m}$ .

Nei grandi fiumi, per oggettive difficoltà dovute alla scarsa o nulla accessibilità di una o più zone entro la stazione di campionamento, anche con l'ausilio di una imbarcazione o a causa dell'inefficacia dell'azione dell'anodo in acque troppo profonde, l'area campionata ( $A_c$ ) potrebbe risultare una frazione rispetto a quella totale ( $A_s$ ) della stazione (es. in **figg. 6c e 6d** dell'**appendice uno**). Anche in tali casi, per incrementare la probabilità di cattura del maggior numero delle specie presenti, conviene estendere il parametro "L". In un corso d'acqua con  $Pb\text{-med} = 30 \text{ m}$  dovrebbe valere  $L = 350 \div 600 \text{ m}$ . In difficili condizioni di campionamento, soprattutto tenuto conto che in alcune porzioni della stazione non è possibile operare, conviene considerare una lunghezza vicina al valore superiore dell'intervallo succitato; a volte ciò non è sufficiente e occorre andare oltre, ma non sopra il valore  $L_{\text{max}} = 700 \text{ m}$  o poco più.

Si potrebbe ritenere poco opportuno indicare valori estremi  $L_{\text{max}}$  e  $L_{\text{min}}$ ; in fondo ciò che conta è la garanzia di cattura di tutte le specie potenzialmente presenti. In realtà occorre considerare che la  $L_{\text{min}}$  impone condizioni minime al di sotto delle quali si ipotizza uno "sforzo" di pesca insufficiente. La  $L_{\text{max}}$  è

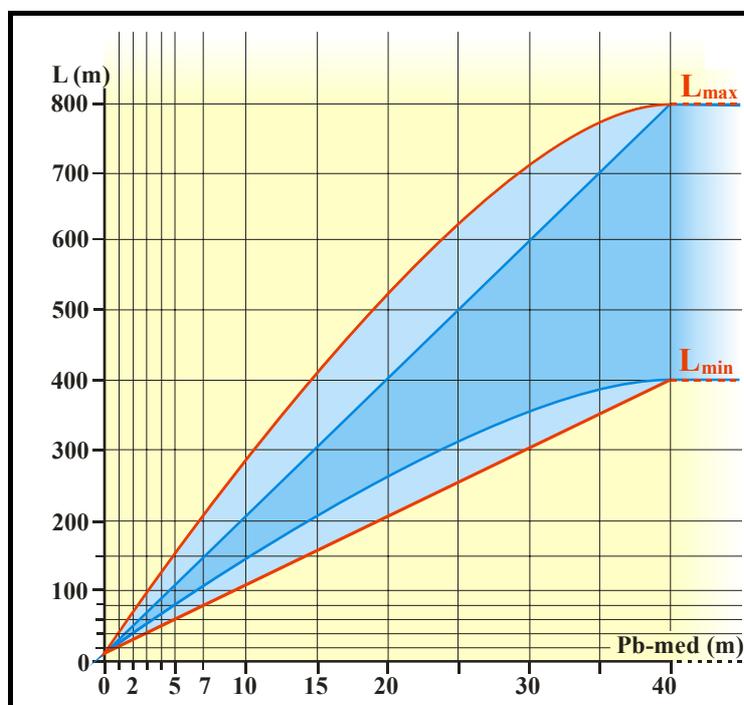
importante, in quanto non si può estendere eccessivamente il parametro di lunghezza della stazione. La **fig. 2** individua  $L \leq 800$  m anche per i più grandi fiumi. Lunghezze superiori potrebbero interessare tratti fluviali caratterizzati da ambienti diversi, rispetto ai quali potrebbe risultare utile individuare altre stazioni, in quanto “abitate” da comunità ittiche diverse.

<b>Tab. 4 - Elenco specie autoctone (AU) del bacino occidentale del Po (OR = +1). Punteggi in funzione dell'areale di distribuzione (AD) e dello stato nel bacino del Po (SP). Valore intrinseco V = OR·AD·SP. Nomenclatura secondo Gandolfi et al. (1991).</b>						
Ordine	Famiglia	Genere specie sottospecie	nome volgare	AD	SP	V
Acipenseriformes	Acipenseridae	<i>Acipenser sturio</i>	storione comune	1	3	+3
		<i>Acipenser naccarii</i>	storione cobice	3	3	+9
		<i>Huso huso</i>	storione ladano	2	3	+6
Anguilliformes	Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	anguilla	1	2	+2
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Alosa fallax lacustris</i> (*)	agone	3	2	+6
		<i>Alosa fallax nilotica</i> (*)	cheppia	2	2	+4
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Rutilus pigus</i>	pigo	3	2	+6
		<i>Rutilus erythrophthalmus</i>	triotto	3	1	+3
		<i>Leuciscus cephalus</i>	cavedano	1	1	+1
		<i>Leuciscus souffia</i>	vairone	2	2	+4
		<i>Phoxinus phoxinus</i>	sanguinerola	1	2	+2
		<i>Tinca tinca</i>	tinca	1	1	+1
		<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	scardola	1	1	+1
		<i>Alburnus alburnus alborella</i>	alborella	3	1	+3
		<i>Chondrostoma soetta</i>	savetta	3	2	+6
		<i>Chondrostoma genei</i>	lasca	3	2	+6
		<i>Gobio gobio</i>	gobione	1	1	+1
		<i>Barbus plebejus</i>	barbo	2	1	+2
		<i>Barbus meridionalis</i>	barbo canino	2	2	+4
		Cobitidae	<i>Cobitis taenia</i>	cobite comune	1	2
		<i>Sabanejewia larvata</i>	cobite mascherato	3	3	+9
Salmoniformes	Esocidae	<i>Esox lucius</i>	luccio	1	2	+2
	Salmonidae	<i>Salmo [trutta] marmoratus</i> (**)	trota marmorata	3	2	+6
		<i>Thymallus thymallus</i>	temolo	1	3	+3
Gadiformes	Gadidae	<i>Lota lota</i>	bottatrice	1	2	+2
Gasterosteiformes	Gasterosteidae	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	spinarello	2	2	+4
Scorpaeniformes	Cottidae	<i>Cottus gobio</i>	scazzone	1	2	+2
Perciformes	Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	persico reale	1	1	+1
	Blenniidae	<i>Salaria fluviatilis</i>	cagnetta	2	2	+4
	Gobiidae	<i>Padogobius martensi</i>	ghiozzo padano	3	1	+3
Punteggio V		Elenco specie AU per categorie di valori intrinseci.				
+ 9 (2 specie)		Storione cobice e cobite mascherato.				
+ 6 (6 specie)		Storione ladano, agone, pigo, savetta, lasca e trota marmorata.				
+ 4 (5 specie)		Cheppia, vairone, barbo canino, spinarello e cagnetta.				
+ 3 (5 specie)		Storione comune, triotto, alborella, temolo e ghiozzo padano.				
+ 2 (7 specie)		Anguilla, sanguinerola, barbo, cobite comune, luccio, bottatrice e scazzone.				
+ 1 (5 specie)		Cavedano, tinca, scardola, gobione e persico reale.				
(*) Gandolfi et al. (1991) considerano <i>Alosa fallax</i> quale unica specie in Italia, ma estremamente plastica, “...con ampia norma di reazione del genotipo...” ed esprimono pertanto “...dubbia la validità delle due sottospecie...” <i>A. f. lacustris</i> e <i>A. f. nilotica</i> . Si tratta di un problema da approfondire e si preferito mantenere tale distinzione. D'altra parte gli stessi Autori riconoscono che <i>Alosa fallax</i> “...è rappresentata in Italia da popolazioni migratrici anadrome (alose) e da popolazioni stanziali in acqua lacustri (agoni)”.						
(**) Comprende anche gli ibridi marmorata X fario.						

**Tab 5 - Elenco specie alloctone (AL) del bacino occidentale del Po (OR = -1). Punteggi attribuiti in funzione della capacità riproduttiva in natura (AL). Valore intrinseco V = OR·AL. Nomeclatura secondo Gandolfi *et al.* (1991).**

Ordine	Famiglia	Genere specie sottospecie	Nome volgare	AL	V
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Barbus barbus</i>	barbo d'oltralpe	2	-2
		<i>Carassius carassius / auratus</i> (*)	Carassius sp.	2	-2
		<i>Cyprinus carpio</i>	carpa	2	-2
		<i>Abramis brama</i>	abramide	2	-2
		<i>Rutilus rutilus</i>	gardon	2	-2
		<i>Pseudorasbora parva</i>	pseudorasbora	2	-2
		<i>Aspius aspius</i>	aspio	2	-2
		<i>Rhodeus sericeus</i>	rodeo amaro	2	-2
		<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	carpa erbivora	1	-1
	Cobitidae	<i>Misgurnus angullicaudatus</i>	misgurno	2	-2
Siluriformes	Siluridae	<i>Silurus glanis</i>	siluro	2	-2
	Ictaluridae	<i>Ictalurus melas</i>	pesce gatto	2	-2
Salmoniformes	Salmonidae	<i>Salmo [trutta] trutta</i>	trota fario	2	-2
		<i>Salvelinus alpinus</i>	salmerino alpino	2	-2
		<i>Salvelinus fontinalis</i>	salmerino di fonte	2	-2
		<i>Oncorhynchus mykiss</i>	trota iridea	1	-1
	Coregonidae	<i>Coregonus lavaretus</i>	lavarello/coregone	2	-2
		<i>Coregonus Oxyrhynchus</i>	bondella	2	-2
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Gambusia holbrooki</i>	gambusia	2	-2
Perciformes	Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i>	persico sole	2	-2
		<i>Micropterus salmoides</i>	persico trota	2	-2
	Percidae	<i>Stizostedion lucioperca</i>	lucioperca	2	-2
		<i>Gimnocephalus cernuus</i>	acerina	2	-2

(\*) Comprende il *Carassius carassius* (carassio) e *Carassius auratus* (pesce rosso).



**Fig. 2** - Diagramma rappresentativo della relazione tra la lunghezza (L) della stazione interessata dal campionamento ed il perimetro bagnato medio (Pb-med) della stessa, molto indicativamente entro la funzione  $L \cong (10 \div 20) \cdot Pb-med$ . La fascia in blu più scuro rappresenta le condizioni dimensionali consigliate per l'attendibilità del campionamento. L'area esterna in azzurro chiaro rappresenta la tolleranza dimensionale della stazione per situazioni particolari (più difficili sopra o più semplici in basso), mentre le linee più esterne rosse indicano i limiti oltre i quali il campionamento interessa una lunghezza troppo breve ai fini della massima probabilità di rinvenimento di tutte (o quasi) le specie o troppo lunga, cioè che potrebbe interessare tipologie ambientali diverse da quelle tipiche della stazione considerata. In ogni caso  $L \geq 10$  m.

Per ogni specie si riportano dati indicativi della consistenza e della struttura di popolazione secondo lo schema descritto in **tab. 6**. Si utilizza cioè un **indice di abbondanza (Ia)** composto da un numero e da una lettera. Per esempio 2a significa “specie presente con popolazione strutturata”, 3b significa “specie

abbondante con popolazione non strutturata per assenza o quasi di adulti”, 1c significa “specie sporadica con popolazione non strutturata per assenza o quasi di giovani”<sup>10</sup>.

Le modalità per la determinazione degli indici di abbondanza (Ia; **tab. 6**) sono generiche; non sono forniti precisamente i criteri che permettono l’attribuzione dei valori Ia = 1, 2, 3 e 4. È una questione non ancora risolta ma importante, in quanto, per quanto riguarda l’I.I., si vogliono evitare campionamenti di tipo quantitativo, solitamente onerosi e non sempre affidabili. Si ammette una eccessiva concessione alla soggettività dell’ittologo che effettua i campionamenti e ciò rappresenta una impostazione metodologica che ha caratterizzato molti studi fin qui effettuati. Non ci si pone l’obiettivo di risolvere questo problema, ma occorre stabilire almeno i criteri che individuano il passaggio dall’indice Ia ad un altro indice **Ir (indice di rappresentatività)** utile ai fini dell’I.I. Si pone **Ir = 1 per Ia = 1** e **Ir = 2 per Ia = 2, 3 e 4**. Tale distinzione permette, con la procedura descritta più avanti, l’applicazione dell’I.I., mentre l’annotazione per tutti i valori Ia fornisce indicazioni di carattere molto generale sulla consistenza delle popolazioni ittiche. I criteri per il passaggio dell’indice Ir dal valore 1 al valore 2 sono descritti in **tab. 7**, con l’avvertenza di indicare con Ir = 0 le specie autoctone limnofile in ambienti chiaramente classificabili in zone a salmonidi o quelle elencate in **tab 8**.

<b>Tab. 6 - Indici di abbondanza e di struttura di popolazione delle specie ittiche (Ia).</b>	
<b>Ia</b>	<b>Descrizione</b>
<b>0</b>	<b>Assente</b> (qualora, durante un campionamento, risultassero assenti individui di una determinata specie, quando invece le condizioni ambientali presupporrebbero diversamente, occorrono verifiche a monte ed a valle e/o controllare la letteratura (se esistente) e/o procedere ad interviste presso i pescatori locali).
<b>1</b>	<b>specie sporadica</b> (cattura di pochissimi individui, anche di un solo esemplare; tanto da risultare poco significativa ai fini delle valutazioni sulle caratteristiche della comunità ittica e di quelle ambientali)
<b>2</b>	<b>specie presente</b> (cattura di pochi individui, ma in numero probabilmente sufficiente per l’automantimento)
<b>3</b>	<b>specie abbondante</b> (cattura di molti individui, senza risultare dominante)
<b>4</b>	<b>specie molto abbondante</b> (cattura di molti individui, spesso dominante)
<b>a</b>	<b>popolazione strutturata</b> (cattura di individui di diverse classi di età; presenti sia i giovani, sia individui in età riproduttiva)
<b>b</b>	<b>popolazione non strutturata</b> (assenza, o quasi, di adulti; prevalenti o esclusivi individui giovani)
<b>c</b>	<b>popolazione non strutturata</b> (assenza, o quasi, di giovani; prevalenti o esclusivi individui adulti)

<b>Tab. 7 - Numero minimo di individui (N) affinché una specie possa considerarsi almeno presente (Ir = 2).</b>			
<b>specie (denominazione volgare)</b>	<b>N</b>	<b>specie (denom. volgare)</b>	<b>N</b>
storione comune, storione cobice, storione ladano.	2	siluro.	3
agone, cheppia.	10	pesce gatto.	5
trota fario, trota marmorata, trota iridea, salmerini alpino e di fonte.	5	anguilla.	5
temolo.	10	gambusia.	5
lavarello, bondella.	10	bottatrice.	2
luccio.	2	persico sole, persico trota.	5
barbo, lasca, cavedano, alborella, vairone.	20	pesce persico.	5
barbo canino, scardola, sanguinerola, triotto, gobione, savetta.	15	luciopeca, acerina.	2
pigo, tinca.	5	cagnetta.	5
carpa, carpa erbivora, carassio, pseudorasbora, aspigo, gardon, rodeo amaro, abramide, barbo d’oltralpe.	5	ghiozzo padano.	20
cobite comune.	5	scazzone.	5
cobite mascherato, misgurno.	3	spinarello.	3

<sup>10</sup> Nel caso di Ia = 1, è difficile descrivere la struttura di popolazione. In molti casi, rimane soltanto l’indicazione del numero (1). Per alcune specie (solitamente predatori ai vertici della catena alimentare) l’indice 1 neppure è indicativo dell’abbondanza, in quanto è normale la presenza di pochi (o di pochissimi) individui.

**Tab. 8** - Nei casi di rinvenimento di esemplari delle seguenti specie (**A**) in aree diverse da quelle di seguito elencate, vengono segnalate nella scheda di campionamento con indicazione dell'indice Ia e **V = 0**. Non vengono conteggiate nei totali **AU** ed **AL**; vengono indicati sia il totale (**AU+AL**) senza tali specie, sia il totale complessivo (**AU+AL+A**).

<i>Acipenser sturio</i> e <i>Naccarii</i> , <i>Huso huso</i> , <i>Alosa f. nilotica</i>	Fiume Po a valle della confluenza con Scrivia e nel Ticino pavese.
<i>Alosa f. lacustris</i>	Tratti terminali di immissari, ambienti sublacuali di laghi marginali sudalpini.
<i>Lota lota</i>	Fiume Po e nei suoi affluenti di sinistra (soprattutto nel bacino del Ticino) a valle della confluenza con il Tanaro.
<i>Gasterosteus aculeatus</i> , <i>Salaria fluviatilis</i>	Fiume Po a valle della confluenza con il Terdoppio e bacini tributari di sinistra (Ticino compreso).
<i>Salmo [trutta] marmoratus</i>	In Z2 (area di pertinenza appenninica-sublitoranea appenninica e/o padana)
Specie autoctone spiccatamente limnofile rinvenute in ambienti chiaramente classificabili in zone salmonicole.	

**Tab. 9 - SCHEDA DI CAMPIONAMENTO**

Corso d'acqua:		Codice stazione:		Data:					
Località:		Comune:		Altitudine (m s.l.m.):					
Specie autoctone ( <b>AU</b> ) ed alloctone ( <b>AL</b> ). Valore intrinseco ( <b>V</b> ). Indice di abbondanza per specie ( <b>Ia</b> ): sporadica/accidentale ( <b>1</b> ), presente ( <b>2</b> ), abbondante ( <b>3</b> ), molto abbondante ( <b>4</b> ), struttura bilanciata ( <b>a</b> ), prevalenti o esclusivi giovani ( <b>b</b> ), prevalenti o esclusivi adulti ( <b>c</b> ). Indice di rappresentatività <b>Ir = 1</b> per <b>Ia = 1</b> e <b>Ir = 2</b> per <b>Ia &gt; 1</b> . <b>Ir = 0</b> per specie limnofile in ambienti chiaramente classificabili in ZP1 ( <b>A</b> ). Punteggio <b>P = V·Ir</b> .									
Specie <b>AU</b>	<b>V</b>	<b>Ia</b>	<b>Ir</b>	<b>P</b>	Specie <b>AL</b>	<b>V</b>	<b>Ia</b>	<b>Ir</b>	<b>P</b>
storione comune	+3				barbo d'oltralpe	-2			
storione cobice	+9				<i>Carassius</i> sp.	-2			
storione ladano	+6				carpa	-2			
anguilla	+2				abramide	-2			
agone	+6				gardon	-2			
cheppia	+4				pseudorasbora	-2			
pigo	+6				aspio	-2			
triotto	+3				rodeo amaro	-2			
cavedano	+1				carpa erbivora	-1			
vairone	+4				siluro	-2			
sanguinerola	+2				pesce gatto	-2			
tinca	+1				trota fario	-2			
scardola	+1				salmerino alpino	-2			
alborella	+3				salmerino di fonte	-2			
savetta	+6				trota iridea	-1			
lasca	+6				lavarello	-2			
gobione	+1				bondella	-2			
barbo	+2				gambusia	-2			
barbo canino	+4				persico sole	-2			
cobite comune	+2				persico trota	-2			
cobite mascherato	+9				acerina	-2			
luccio	+2				lucio perca	-2			
trota marmorata	+6								
temolo	+3								
bottatrice	+2								
spinarello	+4								
scazzone	+2				<b>Punteggio totale specie alloctone AL</b>				
persico reale	+1				<b>Note:</b>				
cagnetta	+4								
ghiozzo padano	+3								
<b>Punteggio totale specie autoctone AU</b>									
Num. totale specie autoctone ( <b>AU</b> )					Num. totale specie alloctone ( <b>AL</b> )				
Num. totale specie ( <b>AU+AL</b> )					Num. totale specie ( <b>AU+AL+A</b> )				
<b>ZP</b>	<b>Indice Ittico</b>			<b>Classe di qualità</b>					

In fase di campionamento si compila la scheda rappresentata in **tab. 9**<sup>11</sup>, ove sono indicate le specie delle liste delle **tabb. 4 e 5** ed i relativi valori intrinseci (V), assegnando a ciascuna l'indice Ir ed attribuendo la zona ittica (Z) all'ambiente campionato. Per ogni specie si calcola il punteggio  $P = V \cdot Ir$ , dove Ir = 1 o 2 secondo i criteri descritti in **tab. 7**. Per ciascuna specie può risultare  $P = V$  se sporadica, oppure  $P = 2V$  se presente o abbondante o molto abbondante. Dalla somma dei punteggi si ottiene l'I.I.

In molti casi le specie esotiche non sono importanti nel condizionare il risultato finale, ma lo influenzano abbassandolo un poco. In altri casi tale influenza è significativa, quando sono presenti più specie alloctone e con buone popolazioni. In tratti fluviali con popolazioni numerose di persico sole, persico trota e carassio (situazione non rara), essendo per ciascuna  $P = V \cdot I = (-2) \cdot 2 = -4$ , risulta un abbassamento dell'I.I. di ben 12 punti. In alcune situazioni può risultare una predominanza delle specie alloctone, con conseguente forte decremento del valore dell'I.I., fino anche ad assumere valori negativi. Per quanto riguarda la superspecie *Salmo trutta* si considerano alloctone le sottospecie *Salmo [trutta] trutta* (fario di ceppo atlantico) e *Salmo [trutta] macrostigma* (trota sarda e/o di ceppo mediterraneo); la *Salmo [trutta] marmoratus* è considerata quale unico salmonide autoctono del bacino del Po (**appendice cinque**), ipotesi non trascurata nel recente studio sul *recupero della trota marmorata nel Friuli Venezia Giulia* (AA.vv., 2004).

## 4 - TIPOLOGIE AMBIENTALI

L'individuazione delle zone ittiche è una fase importante degli studi sull'ittiofauna. Esse dipendono dalle caratteristiche ambientali in funzione delle condizioni adatte alle comunità dei pesci. L'assenza di specie caratteristiche di una zona o l'insediamento di altre tipiche di zone diverse, è imputabile ad alterazioni antropiche. Il riscontro di comunità diverse da quelle tipiche implica la revisione delle modalità di gestione della fauna ittica o interventi di recupero ambientale. Tali situazioni vanno segnalate nelle note della scheda di campionamento (**tab. 9**) e commentate ed interpretate nella relazione allegata alla scheda stessa. La caratterizzazione della tipologia ambientale relativa ad una determinata stazione di campionamento è fondamentale, in quanto lo stato della comunità ittica rinvenuta in fase di campionamento, in termini di composizione delle specie e relative abbondanze, va confrontato con quello atteso in condizioni naturali, cioè la **comunità ittica di riferimento** (capitolo successivo) in assenza di alterazioni di origine antropica, ma questa dipende soprattutto dalle condizioni ambientali dell'ambiente fluviale, cioè dal tipo di zona.

La classificazione delle tipologie fluviali costituisce quindi un elemento essenziale, così come fondamentale risulta la scelta dei parametri ambientali da utilizzare per la classificazione stessa. Non è possibile operare distinzioni nette e precise; si tratta infatti di distinguere insiemi complessi di fattori fisici e biologici che spesso tendono a sfuggire rispetto a rigide, seppure comode, schematizzazioni. Nello specifico proponiamo alcuni parametri da considerare prioritariamente, ma da valutare con grande cautela, accettando come lecita, in quanto ineludibile, anche una certa soggettività degli ittiologi (suffragata dalla loro esperienza) nell'interpretare le condizioni ambientali generali osservabili in fase di campionamento. I principali parametri ambientali individuati per la porzione occidentale del bacino del Po, sono quindi i seguenti:

- **limiti climatici altitudinali (appendice uno)** in base alle definizioni della letteratura climatologica; sono considerate le altitudini delle stazioni di campionamento, quelle massime dei bacini sottesi alle stazioni stesse, con particolare attenzione, ove possibile, alle fasce altimetriche, importanti nel determinare le condizioni climatiche medie del tratto di asta fluviale in studio e soprattutto del territorio che lo alimenta;
- **regimi idrologici (appendice sette)** in base alle definizioni riportate dalla letteratura idrologica; è un insieme di parametri (valori assoluti e specifici delle portate più significative) strettamente correlati con quelli cui al punto precedente ed in particolare con le condizioni climatiche medie nell'intorno delle stazioni di campionamento e soprattutto con i regimi termico e pluviometrico dei bacini sottesi alle stesse;
- **pendenza dell'alveo (appendice uno)** alla quale sono associate le caratteristiche morfo-idrauliche e litologiche dell'ambiente fluviale, importanti nel condizionare la composizione delle cenosi acquatiche;
- **indice fisico di produttività (appendice otto)** proposto in occasione della *Carta Ittica Relativa al Territorio della Regione Piemontese* (Regione Piemonte, 1991), quale parametro di sintesi di alcune componenti ambientali morfometriche ed idrologiche;
- **comunità ittica di riferimento** in funzione delle tipologie ambientali (cfr. capitolo successivo).

<sup>11</sup> Nel modello di scheda di campionamento proposto sono riportati unicamente i parametri riguardanti l'ittiofauna. È possibile proporre integrazioni riguardanti l'ambiente della stazione di campionamento (**appendice quattro**).

Sulla base dei criteri succitati, per la porzione occidentale del bacino del Po sono state individuate due aree **Z1** e **Z2**, a loro volta divise in zone e precisamente (**fig. 3**):

<p style="text-align: center;"><b>Z1</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Area di pertinenza alpina - sublitoranea alpina e/o occidentale</b></p>	<p>Fiume Po. Tributari di sinistra del fiume Po ad esclusione di quelli con regime pluviale sublitoraneo padano e/o con portata specifica di magra normale estiva (o di durata di 355 giorni) inferiore a 2 l/s/km<sup>2</sup>. Tributari di destra del Po a monte della confluenza con il Ricchiardo. Fiume Tanaro a monte della confluenza con il Borbore/Triversa e suoi tributari di sinistra a monte di detta confluenza e suoi tributari di destra per altitudini superiori a 600 m s.l.m.</p>	<b>Z1.1</b>	<b>zona salmonicola superiore</b>
		<b>Z1.2</b>	<b>zona salmonicola inferiore</b>
		<b>Z1.3</b>	<b>zona mista</b>
		<b>Z1.4</b>	<b>zona ciprinicola</b>
<p style="text-align: center;"><b>Z2</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Area di pertinenza appenninica - sublitoranea appenninica e/o padana</b></p>	<p>Fiume Tanaro a valle della confluenza con il Borbore/Triversa, suoi tributari di sinistra a valle di detta confluenza e tutti i tributari di destra per altitudini inferiori a 600 m s.l.m. Tributari di sinistra del Po con regime pluviale sublitoraneo padano e/o con portata specifica di magra normale estiva (o di durata di 355 giorni) inferiore a 2 l/s/km<sup>2</sup>. Tutti i tributari di destra del fiume Po a Est del Tanaro</p>	<b>Z2.1</b>	<b>zona salmonicola</b>
		<b>Z2.2</b>	<b>zona mista</b>
		<b>Z2.3</b>	<b>zona ciprinicola</b>

### **Z1.1 (zona salmonicola superiore)**

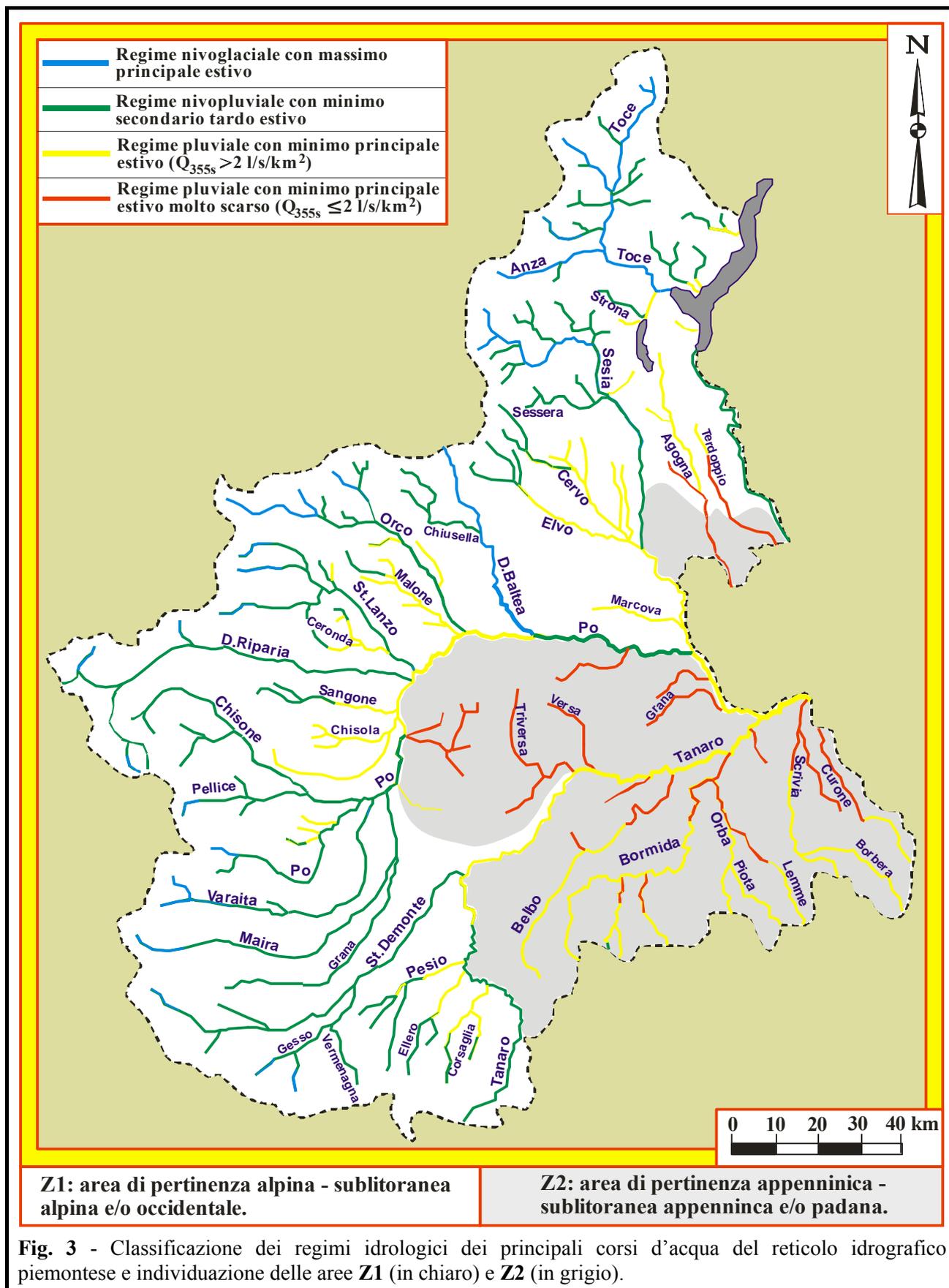
Corsi d'acqua dell'area di pertinenza alpina sulle testate dei principali bacini, generalmente con superfici dei bacini sottesi inferiori a 100 km<sup>2</sup> o affluenti dei corsi d'acqua appartenenti alle categorie Z1.2 e Z1.3. Il regime idrologico è nivoglaciale o nivopluviale (a seconda dell'altitudine massima del bacini sottesi, rispettivamente superiore o inferiore a 3.100 m s.l.m., limite climatico delle nevi persistenti), in qualche raro caso anche pluviale sublitoraneo alpino e/o occidentale. La portata di magra normale (o di durata pari a 355 giorni) è invernale, con valori specifici raramente inferiori a 4 l/s/km<sup>2</sup>.

Torrenti di alta montagna e porzioni superiori e mediane degli affluenti dei corpi idrici principali delle vallate alpine, con elevate pendenze (intorno al 5 %, ma anche fino al 15 %), granulometria degli alvei costituita da ghiaia grossolana, massi e roccia in posto, netta prevalenza dell'erosione sui processi sedimentari. Possono appartenere a questa categoria torrenti della fascia prealpina o di alta collina, con altitudine massima del bacino sotteso compresa tra i limiti climatici dello zero termico medio di gennaio (600 m s.l.m.) e medio del trimestre invernale (1.700 m s.l.m.), su versanti acclivi e con elevata copertura forestale in grado di garantire una buona ombreggiatura che limita il riscaldamento estivo delle acque. I valori medi annui assoluti delle portate idriche sono limitate, per le ridotte dimensioni dei bacini sottesi, a 2 ÷ 3 m<sup>3</sup>/s e con portate di magra intorno a poche centinaia di l/s, ma anche decisamente minori. Le portate sono ridotte a qualche l/s per i più piccoli torrenti, solitamente quelli alimentati da versanti collinari e pedemontani caratterizzati da minori potenzialità idriche che, nelle fasi di magra più pronunciata, garantiscono appena la presenza dell'acqua. L'indice fisico di produttività vale indicativamente  $I_{pf} \leq 3$ .

Ambienti caratterizzati da condizioni limiti per la sopravvivenza di fauna acquatica: acque naturalmente torbide e molto fredde anche in estate per i torrenti alimentati dai nevai e dai ghiacci in alta montagna, pendenze talora molto elevate costituenti ambiti invalicabili per gli spostamenti longitudinali dei pesci, forti variazioni di portata.

La comunità ittica naturale (attesa) è povera di specie o costituita da salmonidi accompagnati dallo scazzone; oppure assente, anche in mancanza di alterazioni, soprattutto nei più piccoli torrenti alle più elevate altitudini, fortemente limitati dalle condizioni climatiche o in corsi d'acqua minori caratterizzati da notevoli pendenze e da salti invalicabili per gli spostamenti longitudinali dei pesci; in tali situazioni la presenza di comunità ittiche potrebbe essere conseguenza di immissioni. In qualche caso potrebbero risultare presenti, con popolazioni esigue, altre specie di accompagnamento (es. vairone), spesso in ambienti

di dubbia classificazione in Z1.1. Tipologie fluviali classificate come zone ittiche a trota fario secondo la *Carta Ittica Relativa al Territorio della Regione Piemontese* (Regione Piemonte, 1991).



**Fig. 3** - Classificazione dei regimi idrologici dei principali corsi d'acqua del reticolo idrografico piemontese e individuazione delle aree Z1 (in chiaro) e Z2 (in grigio).

## **Z1.2 (zona salmonicola inferiore)**

Corsi d'acqua dell'area di pertinenza alpina generalmente con superfici dei bacini sottesi superiori a 100 km<sup>2</sup>, costituenti i corpi idrici principali delle porzioni mediana e terminale delle vallate alpine fino allo sbocco nell'alta pianura cuneese e della sinistra del Po e dei tratti terminali dei loro più importanti affluenti. Il regime idrologico è nivoglaciale o nivopluviale o di transizione con quello pluviale, quasi mai francamente pluviale. Anche per questa tipologia ambientale la portata di magra normale (o di durata pari a 355 giorni) è invernale, con valori specifici raramente inferiori a 4 l/s/km<sup>2</sup>.

Alvei caratterizzati con pendenza decisamente inferiore rispetto a quelli della precedente Z1.1, con valori mediamente nell'intervallo 3 ÷ 8 %, tanto che difficilmente sono riscontrabili salti invalicabili per l'ittiofauna. La granulometria prevalente permane grossolana, ancora accompagnata da massi, ma più raramente con roccia in posto, mentre compaiono alcuni banchi di ghiaia fine. I bacini sottesi presentano una buona porzione di fasce altimetriche elevate, con climi rigidi; i processi evapotraspirativi sono quindi modesti e ciò, unitamente all'incremento delle precipitazioni che solitamente caratterizza le zone montuose, comporta maggiori potenzialità idriche. Pertanto si hanno buone portate, con valori medi annui che comunque difficilmente superano i 10 m<sup>3</sup>/s, mentre le portate di magra raramente scendono sotto i 300 l/s. L'indice fisico di produttività vale indicativamente  $I_{pf} = 3 \div 5$ .

Nella maggior parte dei casi sono i tratti fluviali posti a valle delle zone salmonicole superiori (Z1.1), ma l'individuazione dell'ambito di passaggio tra le due zone può risultare poco agevole. Solitamente la zona Z1.2 sottende bacini con fasce altimetriche superiori al limite climatico dello zero termico medio del trimestre invernale (1.700 m s.l.m.). Se queste sono poco estese (ma almeno costituenti il 25 % circa del bacino sotteso) il limite superiore della Z1.2, in assenza di salti naturali invalicabili per l'ittiofauna, potrebbe estendersi anche ad altitudini significativamente superiori a 1.000 m, relegando decisamente la Z1.1 alle aree prossime alle sorgenti. Al contrario, con ampie superfici superiori al limite climatico dello zero termico medio annuo (2.700 m s.l.m.) e soprattutto quando l'altitudine massima del bacino è superiore al limite climatico delle nevi persistenti (3.100 m s.l.m.), il limite della Z1.2 potrebbe scendere di alcune centinaia di metri. Tale fenomeno risulta particolarmente evidente nei corsi d'acqua caratterizzati da uno spiccato regime nivoglaciale (es. bacini della Dora Baltea, Alto Sesia e Toce).

Sono ambienti generalmente più produttivi e con una fauna ittica più diversificata rispetto alla precedente tipologia, classificati come zone ittiche a trota marmorata e/o temolo secondo la *Carta Ittica Relativa al Territorio della Regione Piemontese* (Regione Piemonte, 1991). La comunità ittica di riferimento è costituita da 5 specie: soprattutto trota marmorata e scazzone con popolazioni consistenti e, con una certa frequenza, anche il temolo; le specie di accompagnamento sono essenzialmente i ciprinidi con più spiccate attitudini reofile, quali il vairone, che già può costituire popolazioni apprezzabili e qualche barbo canino. Può essere presente anche l'anguilla e comparire la savetta, seppure come occasionali.

## **Z1.3 (zona mista)**

Corsi d'acqua dell'area di pertinenza alpina generalmente con superfici dei bacini imbriferi sottesi superiori a 300 ÷ 400 km<sup>2</sup>, costituenti i corpi idrici principali significativamente a valle dello sbocco delle vallate alpine nell'alta pianura cuneese e della sinistra del Po. Il regime idrologico è nivopluviale, raramente nivoglaciale o di transizione con quello pluviale, quasi mai francamente pluviale. Anche per questa tipologia ambientale la portata di magra normale (o di durata pari a 355 giorni) è invernale, con valori specifici raramente inferiori a 4 l/s/km<sup>2</sup>.

Alvei con pendenze mediamente nell'intervallo 1 ÷ 4 %, con assenza di salti naturali invalicabili per l'ittiofauna. La granulometria prevalente è costituita da ghiaia, soprattutto media ed in minor parte grossolana, da rari massi, e roccia in posto assente, insieme a vasti banchi di ghiaia fine e di sabbia; decisamente rare le granulometrie più fini. I bacini sottesi, analogamente alle zone Z1.2, presentano una significativa porzione di fasce altimetriche elevate, caratterizzate da buone potenzialità idriche. Tenuto conto della maggiore estensione dei bacini stessi si hanno portate relativamente elevate, con valori medi annui che possono superare i 10 m<sup>3</sup>/s, mentre i valori assoluti delle portate di magra raramente scendono sotto i 1.000 l/s. L'indice fisico di produttività vale indicativamente  $I_{pf} = 4 \div 7$ .

Nella maggior parte dei casi sono tratti fluviali a valle delle zone salmonicole. Nei bacini meno estesi e con altitudini massime inferiori al limite climatico dello zero termico medio annuo (2.700 m s.l.m.) ed in assenza di regimi idrologici di tipo nivoglaciale in testata, la zona superiore è generalmente una Z1.1, ed il passaggio

alla zona mista si colloca, grosso modo, nella fascia pedemontana (200 ÷ 500 m s.l.m.), comunque sotto il limite climatico delle zero termico medio di gennaio (600 m s.l.m.). Nei bacini più estesi e con altitudini massime superiori al limite di 2.700 m s.l.m. ed ancor più in quelli con altitudine massima superiore al limite climatico delle nevi persistenti (3.100 m s.l.m.) e con regimi idrologici nivoglaciali almeno in testata, sono superiormente presenti entrambe le zone Z1.1 e Z1.2. Le elevate portate e l'origine in quota di buona parte dei deflussi comporta temperature più basse e maggiore turbolenza delle acque anche verso valle; pertanto il passaggio alla zona mista si sposta verso l'alta pianura, talora anche sotto i 200 m s.l.m. In taluni casi (es. Dora Baltea) le fasce altimetriche poste sopra il limite di 3.100 m s.l.m. sono molto estese ed il regime si mantiene con una tipologia nivoglaciale anche in pianura, tanto che la zona mista risulta molto "compressa" verso valle, anche fino a risultare assente.

Possono costituire ambienti Z1.3 anche i corsi d'acqua con bacini interamente o in buona parte, impostati in fasce altimetriche inferiori al limite climatico dello zero termico medio mensile di gennaio, con altitudini massime prossime o poco superiori a 600 m s.l.m., con regime idrologico pluviale non classificabili in Z1.1 per condizioni evidentemente adatte ai ciprinidi reofili e nei quali l'eventuale presenza di salmonidi è sostenuta da immissioni, oppure di risalita dal corpo idrico recettore.

Sono ambienti caratterizzati da una buona produttività e da una fauna ittica ben diversificata, classificati come alte zone ittiche a ciprinidi reofili o di transizione rispetto a quelle a Marmorata e/o temolo secondo la *Carta Ittica Relativa al Territorio della Regione Piemontese* (Regione Piemonte, 1991). La comunità ittica di riferimento è costituita da 9 specie. Tra i ciprinidi risultano quelli più spiccatamente reofili, quali vairone, sanguinerola, barbo e barbo canino, ma anche lasca, seppure con popolazioni sporadiche; il cavedano compare con buone popolazioni (difficilmente abbondante); sono ancora presenti specie tipiche della zona superiore, in grado di costituire popolazioni relativamente abbondanti, quali trota marmorata, temolo e scazzone. Può essere presente anche l'anguilla e comparire la savetta, seppure come occasionale.

#### **Z1.4 (zona ciprinicola)**

Corsi d'acqua dell'area di pertinenza alpina, con superfici dei bacini imbriferi molto variabili, talora costituenti i tratti terminali e di limitata lunghezza dei principali tributari del Po ed a valle delle zone Z1.2 e soprattutto Z1.3, molto raramente a valle delle Z1.1. Possono anche costituire tratti fluviali decisamente più estesi quando alimentati da bacini di grandi dimensioni che, pur presentando fasce altimetriche elevate, quindi caratterizzati superiormente da regimi nivopluviali o addirittura nivoglaciali in testata, sono anche costituiti da ampie superfici sotto il limite climatico dello zero termico medio di gennaio (600 m s.l.m.); sono tipici esempi i fiumi Po e Sesia. In altri casi costituiscono quasi l'intero reticolo idrografico dei bacini collinari e/o impostati su fasce altimetriche tipicamente di pianura.

Regime idrologico tipicamente pluviale (sublitoraneo occidentale e/o alpino), talvolta di transizione con il nivopluviale. Per questa tipologia ambientale la portata di magra normale (o di durata pari a 355 giorni) è estiva, con valori specifici comunque non inferiori a 2 l/s/km<sup>2</sup>. Alvei caratterizzati da pendenze inferiori al 2 %, con assenza di salti naturali invalicabili per l'ittiofauna. La granulometria prevalente è costituita più raramente da ghiaia (soprattutto fine/media quando presente) e più frequentemente da vasti banchi di sabbia e/o di peliti. L'indice fisico di produttività vale indicativamente  $Ipf \geq 7$ .

Sono ambienti generalmente caratterizzati da una elevata produttività e da una fauna ittica ben diversificata, classificati come basse zone ittiche a ciprinidi reofili o a ciprinidi limnofili secondo la *Carta Ittica Relativa al Territorio della Regione Piemontese* (Regione Piemonte, 1991). La comunità ittica attesa è costituita da 12 specie, quasi tutti ciprinidi; dominano il cavedano, il barbo ed ancora il vairone, risultano ancora presenti, lasca, sanguinerola e barbo canino, mentre significativa è la presenza delle specie limnofile, quali triotto, scardola, alborella, alle quali si aggiunge il gobione; a tali specie occorre inoltre aggiungere il cobite comune ed il ghiozzo padano.

#### **Z2.1 (zona salmonicola)**

Corsi d'acqua dell'area di pertinenza appenninica, sulle testate dei principali bacini, generalmente con superfici dei bacini sottesi inferiori a 100 km<sup>2</sup>, con regime idrologico di transizione tra il pluviale ed il nivopluviale, assai raramente di tipo francamente nivopluviale quando le altitudini massime sono prossime al limite climatico dello zero termico medio del trimestre invernale (1.700 m s.l.m.). Possono costituire ambienti classificabili in Z2.1, seppure caratterizzati da regimi idrologici francamente pluviali, anche i tratti fluviali immediatamente a valle di alcuni dei suddetti corpi idrici principali, quindi con superfici dei bacini

sottesi superiori a 100 km<sup>2</sup> (compresi i loro affluenti), quando impostati su versanti acclivi e ben ombreggiati per la buona copertura forestale, comunque generalmente a quote superiori al limite dello zero termico medio di gennaio (600 m s.l.m.), molto raramente fino a 400 ÷ 500 m s.l.m.

Nei corsi d'acqua principali gli alvei sono interessati da prevalenti situazioni di erosione, con pendenze intorno al 3 ÷ 6 %, con dominanza di ghiaia grossolana e media, accompagnata da massi e talora da roccia in posto. Gli affluenti hanno pendenze più accentuate (fino al 10 %), esercitano una forte erosione ed hanno alvei caratterizzati da materiale grossolano, fino a frequenti massi e roccia in posto. Le portate medie annue raramente superano i 1.000 l/s, con minime annue invernali di poche decine di l/s in corrispondenza dei tratti spiccatamente montani e minime annue estive verso valle di poco superiori e caratterizzate da contributi specifici di 2 ÷ 3 l/s/km<sup>2</sup>. L'indice fisico di produttività vale  $I_{pf} \leq 3$  (frequentemente  $I_{pf} \leq 2$ )

Ambienti classificati come zone ittiche a trota fario secondo la *Carta Ittica Relativa al Territorio della Regione Piemontese* (Regione Piemonte, 1991), con forti limiti ambientali, quali un'ampia variabilità del regime idrologico e scarse potenzialità idriche dei bacini sottesi in fase di magra. Ciò comporta una scarsa diversificazione biologica in termini di composizione in specie ittiche. La comunità tipica è infatti costituita da vairone e da barbo canino. Oppure, anche in assenza di alterazioni, potrebbe risultare assente, soprattutto nei più piccoli torrenti alle più elevate altitudini, caratterizzati da notevoli pendenze e da salti invalicabili per la fauna ittica; in tali situazioni la presenza di comunità ittiche potrebbe essere conseguenza di immissioni, soprattutto con trote fario.

## **Z2.2 (zona mista)**

Corsi d'acqua dell'area di pertinenza appenninica nelle medie vallate dei principali bacini, generalmente in ambienti posti sotto il limite dello zero termico medio di gennaio (600 m s.l.m.) e con regime idrologico francamente pluviale, ma con portata specifica di magra normale estiva (o di durata pari a 355 giorni) pari o superiore a 2 l/s/km<sup>2</sup>. Nei bacini con apprezzabili estensioni areali delle fasce altimetriche prossime al limite climatico dello zero termico medio del trimestre invernale (1.700 m s.l.m.) il passaggio dalla Z1.1 alla Z1.2 può risultare inferiore al limite succitato, fino anche a 400 ÷ 500 m s.l.m. Nelle porzioni superiori dei bacini con fasce altimetriche elevate meno estese, ma con altitudine massima almeno superiore a 600 m s.l.m., risulta assente la Z1.1 e la classificazione in Z2.2 può interessare tutto il reticolo idrografico.

Le portate medie annue sono molto variabili in funzione dell'estensione dei bacini sottesi, caratterizzate da valori specifici relativamente elevati per l'abbondanza delle precipitazioni sul versante settentrionale dell'Appennino. Il regime pluviometrico è sublitoraneo appenninico, con minimo estivo; mancano i contributi dei serbatoi nivali che viceversa caratterizzano i bacini alpini impostati su fasce altimetriche ben più elevate. Di conseguenza il minimo idrologico è estivo, ma con portate specifiche di magra normale (o di durata pari a 355 giorni) raramente inferiori a 2 l/s/km<sup>2</sup>. Tale situazione idrologica consente comunque deflussi estivi discreti ed il mantenimento di condizioni idrauliche idonee ad organismi reofili. Le pendenze rimangono relativamente elevate, intorno a 1 ÷ 3 % (ma talora anche leggermente inferiori) e si hanno alternanze di situazioni di erosione e di depositi insieme ad una accentuata diversificazione dei materiali litoidi; infatti si possono rinvenire brevi tratti con fondali profondi con roccia in posto, zone con ghiaie talora grossolane e addirittura con massi relativamente frequenti ed altre zone dominate da materiali con granulometrie decisamente più fini, fino alla sabbia, ma raramente pelitici.

Ambienti classificati come zone ittiche a ciprinidi reofili secondo la *Carta Ittica Relativa al Territorio della Regione Piemontese* (Regione Piemonte, 1991). La comunità ittica tipica è costituita da 9 specie, soprattutto ciprinidi. Troviamo infatti, più o meno abbondanti, cavedani, vaironi, lasche e barbi; un po' meno frequenti sono il gobione, l'alborella ed il barbo canino. Sui fondali sabbiosi si trovano inoltre il cobite comune ed il ghiozzo padano.

## **Z2.3 (zona ciprinicola)**

Corsi d'acqua dell'area di pertinenza appenninica nelle aree di pianura, solitamente a quote inferiori a 200 m s.l.m., a valle delle zone Z2.2 quando alimentati da bacini con estese fasce altimetriche superiori al limite climatico dello zero termico medio di gennaio (600 m s.l.m.) o con altitudini massime prossime al limite climatico dello zero termico medio del trimestre invernale (1.700 m s.l.m.). I reticoli idrografici alimentati da bacini con altitudini massime inferiori a 600 m s.l.m. sono interamente classificabili in Z2.3.

Anche per questi ambienti le portate medie annue sono assai variabili in funzione delle estensioni dei bacini sottesi, ma ciò che più interessa è il regime medio, caratterizzato da forti magre estive, con valori specifici anche significativamente inferiori a 2 l/s/km<sup>2</sup>, spesso su ampi letti fluviali dominati da materiali prevalentemente pelitici, con qualche banco di sabbia e qualche raro ghiareto, per la pendenza assai modesta (< 1 %). I più piccoli corsi d'acqua di origine collinare presentano granulometrie dei fondali un po' più grossolane e pendenze un po' più accentuate, ma la magra estiva rimane comunque il maggiore fattore limitante, accentuato dalle minori superfici dei bacini sottesi.

Le condizioni sopra descritte sono tipiche delle zone ittiche a ciprinidi limnofili definite dalla *Carta Ittica Relativa al Territorio della Regione Piemontese* (Regione Piemonte, 1991). La comunità ittica tipica è infatti costituita una decina di specie, tra le quali dominano i ciprinidi quali triotto, cavedano, scardola, alborella e gobione; il vairone è meno frequente, ma è potenzialmente possibile rinvenire ancora buone popolazioni di barbo e di lasca. Relativamente abbondanti possono essere il cobite comune ed il ghiozzo.

## 5 - COMUNITÀ ITTICHE DI RIFERIMENTO E CLASSI DI QUALITÀ

L'I.I. porta a valori bassi per i torrenti nelle testate dei bacini (Z1.1 e Z2.1), popolati da trote fario dovute ad immissioni, talora insieme a una o poche specie di accompagnamento. Dal punto di vista naturalistico, in funzione della ricchezza biologica (diversità  $\equiv$  numero di specie) e della presenza di specie rare e/o endemiche e/o che destano preoccupazione per il loro stato di conservazione, tali ambienti presentano comunità ittiche poco interessanti, quasi esclusivamente sostenute da immissioni ai fini alieutici.

L'interesse naturalistico aumenta verso valle, dove le condizioni ambientali permettono la presenza di un numero crescente di specie. Ciò non è in contraddizione rispetto alla definizione "pregiate" frequentemente data alle acque montane. Esse presentano generalmente una migliore qualità chimica e biologica, in ambienti caratterizzati da elevata qualità paesaggistica ed interessanti per la pesca sportiva. Questi aspetti sono relativi a valori antropici che, seppure importanti e meritevoli di attenzione per la gestione del territorio, non sono coerenti con una oggettiva qualificazione del valore naturalistico basato soprattutto sulla ricchezza biologica. Verso valle, in zone Z1.2, Z1.3, Z1.4 e Z2.2, Z2.3, gli indici I.I. sono più elevati. In tali situazioni il riscontro di indici bassi è probabile conseguenza di alterazioni e pertanto, seppure con cautela, gli I.I. possono essere utilizzati anche come indici di qualità ambientale.

La **tab. 10** esprime i possibili valori dell'I.I. in funzione di condizioni ideali riscontrabili nel bacino occidentale del Po, considerando le tipologie ambientali descritte nel precedente capitolo, indicando le possibili **comunità ittiche di riferimento**, ipotizzando l'assenza di specie esotiche. Gli indici più elevati sono quelli relativi alle zone miste e ciprinicole, ma relativamente buono risulta l'indice relativo alla zona salmonicola inferiore (Z1.2). Come atteso risulta invece un indice basso per i tratti a monte delle zone a salmonidi (Z1.1 e ZP2.1), dove sono probabili poche specie. Il numero di specie aumenta verso valle. Nell'area di pertinenza alpina (Z1), la comunità di riferimento della zona salmonicola superiore Z1.1 è costituita soltanto da trota e scazzone; in Z1.2 si aggiungono temolo, vairone e barbo canino, ma il numero di specie diventa significativo (9) nella zona mista (Z1.3), in quanto ai pesci precedenti si aggiungono ciprinidi tipicamente reofili; la maggiore diversificazione risulta per la zona ciprinicola (Z1.4) con ben 13 specie. Analogo discorso vale per l'area di pertinenza appenninica (Z2), nella quale si passa da due specie (vairone e barbo canino) nella zona salmonicola (Z2.1) a 9 specie nella zona mista (Z2.2) e a 10 specie in quella ciprinicola (Z2.3). Le due aree si distinguono bene in quanto risultano assenti la trota marmorata ed il temolo e del tutto occasionale lo scazzone in quella di pertinenza appenninica. Considerando quindi i valori dell'Indice Ittico indicati, in **tab. 10**, rappresentativi delle comunità ittiche di riferimento per le diverse zone, si propone la divisione in classi di qualità (CI) secondo quanto proposto in **tab. 11**.

A scopo esemplificativo si sono considerati i risultati dei campionamenti effettuati, nell'estate 2004, lungo il fiume Po, nell'ambito del monitoraggio ittico del reticolo idrografico piemontese ai fini della redazione del Piano di Tutela delle Acque della Regione Piemonte (2005). Sono dati relativi a 18 stazioni di campionamento, da quella più a monte (Crissolo, 1.384 m s.l.m.) a quella presso il confine regionale (Isola S. Antonio, 95 m s.l.m.) e con rappresentazione di tutte le zone appartenenti all'area Z1, da quella salmonicola superiore (Z1.1) sulla testata del bacino del Po cuneese, quindi quella salmonicola inferiore (Z1.2) allo sbocco del fiume nell'alta pianura cuneese, la zona mista (Z1.3) al passaggio nell'alta pianura torinese fino a Carmagnola ed infine a quella ciprinicola per tutto il percorso del Po a valle (**tab. 12**).

**Tab. 10 - Comunità ittiche di riferimento** relative alle principale tipologie (Z) dei corsi d'acqua del bacino occidentale del Po, con indicazione, per ciascuna specie, dei valori intrinseci (V) degli indici di abbondanza (Ia), degli indici di rappresentatività (Ir), dei punteggi (P) e, per ciascuna zona, del numero totale delle specie ittiche e del valore dell'Indice Ittico.

Denominazione volgare	V	Area di pertinenza alpina (Z1)												Area di pertinenza appenninica (Z2)								
		Z1.1			Z1.2			Z1.3			Z1.4			Z2.1			Z2.2			Z2.3		
		Ia	Ir	P	Ia	Ir	P	Ia	Ir	P	Ia	Ir	P	Ia	Ir	P	Ia	Ir	P	Ia	Ir	P
triotto	3										1	1	3							2÷4	2	6
cavedano	1							2	2	2	3/4	2	2				2÷4	2	2	3/4	2	2
vairone	4				2	2	8	2÷4	2	8	2÷3	2	8	2/3	2	8	2÷3	2	8	1	1	4
sanguinerola	2							2	2	4	2	2	4				(1)	(1)	(2)			
scardola	1										1	1	1							2/3	2	2
alborella	3										2/3	2	6				1	1	3	2÷4	2	6
lasca	6							1	1	6	2÷4	2	12				2÷4	2	12	2÷4	2	12
gobione	1										2÷4	2	2				2	2	2	2÷4	2	2
barbo	2							2	2	4	2÷4	2	4				2÷4	2	4	2/3	2	4
barbo canino	4				1	1	4	2÷4	2	8	1	1	4	2	2	8	1	1	4			
cobite comune	2										2	2	4				2	2	4	2/3	2	4
trotta marmorata	6	2	2	12	2÷4	2	12	2÷4	2	12	(1)	(1)	(6)									
temolo	3				2/3	2	6	2÷4	2	6												
scazzone	2	2÷4	2	4	2÷4	2	4	2/3	2	4												
ghiozzo padano	3										2÷4	2	6				2÷4	2	6	2÷4	2	6
<b>Numero totale specie</b>		<b>2</b>			<b>5</b>			<b>9</b>			<b>13</b>			<b>2</b>			<b>9</b>			<b>10</b>		
<b>Valore Indice Ittico</b>		<b>16</b>			<b>34</b>			<b>54</b>			<b>57</b>			<b>16</b>			<b>51</b>			<b>59</b>		

- Anguilla, Pigo e savetta sono specie con areali di distribuzioni attuali molto frammentati e con abbondanze delle popolazioni molto variabili, anche in origine, la cui presenza pertanto non viene ritenuta essenziale per le descrizione delle comunità ittiche di riferimento.
- Tinca, luccio e persico reale sono specie con caratteristiche analoghe alle precedenti ed inoltre più tipiche delle acque stagnanti ed in parte occasionali in quelle correnti. Anche esse pertanto non sono considerate essenziali per le descrizione delle comunità ittiche di riferimento.
- Analoghe considerazioni valgono anche per le specie elencate in **tab. 8** (ad esclusione della trota marmorata).
- Tutte le specie succitate sono comunque considerate ai fini delle determinazione dell'I.I. in sede di campionamento e di compilazione della relativa scheda di cui alla **tab. 9**.
- I valori indicati tra parentesi e relative alla sanguinerola ed alla trota marmorata in alcune tipologie ambientali indicano presenze occasionali e non determinanti ai fini delle descrizioni delle comunità ittiche di riferimento.

Tab. 11 - Classi di qualità (CI = I ÷ V) in funzione dell'indice I.I. e delle zone Z.						
Tipologia ambientale		Classi di qualità (CI) in funzione dell'I.I.				
		V	IV	III	II	I
Z1: area di pertinenza alpina - sublitoranea alpina e/o occidentale	Z1.1	≤ 2	3 ÷ 5	6 ÷ 10	11 ÷ 15	≥ 16
	Z1.2	≤ 4	5 ÷ 10	11 ÷ 20	21 ÷ 29	≥ 30
	Z1.3	≤ 6	7 ÷ 12	13 ÷ 25	26 ÷ 44	≥ 45
	Z1.4	≤ 6	7 ÷ 12	13 ÷ 25	26 ÷ 44	≥ 45
Z2: area di pertinenza appenninica - sublitoranea appenninica e/o padana	Z2.1	≤ 4	5 ÷ 7	8 ÷ 11	12 ÷ 15	≥ 16
	Z2.2	≤ 6	7 ÷ 12	13 ÷ 25	26 ÷ 44	≥ 45
	Z2.3	≤ 6	7 ÷ 12	13 ÷ 25	26 ÷ 44	≥ 45

Emerge, come atteso, una quinta classe per la zona ZP1.1, il cui limite inferiore può essere posto alla confluenza con il Lenta, anche se in realtà i campionamenti hanno evidenziato popolazioni dominanti, molto spesso monospecifiche, di trote fario di ceppo atlantico, pure nel tratto medio del Po, a monte di Sanfront. A monte della confluenza con il Lenta il Po ha caratteristiche nettamente torrentizie, con salti naturali difficilmente valicabili da parte dell'ittiofauna (come tipico delle ZP1.1). Verso valle le caratteristiche idrodinamiche e morfologiche del fiume sembrano adatte ad ospitare popolazioni ittiche tipiche della zona a marmorata e/o temolo, quindi con specie caratterizzate da elevati valori intrinseci (V). A valle del Lenta, però (nell'area di Sanfront), la classe di qualità si attesta intorno alla quarta/quinta e solo dalla confluenza con il Croesio si raggiunge una modesta terza classe, che permane fino alla confluenza con il Torto. Ciò denuncia una evidente alterazione dello stato delle comunità ittiche in un tratto fluviale che, a livello potenziale, dovrebbe risultare in prima/seconda classe, con valori dell'I.I. prossimi a 30.

In uno studio del C.R.E.S.T. (1992) si attribuisce tale situazione alla forte alterazione del regime idrologico a valle di Sanfront, determinata dalle captazioni idriche per fini irrigui che prosciugano il letto del fiume nella stagione estiva nella zona di Martiniana in tutti gli anni; negli anni più caldi e meno piovosi tale fenomeno interessa tutto il corso del Po da Sanfront alla confluenza con il Torto. L'assenza di acqua determina conseguenze gravi dirette sul tratto fluviale sotteso dalle derivazioni e forti limiti alle migrazioni della fauna ittica e quindi conseguenze negative indirette anche sul tratto fluviale a monte. Ciò spiega l'assenza di specie importanti (trota marmorata e temolo) a monte di Paesana. In questo caso l'I.I. permette di segnalare gravi elementi di alterazione, meno evidenti mediante altri tipi di indagine.

Il Po migliora a valle del tratto soggetto a prosciugamento e si entra in zona mista (Z1.3); già presso le confluenze con il Bronda ed il Torto, grazie all'azione di autodepurazione, passa in seconda classe e raggiunge la prima nella zona di Revello, con 10 specie autoctone (I.I. = 49). Va inoltre ricordata l'anomala esiguità delle popolazioni di temolo e lasca, fatto che ha contribuito ad una perdita da 5 a 10 punti dell'I.I. nella porzione media e bassa del tratto cuneese del Po.

Lo stato dell'ittiofauna del tratto del fiume Po dalla confluenza con il Pellice a quella con la Dora Baltea è ben conosciuto, anche grazie a ulteriori e numerosi campionamenti effettuati nell'ambito di un recente studio promosso dalla Provincia di Torino (2005), che hanno utilmente integrato quelli succitati condotti per il monitoraggio ittico regionale. Tutti i rilievi sono stati effettuati, nella stessa stagione (estate 2004), con la metodologia finalizzata all'applicazione dell'I.I.

Trota marmorata e temolo, specie un tempo caratterizzanti il Po a monte di Carmagnola, risultano in regresso rispetto a quanto monitorato 15 anni fa in occasione della redazione della Carta Ittica Regionale (Regione Piemonte, 1991). La trota marmorata, pur campionata in 7 delle 9 stazioni a monte di la Loggia, è risultata, secondo l'applicazione dell'Indice Ittico, con  $I_r = 2$  in circa la metà delle stazioni ove è stata catturata, mentre il temolo è stato rinvenuto, sporadicamente, soltanto a monte della confluenza con il Pellice. La situazione del temolo può essere considerata come lievemente sottostimata, a causa della riconosciuta difficoltà di cattura della specie in ambienti molto ampi, ma va tuttavia rimarcato che nei rari tratti dove la specie è ben presente (come a monte di Cardè - campionamento per il PTA) le catture con elettropesca sono state numerose. In regresso appare anche lo scazzone, specie di accompagnamento tipica delle zone "a trota marmorata/temolo". Alla diminuzione di salmonidi e timallidi si associa l'incremento di specie con spiccate attitudini limnofile a monte di La Loggia; la loro presenza può essere associata a transfaunazioni da acque lentiche limitrofe al Po, occasionalmente invase in caso di piena; le interruzioni della continuità longitudinale del fiume, soprattutto le traverse di Casalgrasso e di La Loggia, che

provocano, immediatamente a monte, la formazione di zone di rigurgito con acque lente molto estese, favoriscono il loro insediamento in tratti fluviali altrimenti inospitali.

**Tab. 12** - Esempi di applicazione dell'**Indice Ittico** sul **fiume Po** sulla base dei campionamenti effettuati nel 2004 sulla rete di monitoraggio del reticolo idrografico piemontese (Regione Piemonte, 2005). Per ogni specie sono rappresentati gli indici di rappresentatività (**Ir**).

Comune Altitudine (m s.l.m.)	Crissolo (1.384)	Sanfront (460)	Revello (270)	Cardè (258)	Villafranca (256)	Casalgrasso (247)	Carmagnola (235)	Carignano (234)	Moncalieri (221)	Torino (220)	S.Mauro (206)	Brandizzo (180)	Lauriano Po (163)	Verrua Savoia (150)	Trino V.se (127)	Casale M.to (105)	Valenza Po (95)	Isola S. Antonio (75)
<b>trota fario</b>	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>trota iridea</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<b>trota marmor.</b>	0	0	2	1	2	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<b>temolo</b>	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>luccio</b>	0	0	0	0	1	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>alborella</b>	0	0	0	0	0	2	0	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2
<b>barbo</b>	0	0	2	1	2	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	0	0	0
<b>barbo canino</b>	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>barbo europeo</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
<b>abramide</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>carassio</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	1	2	0	2	2
<b>carpa</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	2	0	0	2	0	1
<b>cavedano</b>	0	0	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2
<b>gobione</b>	0	0	1	0	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>lasca</b>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<b>pseudorasbora</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	2	2	2	2	2
<b>rodeo amaro</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2
<b>sanguinerola</b>	0	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>savetta</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<b>scardola</b>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<b>tinca</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	1	0	0	0
<b>triotto</b>	0	0	0	0	0	2	0	1	2	2	1	0	1	0	2	0	0	1
<b>vairone</b>	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0
<b>cobite com.</b>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	2	0	2	2	2	0
<b>siluro</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
<b>anguilla</b>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<b>persico sole</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2
<b>persico trota</b>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<b>pesce persico</b>	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	0	0	2	0	1	0	1
<b>ghiozzo</b>	0	0	1	0	0	2	1	2	2	0	0	1	1	0	2	2	2	2
<b>scazzone</b>	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Zona (Z)</b>	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
<b>Tot. specie AU</b>	0	2	10	8	10	13	8	10	14	9	8	7	12	7	9	8	6	9
<b>Tot. specie AL</b>	1	1	1	1	1	0	0	5	4	4	3	3	5	3	5	6	6	7
<b>Tot. specie</b>	1	3	11	9	11	13	8	15	18	13	11	10	17	10	14	14	12	16
<b>Indice Ittico</b>	-4	12	49	28	44	53	22	26	41	21	16	11	32	15	21	7	-2	-7
<b>Classe qualità</b>	V	IV	I	II	II	I	III	II	II	III	III	IV	II	III	III	IV	V	V

Anche a valle di La Loggia le specie limnofile sono in forte incremento. A valle della confluenza con il Pellice la pendenza dell'alveo decresce leggermente ed il Po tende a formare meandri più o meno accentuati, ma sono ancora presenti raschi alternati a tratti con acque più lente. A valle della confluenza con il Ricchiardo, per l'ostacolo rappresentato dalla collina di Torino, la pendenza diminuisce ancora leggermente ed i deflussi rallentano ulteriormente, fino a Moncalieri, dove l'acqua riprende una maggiore velocità. Nel tratto La Loggia - Moncalieri la portata è notevolmente ridotta dalla derivazione AEM., senza garanzie di deflusso minimo vitale. I due effetti (minore pendenza ed la forte diminuzione di portata) si sommano,

trasformando il fiume in una sorta di canale con acque quasi stagnanti, soprattutto durante le fasi idrologiche di magra, a vantaggio delle specie limnofile. Ciò spiega in parte la forte riduzione, in questo tratto fluviale, di pesci come la trota marmorata od il vairone, ed in genere di tutte le specie più spiccatamente reofile. Le successive captazioni idriche presenti da S. Mauro T.se a Chivasso, alcune a fini idroelettrici, altre, come quella a valle di Chivasso che alimenta il Canale Cavour, a fini irrigui, oltre a comportare il degrado più o meno evidente della qualità fisico - chimica e biologica delle acque, concedendo nell'alveo fluviale minori portate in assenza dei deflussi minimi vitali, sono anch'esse causa della trasformazione del mosaico dei microambienti acquatici a vantaggio delle specie limnofile. Specie come la carpa ed il carassio compaiono molto frequentemente, il secondo con spesso con  $Ir = 2$ .

Le specie esotiche sono sporadiche a monte della confluenza con il Banna, spesso con presenza del solo persico sole. Risultano invece in numero variabile da quattro a sei a valle della confluenza con il Banna, in quanto le condizioni ambientali, modificate a causa dei fattori di alterazione sopra descritti, favoriscono l'insediamento dei pesci alloctoni. Tra questi, i più frequenti sono il persico sole, il carassio e la pseudorasbora. I campionamenti effettuati nell'ambito della Carta Ittica Regionale (Regione Piemonte, 1991) avevano già permesso di segnalare come relativamente abbondante il persico sole, ma il carassio era meno frequente e soprattutto era assente la pseudorasbora; questa ultima specie potrebbe presto colonizzare anche il fiume Po anche a monte di Carmagnola; essa infatti è già stata rinvenuta in alcuni laghetti di cava lungo la fascia di pertinenza fluviale nelle aree di Faule, Pancalieri e Casalgrasso (C.R.E.S.T., 2001a-b). Meno frequenti sono trota iridea e persico trota, mentre raro risulta il pesce gatto.

Non è documentata, al momento attuale, la presenza del siluro a monte della confluenza con la Dora Baltea, nonostante la notizia di una sua sporadica cattura con elettrostorditore nel 2004 nel Po poco a valle ed alcune segnalazioni (da verificare) circa la sua cattura con canna da pesca nel tratto torinese. Va ribadito come la presenza del siluro e di altre specie alloctone potenzialmente molto pericolose, quali aspigo e lucioperca, sia consistente a valle della confluenza con la Dora Baltea (province di Asti e di Alessandria), fino a diventare questi prevalenti rispetto a quelle autoctone. Ciò è risultato con tutta evidenza nei campionamenti relativi al monitoraggio ittico sul reticolo idrografico piemontese condotti nel 2004 ai fini della redazione del Piano di Tutela delle Acque in applicazione del D.Lgs 152/99 (Regione Piemonte, 2005). Per esempio, il siluro è stato rinvenuto, con  $Ir = 2$ , presso Casale Monferrato (**tab. 12**).

A valle della confluenza con la Dora Baltea ed ancor più a valle della confluenza con il Sesia, le comunità ittiche risultano fortemente alterate anche e soprattutto per la presenza di numerose specie alloctone. A Casale Monferrato (**tab. 12**) risulta una quarta classe, dovuta ad un modesto I.I. = 7, per la presenza di ben sei specie esotiche, tutte con  $Ir = 2$ , il cui insieme ha comportato una perdita di ben 24 punti dell'I.I. Situazione analoga risulta quella di Valenza Po, ma con minor numero di specie autoctone; ciò ha comportato un valore dell'I.I. addirittura negativo. Ma la valutazione peggiore risulta quella presso Isola S. Antonio dove, a fronte di 9 specie autoctone (contro le 13 della comunità ittica di riferimento per tale tipologia ambientale; **tab. 10**), risultano ben 7 specie alloctone e quindi una perdita di 26 punti dell'I.I., il cui valore complessivo risulta negativo e quindi una quinta classe di qualità.

## 6 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E PROBLEMI APERTI

La rete di monitoraggio della Regione Piemonte (2002), organizzata ai fini della redazione del Piano di Tutela delle Acque ed in applicazione del D. Lgs 152/99, comprende complessivamente 201 stazioni di campionamento. Risulta una buona correlazione tra i dati relativi alla qualità biologica delle acque (determinati secondo la metodologia dell'Indice Biotico esteso - IBE) e quelli relativi al Livello di Inquinamento dei Macrodescrittori (LIM). Per 188 stazioni, sul totale di 201 della rete di monitoraggio delle acque superficiali, sono disponibili entrambi i dati, che sono stati quindi messi a confronto ottenendo quanto rappresentato in **fig. 4**. Si osserva che per il 50 % delle stazioni la classe di qualità biologica coincide con il livello LIM. A parte un 4 % circa di dati piuttosto dispersi, per il 38 % dei casi risulta una classe di qualità biologica inferiore rispetto al LIM. Soltanto in meno nell'8 % dei casi il valore derivante all'IBE è migliore del LIM. Considerando il totale dei casi con risultati coincidenti e di quelli che risultano con una sola classe di differenza risulta un valore complessivo dell'88 %.

Per quanto attiene le classi di qualità dell'ittiofauna (valutate sulla base dell'applicazione dell'I.I.) per le stesse stazioni di monitoraggio dei corpi idrici del reticolo idrografico piemontese, risultano dominanti classi basse (poche terze e molto più frequenti quarte e quinte) sul Po a valle della confluenza con l'Orco, sul

Tanaro a valle della confluenza con il Pesio, sul Sesia a valle della confluenza con il Cervo e sui tratti terminali dell'Agogna, Belbo, Agogna e Curone, oltre che sugli interi bacini del Banna di Volpiano e del Borbore; in sostanza sul reticolo idrografico delle zone di pianura e collinari del torinese orientale, dell'astigiano, del vercellese e dell'alessandrino. Evidenti sono inoltre le quinte classi dei tratti spiccatamente montani dei principali corsi d'acqua, in ambienti Z1.1 e Z2.1, tipicamente poco ospitali per la fauna ittica. La classe terza è variamente distribuita, mentre le classi migliori (prima e seconda) sono decisamente più frequenti nei corsi medi pedemontani e al loro sbocco in pianura, solitamente in ambienti Z1.2 e Z1.3, molto spesso caratterizzati da regimi idrologici nivopluviali o di transizione con quelli pluviali.

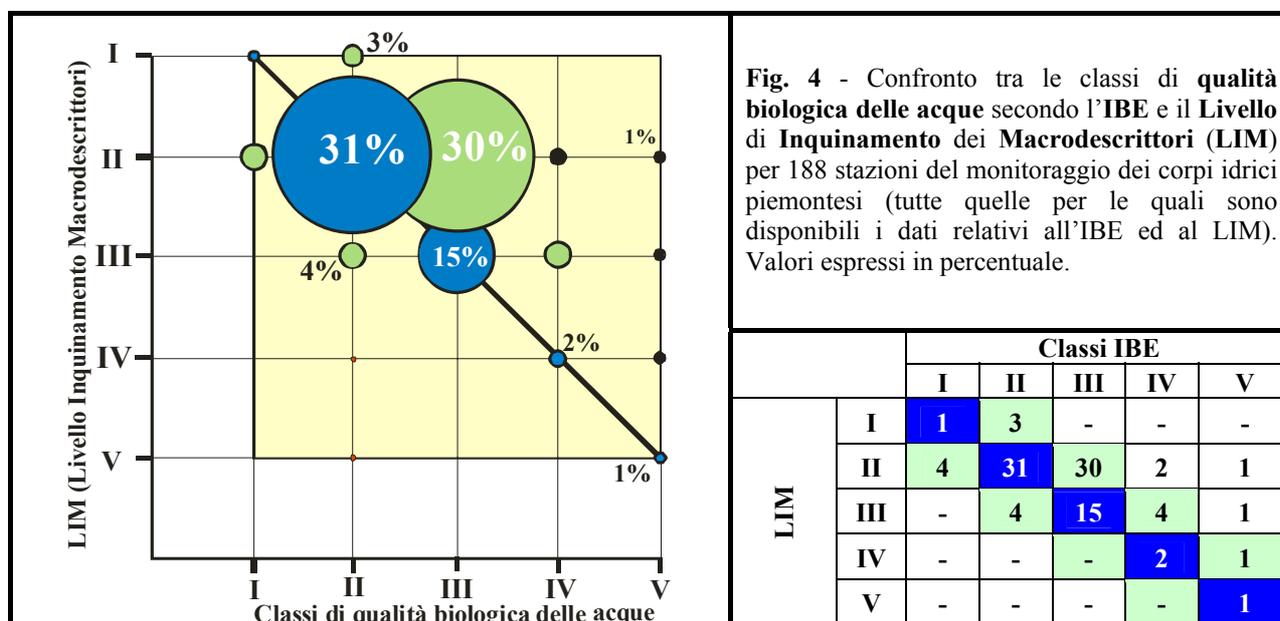


Fig. 4 - Confronto tra le classi di qualità biologica delle acque secondo l'IBE e il Livello di Inquinamento dei Macrodescriptors (LIM) per 188 stazioni del monitoraggio dei corpi idrici piemontesi (tutte quelle per le quali sono disponibili i dati relativi all'IBE ed al LIM). Valori espressi in percentuale.

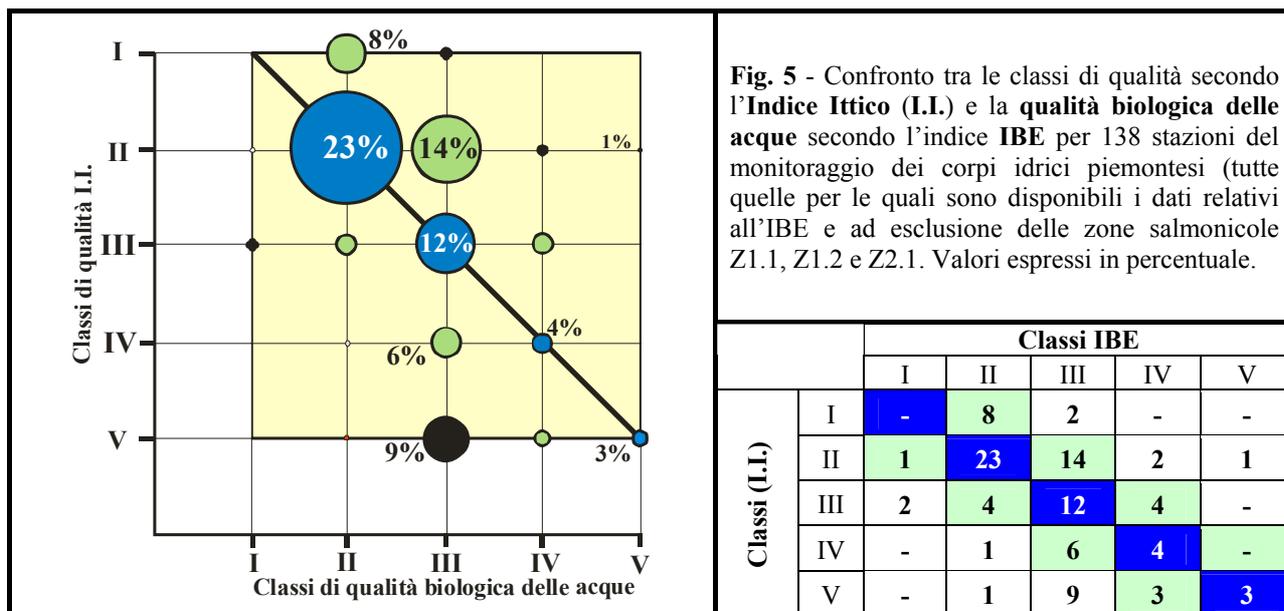
Come anticipato in premessa, il valore dell'I.I. e la relativa classe di qualità possono assumere significato naturalistico e/o indicatore della qualità ambientale ad esclusione delle categorie Z1.1 e Z2.1; le zone a salmonicole inferiori (Z1.2), miste (Z1.3 e Z2.2) e ciprinicole (Z1.4 e Z1.3) sono gli ecosistemi acquatici più diffusi nel reticolo idrografico della porzione occidentale del bacino del Po. Buona parte delle stazioni relative al monitoraggio delle acque superficiali previsto dalla Regione Piemonte (2002) in applicazione del D. Lgs. 152/1999 appartengono a queste tipologie ambientali. Analogamente al confronto IBE/LIM (descritto in fig. 4), si sono cercate eventuali correlazioni tra le classi di qualità delle comunità ittiche (sulla base dell'I.I.) e le classi relative alla qualità biologica delle acque (su base IBE); tale confronto è stato effettuato su 138 stazioni, sul totale di quelle per le quali sono disponibili i dati IBE e sull'ittiofauna e ad esclusione delle categorie Z1.1, Z1.2 e Z2.1 (fig. 5). Dall'analisi dei dati risulta quanto segue:

- per il 42 % delle 138 stazioni considerate risulta una esatta corrispondenza tra la classe IBE e quella relative all'I.I.;
- per il 40 % delle 138 stazioni considerate risulta una differenza di una classe tra la classe IBE e quella relative all'I.I.;
- per l'82 % delle 138 stazioni considerate (la somma delle due precedenti percentuali) risulta una buona/ottima correlazione tra la classe IBE e quella relative all'I.I.;
- per il 18 % delle 138 stazioni considerate risulta una scarsa/pessima correlazione tra la classe IBE e quella relative all'I.I., ma il risultato relativo all'ittiofauna, per oltre la metà di tali stazioni, è condizionato dalla presenza di fauna esotica e/o di alterazioni dell'ambiente fluviale (derivazioni idriche e interventi di sistemazioni idrauliche) non rilevate mediante l'analisi del macrobenthos.

Le considerazioni sopra espresse sono utili per comprendere (e confermare) che la qualità delle comunità ittiche secondo l'I.I. non può essere considerata (semplicisticamente) la "terza" variabile per la determinazione dello Stato Ambientale dei Corsi d'Acqua. Essa viceversa può, in molti casi, fornire informazioni aggiuntive utili alla comprensione dei complessi meccanismi che regolano gli ecosistemi fluviali; soprattutto può mettere in migliore evidenza alcuni fenomeni di alterazione ambientale (derivazioni idriche, fauna alloctona, interruzioni della continuità longitudinale, sistemazioni idrauliche,...) altrimenti

poco “visibili” con altre tecniche di indagine. La procedura di determinazione dell’**I.I.**, in sintesi, porta a valori variabili in base ai seguenti criteri:

- l’**I.I.** aumenta con il numero di specie autoctone; quelle alloctone contribuiscono ad abbassarlo; esso dipende soprattutto dal livello di biodiversità;
- le specie, con punteggi diversi, contribuiscono, in modo sommativo, al valore sintetico dell’indice; a ciascuna è assegnato un *valore intrinseco* in funzione della sua origine (alloctona o autoctona), della sua distribuzione geografica e della consistenza delle popolazioni nel bacino del Po;
- ogni specie contribuisce, in modo sommativo, alla determinazione del valore sintetico dell’indice in funzione della consistenza della popolazione; tale criterio “premia” gli ambienti caratterizzati da abbondante fauna ittica ed in modo tanto più evidente quanto maggiore è il numero di specie e tanto più elevati sono i rispettivi valori intrinseci.



**Fig. 5** - Confronto tra le classi di qualità secondo l’**Indice Ittico (I.I.)** e la **qualità biologica delle acque** secondo l’indice **IBE** per 138 stazioni del monitoraggio dei corpi idrici piemontesi (tutte quelle per le quali sono disponibili i dati relativi all’**IBE** e ad esclusione delle zone salmonicole Z1.1, Z1.2 e Z2.1. Valori espressi in percentuale.

L’**I.I.** varia da valori prossimi allo zero (anche negativi nei casi con predominanza di specie esotiche), fino a valori massimi prossimi a 60 (ampi corsi d’acqua di pianura, soprattutto di transizione tra le zone salmonicole e ciprinicole). Inoltre l’**I.I.** fornisce indicazioni sul livello di “qualità naturalistica” della comunità ittica; pertanto è poco corretto individuare relazioni dirette con la qualità dell’ambiente e/o delle acque. Risultano valori molto bassi per ambienti ove sono presenti esclusivamente popolazioni di trote fario, anche se abbondanti. In molte di tali situazioni la qualità delle acque e la funzionalità fluviale sono ottime. Si tratta però di ambienti che, sotto il profilo dell’ittiofauna (comunità monospecifiche quasi sempre sostenute artificialmente ai fini alieutici), sono poco interessanti.

Si è ritenuta utile una ripartizione dei valori dell’**I.I.** in classi di qualità, in modo da compensare le tendenze verso valori elevati negli ambienti a ciprinidi e modesti in quelli a salmonidi. Sono state individuate cinque classi, secondo il criterio di attribuzione della prima a quella migliore. Per gli ambienti spiccatamente oligotrofici o in generale caratterizzati dalle condizioni ambientali difficili per l’ittiofauna (alte zone salmonicole), si è attribuito un valore minimo **I.I.** = 16 per la prima classe. Per gli ambienti più ricchi e produttivi (zone a ciprinidi dei fiumi principali) si è attribuito una valore minimo **I.I.** = 45 per la prima classe. L’applicazione dell’**I.I.** agli studi succitati ha portato alle seguenti osservazioni:

- la maggior delle zone salmonicole (Z1.1 e Z2.1) sono in quarta e quinta classe di qualità; quasi sempre le comunità sono poco o nulla diversificate, spesso con popolazioni povere e/o mal strutturate, anche in situazioni di buona/ottima qualità delle acque; in rari casi si sono ottenute terze classi grazie alle presenze (quasi mai abbondanti) di specie di accompagnamento, quali scazzoni o vaironi;
- la maggior parte delle zone salmonicole inferiori (ZP1.2) sono risultate tra la terza e la prima classe; in assenza di alterazioni ambientali, soprattutto dei regimi idrologici o con la conservazione di portate residue sufficienti, sembra relativamente facile conseguire **I.I.** > 20 (minimo per la classe seconda in tali ambienti);

- nelle zone ciprinicole (Z1.4 e Z2.3), soprattutto nei corsi d'acqua alimentati da bacini con minori potenzialità idriche, oltre agli effetti indotti dalle sottrazioni d'acqua, si aggiungono le elevate pressioni antropiche; sono ambienti nei quali è più facile l'adattamento di specie esotiche; si sono riscontrate, con una certa frequenza, quarte ed anche quinte classi per tipologie ambientali potenzialmente adatte a fornire i più elevati valori dell'I.I.;
- le classi di qualità più elevate risultano per le Z1.3, Z1.4 e Z2.2, spesso in tratti fluviali caratterizzati da buona qualità ambientale valutata con altri criteri biologici;
- il valore dell'I.I. (e la classe di qualità) assume significato esclusivamente naturalistico per le categorie Z1.1, Z1.2 e Z2.1; non si riconoscono semplici relazioni con la qualità ambientale in generale e con la qualità delle acque in particolare; le classi quarta e quinta non individuano necessariamente situazioni di degrado, sono da considerarsi "normali" per quegli ambienti e pertanto non richiedono particolari attenzioni per la tutela dell'ittiofauna (ad esclusione dei fini alieutici); l'eventuale identificazione di ambienti di quel tipo caratterizzati almeno da una classe seconda (o addirittura prima) significa viceversa il riconoscimento di situazioni eccezionali, pertanto meritevoli di interesse per la tutela (per es. ai fini della lettera d dell'art. 10 del D. Lgs. 152/1999);
- il valore dell'I.I. e la relativa classe di qualità possono assumere significato naturalistico e/o indicatore della qualità ambientale per tutte le altre tipologie ambientali; si tratta degli ecosistemi acquatici più diffusi nel reticolo idrografico della porzione occidentale del bacino del Po; la maggior parte delle stazioni relative al monitoraggio delle acque superficiali previsto dalla Regione Piemonte (2002) in applicazione delle indicazioni del D. Lgs. 152/1999 appartengono a queste tipologie ambientali.

La metodologia sopra descritta è valida per la porzione occidentale del bacino del Po (**fig. 1**), gran parte del quale costituito dalla regione piemontese. Con opportune correzioni ed a seguito di una fase sperimentale sarebbe possibile formulare una proposta di indice complessivamente valido per l'intero bacino del Po, estendibile forse anche agli altri tributari dell'alto Adriatico.

L'I.I. non ha, come scopo principale, la valutazione dello stato dell'ambiente. Questo è un obiettivo che caratterizza altre metodologie basate su indicatori biologici (es. I.B.E.) ed anche su altri parametri ambientali (es. I.F.F.) che, prima di diventare sistemi caratterizzati da buona attendibilità, sono stati ripetutamente riveduti e corretti nell'ambito di prolungate sperimentazioni ed alle quali hanno collaborato diversi specialisti. In sintesi, la metodologia descritta si basa sui seguenti riferimenti essenziali:

1. limita gli obiettivi a quanto concretamente possibile; la qualificazione naturalistica di una comunità ittica rappresenta comunque un obiettivo importante, utile soprattutto per la tutela e per la gestione;
2. accetta il principio per cui la fauna ittica dei corsi d'acqua del versante padano occidentale dell'alto Appennino e delle zone alpine superiori (Z1.1, Z1.2 e Z2.1) non è adatta per fornire indicazioni sulla qualità ambientale in senso lato;
3. accetta il principio per cui i corsi di cui al punto precedente sono, sotto il profilo ittiofaunistico, poco interessanti, in quanto naturalmente popolati da nessuna o da poche specie, le quali comunque formano popolazioni più abbondanti e meglio strutturate verso valle; la presenza di trote fario è un fattore indicativo di scarsa qualità faunistica, in quanto definibile come una forma di inquinamento;
4. rinuncia ad enfatizzare la correlazione tra composizione della comunità ittica e qualità ambientale; solo per gli ambienti acquatici delle porzioni inferiori delle zone salmonicole, di quelle miste e ciprinicole l'I.I., oltre a fornire un valore relativo alla qualità naturalistica delle comunità ittiche, consente di esprimere, seppure con cautela e mediante il confronto con i risultati di altre analisi, valutazioni anche sulla qualità ambientale.

L'I.I. è valido per la parte occidentale del bacino del Po (**fig. 1**), quella con fauna ittica meglio conosciuta dagli scriventi. Quindi esso soffre del limite di applicabilità ad una porzione territoriale relativamente ridotta. Ma il fatto importante che preme sottolineare è l'insieme dei criteri proposti che, se ritenuti validi, potrebbero costituire una base importante per "allargare" il territorio di applicabilità. Ciò presuppone ulteriori approfondimenti; in particolare si ritiene molto probabile l'individuazione di altre aree oltre alle Z1 e Z2 precedentemente descritte.

Per esempio l'area di pertinenza *appenninica sublitoranea appenninica e/o padana* (Z2) potrebbe forse essere estesa, senza integrazioni, verso Est sulla destra del Po, in buona parte dell'Emilia Romagna; almeno ciò è quanto sembra dai risultati dei campionamenti effettuati sui corsi d'acqua di quella Regione nell'ambito delle carte ittiche (Regione Emilia Romagna, 2002 e 2005).

Risultano problemi sull'ipotesi di estendere l'*area di pertinenza alpina - sublitoranea alpina e/o occidentale* (Z1) verso la Lombardia sulla sinistra del Po. In tale Regione importante è la presenza di corsi d'acqua emissari dei grandi laghi marginali sudalpini che presentano caratteristiche ambientali peculiari; a questi occorre aggiungere numerose acque di risorgive che, come anticipato in introduzione, non sono ancora incluse, come tipologie ambientali, nel metodo proposto. Un attento esame dei regimi idrologici potrebbe rilevare una certa influenza di un regime pluviometrico con caratteri più continentali, soprattutto sull'arco alpino centrale, con precipitazioni estive piuttosto elevate e/o o poco inferiori a quelle delle stagioni intermedie. Infine merita segnalare la presenza di un'ampia fascia prealpina (quasi assente ad Ovest, dove invece le montagne si affacciano ripide sulla pianura), fatto questo che consente un passaggio più graduale nella successione delle tipologie fluviali. Questi fattori, nel loro insieme, potrebbero essere correlati con la presenza di peculiari specie ittiche autoctone, per esempio alcune di quelle segnalate in **tab. 8**.

Se si tiene anche conto delle peculiarità della porzione più orientale del bacino del Po, che si affaccia più direttamente sull'Adriatico, emergono ancora altri problemi. Considerando quanto sopra, risulta quindi la necessità di individuare, nel solo bacino del Po, più aree oltre a quelle succitate Z1 e Z2. Il problema si complica se si considera la necessità di individuare aree ulteriori nell'ipotesi di allargare l'interesse sul resto della penisola italiana. D'altra parte tutto ciò non stupisce se si considerano le caratteristiche peculiari del territorio italiano, nell'ambito del quale è effettivamente possibile distinguere aree anche significativamente diverse sulla base dei parametri ambientali più comunemente utilizzati. L'individuazione di tali aree e quindi delle comunità ittiche di riferimento, rimane comunque un passaggio irrinunciabile per qualunque metodologia di analisi venga proposta.

Un parametro importante del metodo proposto è l'indice di rappresentatività  $I_r$ , rispetto al quale emergono alcuni problemi. Per una certa specie, in un dato ambiente, non è la stessa cosa rinvenire uno o pochi esemplari, oppure una popolazione abbondante e ben strutturata. La **tab. 7** è un tentativo per distinguere le situazioni con  $I_r = 1$  o  $I_r = 2$  ed i numeri in essa riportati sono il frutto dell'esperienza degli scriventi. Questo argomento merita ulteriori riflessioni. Per esempio rinvenire 20 cavedani, numero minimo indispensabile per  $I_r = 2$ , in occasione di un campionamento in un piccolo corso d'acqua collinare, non è un identico risultato se lo stesso numero di individui è rinvenuto in un grande fiume di pianura. L'introduzione di un "tempo di campionamento" potrebbe essere un tentativo di trovare una risoluzione per casi quali quello citato, ma potrebbe altresì essere interessante verificare l'opportunità di indicare valori diversi in funzione delle "dimensioni" dell'ambiente in studio, per esempio della larghezza di alveo bagnato quale valore medio tra le condizioni idrologiche di media annua e di magra normale.

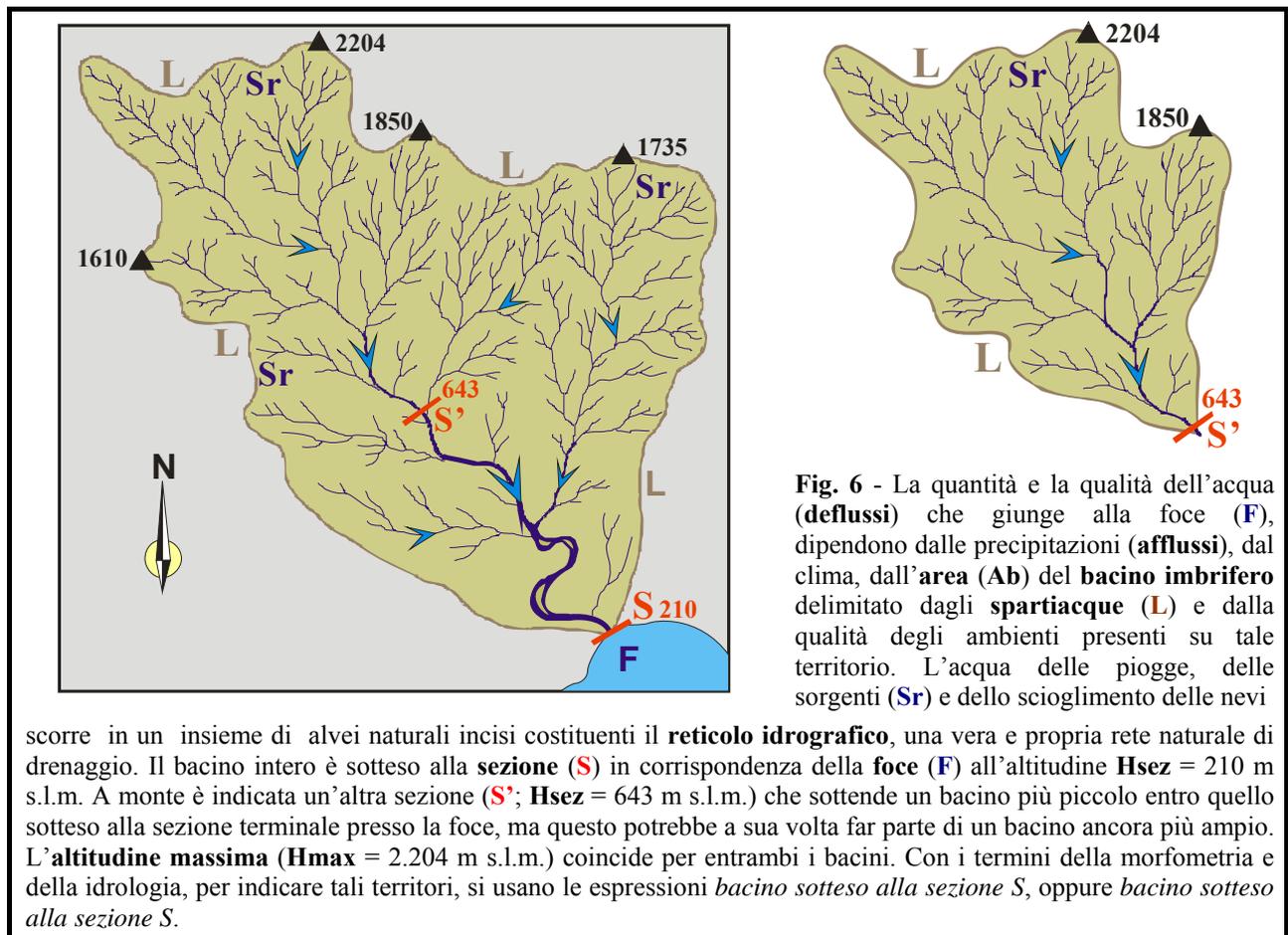
I punteggi ( $P = V \cdot I_r$ ) per ogni specie campionata sono condizionati non solo dal valore intrinseco ( $V$ ), ma anche e dallo stato della popolazione ( $I_r$ ). Si potrebbe obiettare che la semplice valutazione dell'indice di rappresentatività, così come proposto sulla base della scelta tra due valori 1 e 2, è insufficiente. Sarebbe forse opportuno valutare anche la struttura di popolazione, magari inserendo un terzo fattore che tenga conto della prevalenza più o meno netta di giovani o di adulti o di una situazione di equilibrio. Ciò tuttavia significherebbe, anche in questo caso, stabilire dei criteri numerici che necessariamente implicherebbero campionamenti più accurati, di tipo quantitativo.

Su questi temi, come su altri, si è ampiamente riflettuto, ma si è considerato di evitare, per il momento, di inserire ulteriori meccanismi nell'ambito di una metodologia che altrimenti rischia di diventare troppo complessa. Si tratta di una questione importante. In fase di elaborazione di una qualunque proposta metodologica per la valutazione della qualità delle comunità ittiche, occorre valutare con grande attenzione non soltanto il livello di attendibilità dei risultati che si vogliono ottenere, ma anche l'applicabilità, in termini di utilizzo pratico della metodologia e soprattutto economici. Un sistema di valutazione eccessivamente complesso, che richiede tempi eccessivamente lunghi in fase di campionamento e costi elevati, diventa magari un interessante esercizio accademico, ma inapplicabile e quindi inutile ai fini delle esigenze di monitoraggio su aree vaste.

## APPENDICE UNO (definizioni)

Allo scopo di facilitare la lettura del presente testo si è ritenuto opportuno proporre una appendice sulle definizioni relative ai termini più utilizzati. Essi sono proposti in ordine alfabetico.

**AFFLUSSO METEORICO MEDIO ANNUO.** La quantità d'acqua che defluisce lungo un fiume (**portata**) dipende dalle precipitazioni (pioggia, neve, grandine) sulla superficie del bacino che alimenta il fiume stesso, oltre che dai contributi sotterranei ove presenti. Le precipitazioni, espresse in [mm], sono misurate mediante i pluviometri che sono strumenti in dotazione di diverse stazioni meteorologiche che, sul territorio, formano una vera e propria rete di rilevamento. L'elaborazione statistica, effettuata su insiemi di dati relativi ad almeno alcuni decenni di osservazioni, permette di ricavare le precipitazioni medie mensili, la cui somma è la **precipitazione media annua**. Disponendo di diverse stazioni pluviometriche ben distribuite su una determinata porzione di territorio e che hanno compiuto osservazioni per un periodo di tempo comune (almeno 20 ÷ 30 anni), è possibile redarre le carte delle **isoiete medie annue**; queste sono linee che uniscono punti con uguale precipitazione media annua. Disponendo di una carta delle isoiete rappresentative di un bacino sotteso ad una determinata sezione è possibile ricavare la precipitazione media annua rappresentativa del bacino stesso, cioè l'**afflusso meteorico medio annuo (A)** espresso in [mm]. Le carte delle isoiete, su scale diverse, sono facilmente disponibili dalla letteratura climatologica per buona parte del bacino del Po. In alternativa è possibile procedere ad una stima, anche grossolana, dell'afflusso meteorico medio annuo sulla base dei valori delle precipitazioni rilevate dalle stazioni meteorologiche che si trovano entro il territorio costituente il bacino sotteso alla sezione in studio o nelle aree adiacenti.<sup>12</sup>



**BACINO IMBRIFERO.** È una porzione di territorio, più o meno depressa, dovuta dell'erosione normale esercitata dalle acque di ruscellamento e/o incanalate negli alvei del **reticolo idrografico (fig. 6)**. È un sistema naturale aperto con acqua in entrata, quali gli **afflussi meteorici** e i contributi sotterranei (ove

<sup>12</sup> Sulla base del principio per cui "le osservazioni pluviometriche puntuali relative ad una data stazione meteorologica sono rappresentative anche di una porzione areale intorno" (Remenieras, 1972).

presenti) e acqua in uscita, quali l'evaporazione dal terreno, la traspirazione delle piante, i **deflussi** (che defluiscono lungo il corso d'acqua principale alla sua **sezione di chiusura**) e le perdite sotterranee (ove presenti). Il bacino imbrifero è delimitato dagli **spartiacque (L)** che corrono lungo le sommità dei rilievi che fanno da contorno e lungo i quali si trova, quasi sempre, il picco più elevato all'**altitudine massima (Hmax; m s.l.m.)** del bacino stesso. Gli spartiacque vengono individuati su carta topografica di dettaglio, si chiudono a valle in corrispondenza della **sezione (S)** considerata e delimitano l'**area (Ab; km<sup>2</sup>)** del bacino che può essere misurata mediante planimetrazione sulla carta stessa.

**GRANULOMETRIA DELL'ALVEO FLUVIALE.** La descrizione della granulometria dei materiali degli alvei dei corsi d'acqua fa riferimento alle classificazioni proposte ed utilizzate da altre discipline (geologia, l'ingegneria civile ed idraulica, le scienze forestali,...) I materiali sono classificati in base alle dimensioni dei clasti secondo quanto proposto in **fig. 7**. Si ritengono necessarie alcune considerazioni, allo scopo di proporre una classificazione più funzionale per la descrizione della natura granulometrica dei fondali ai fini dei campionamenti di tipo biologico, coerente rispetto alla classificazione descritta nella succitata figura:

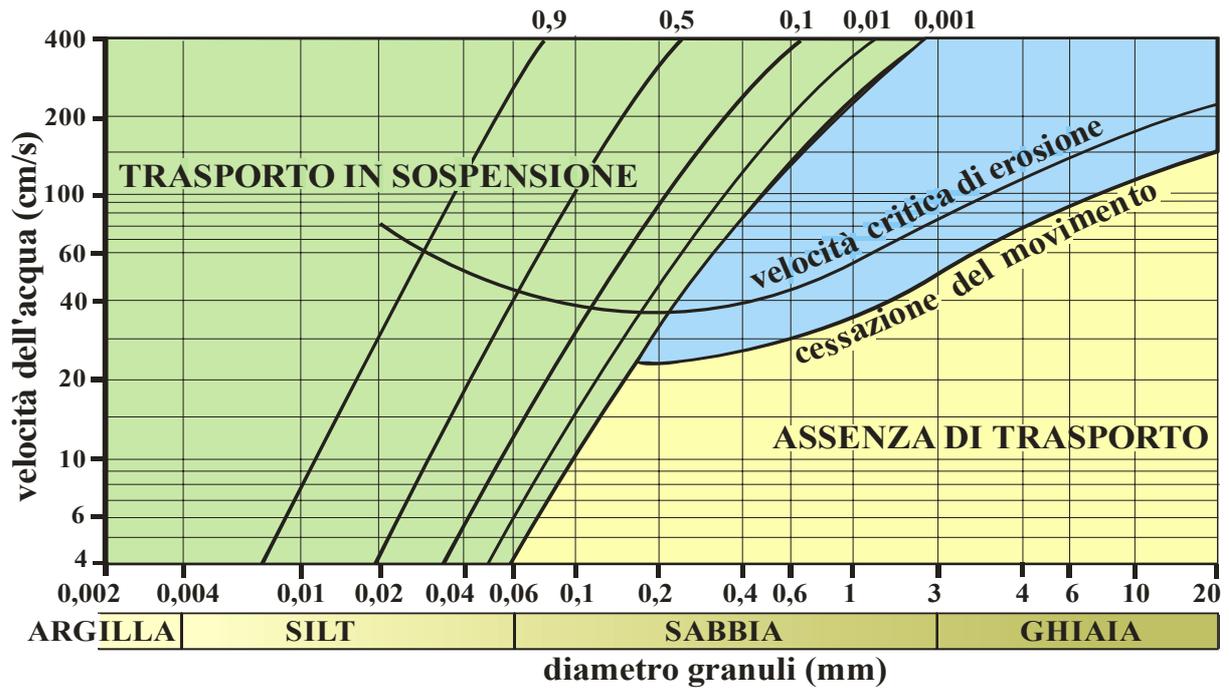
- conviene riunire in un'unica categoria le classi "*silt*", "*argilla*" e "*sabbia molto fine*", considerando quindi l'unica classe (**argilla/limo** o **pelite**) con grani di dimensioni inferiori a 0,1 mm; ai fini biologici (sedimento fine) non merita operare ulteriori distinzioni; in sede di campionamento, non è possibile (neppure utile o conveniente) distinguere il silt dall'argilla e dalla sabbia fine senza attrezzature adeguate;
- conviene riunire in un'unica categoria le classi "*sabbia fine*", "*sabbia media*", "*sabbia grossolana*" e "*sabbia molto grossolana*", considerando quindi l'unica classe (**sabbia**), con grani di dimensioni tra 0,1 e 2 mm circa; d'altra parte è già poco agevole, in certi casi, distinguere il silt grossolano o la sabbia fine dalla sabbia media;
- conviene riunire in un'unica categoria le classi "*ghiaia con ciottoli piccoli*" e "*ghiaia con ciottoli medi*", considerando quindi l'unica classe (**ghiaia fine**) con clasti di dimensioni tra 2 mm e 60 mm circa;
- si mantiene la categoria "*ghiaia con ciottoli grossolani*" (**ghiaia grossolana**) con dimensioni dei clasti tra 6 cm e 25 cm circa;
- si mantiene la categoria "*ghiaia con massi*" (**massi**) con dimensioni dei clasti tra 25 cm e 100 cm circa;
- la classificazione proposta in **fig. 7** considera la classe "*ghiaia con massi*" qualunque dimensioni superiori a 25 cm, ma ai fini biologici (es. rifugi per l'ittiofauna) è importante distinguere i massi di cui al precedente punto dai **grandi massi**, con dimensioni superiori al metro;
- conviene segnalare anche la presenza di **roccia in posto**, cioè di porzioni di letto fluviale costituite da banchi di roccia non frammentata; si potrebbe obiettare che la presenza di alcuni massi di 2 ÷ 3 m è paragonabile ad una superficie rocciosa; in realtà tra i grandi massi possono essere presenti rifugi per l'ittiofauna, più difficilmente rinvenibili su pareti rocciose rese lisce dall'erosione fluviale.

**LIMITI CLIMATICI ALTITUDINALI.** Dall'analisi dei dati termometrici delle stazioni meteorologiche poste a diverse quote, dalla pianura padana alle Alpi, risulta il seguente gradiente termico verticale medio annuo: - 0,51 °C/100 m s.l.m., (Mennella, 1967). In estate il gradiente è maggiore (0,6 ÷ 0,7 °C/100 m) che in inverno (0,3 ÷ 0,4 °C/100 m). Applicando tali gradienti dal valore di 13 °C (media annua, limite superiore rappresentativo della Pianura Padana) e da una altitudine di 150 m s.l.m. (quota media della pianura occidentale), si sono determinati i seguenti limiti climatici altitudinali (Durio *et al.*, 1982):

- 1. Limite climatico delle nevi persistenti (LCnp).** Altitudine [m s.l.m.] alla quale il regime termico presenta valori mensili inferiori a 0 °C per almeno metà dell'anno, con condizioni climatiche che non consentono il completo scioglimento delle nevi nella stagione "calda"; il manto ghiacciato può incrementare di anno in anno. Nelle Alpi occidentali esso si colloca intorno a **3.100 m s.l.m.**, ma può variare di 200 ÷ 300 m a seconda dell'esposizione dei versanti e dell'entità delle precipitazioni.
- 2. Limite climatico dello zero termico medio annuo (LCty).** Altitudine [m s.l.m.] alla quale la temperatura media annua è pari a 0 °C. Nelle Alpi occidentali esso si colloca intorno a **2.700 m s.l.m.**, ma è alquanto variabile, soprattutto in funzione dell'esposizione dei versanti. A quella quota, solitamente la copertura nevosa si mantiene e si incrementa da novembre ad aprile; successivamente il manto ghiacciato, quasi sempre, si riduce fino al completo scioglimento al termine dell'estate.
- 3. Limite climatico dello zero termico medio del trimestre invernale (LCti).** Altitudine [m s.l.m.] alla quale le temperature medie mensili del trimestre invernale (dicembre, gennaio e febbraio) sono pari o inferiori a 0 °C. Nelle Alpi occidentali e nell'Appennino esso si colloca, grosso modo, all'altitudine di **1.700 m s.l.m.** A quella quota la copertura nevosa si mantiene per tutto l'inverno.

**4. Limite climatico dello zero termico medio di gennaio (LCtg).** Altitudine [m s.l.m.] alla quale la temperatura media mensile di gennaio è pari a 0 °C. Nelle Alpi occidentali e nell'Appennino esso si trova intorno a **600 m s.l.m.** A quella altitudine la neve caduta in gennaio permane a coprire il suolo. Gennaio è il mese mediamente più freddo, ma alle altitudini inferiori la copertura nevosa permane poco tempo, da pochi giorni ad un paio di settimane, molto eccezionalmente per più lunghi periodi.

**Fig. 7 -** Relazione tra velocità dell'acqua e granulometria del detrito alluvionale. La curva della **velocità critica di erosione** indica la velocità minima affinché inizi il prelievo di materiale dal fondo. La movimentazione dei materiali è più facile con granulometrie intorno a 0,2 mm rispetto a granuli più piccoli, fra loro legati da maggior coesione. Una volta che il materiale è in movimento è sufficiente una velocità inferiore affinché avvenga la **cessazione del movimento**. I valori sulla parte superiore del diagramma si riferiscono alle curve della *concentrazione relativa del trasporto solido*, rapporto tra la torbidità a metà altezza tra superficie e fondo e quella in corrispondenza del fondo.



Classificazione delle categorie granulometriche in funzione delle dimensioni dei grani.

classificazione dei grani	dimensioni dei grani [mm]		velocità corrente [cm/s]
<b>ghiaia con massi</b>	<b>&gt; 256</b>		<b>molto rapida (&gt; 100)</b>
<b>ghiaia con ciottoli grossolani</b>	<b>64 ÷ 256</b>		<b>rapida (61 ÷ 100)</b>
<b>ghiaia con ciottoli medi</b>	<b>4 ÷ 64</b>		<b>moderata (31 ÷ 60)</b>
<b>ghiaia con ciottoli piccoli</b>	<b>2 ÷ 4</b>		
<b>sabbia molto grossolana</b>	<b>1 ÷ 2</b>		<b>lenta (6 ÷ 30)</b>
<b>sabbia grossolana</b>	<b>0,5 ÷ 1</b>	1/2 ÷ 1/1	
<b>sabbia media</b>	<b>0,25 ÷ 0,5</b>	1/4 ÷ 1/2	
<b>sabbia fine</b>	<b>0,125 ÷ 0,25</b>	1/8 ÷ 1/4	
<b>sabbia molto fine</b>	<b>0,0625 ÷ 0,125</b>		<b>molto lenta (0 ÷ 5)</b>
<b>silt grossolano</b>	<b>0,0312 ÷ 0,625</b>		
<b>silt medio</b>	<b>0,0156 ÷ 0,0312</b>		
<b>silt fine</b>	<b>0,0078 ÷ 0,0156</b>		
<b>silt molto fine</b>	<b>0,0039 ÷ 0,078</b>		
<b>argilla</b>	<b>&lt; 0,0078</b>		

**MICROAMBIENTI.** L'ambiente di una stazione è in realtà un mosaico di microambienti. Una comunità ittica è costituita da un insieme di popolazioni di diverse specie, ciascuna con esigenze particolari che dipendono da vari fattori, quali soprattutto la qualità delle acque e la loro temperatura; importanti sono inoltre le caratteristiche ambientali delle fasce fluviali e, più in generale, quelle del bacino imbrifero sotteso. Si tratta di componenti che per una data stazione, quasi sempre, si possono approssimativamente ritenere

costanti in tutta la sua estensione. Vi sono invece altri fattori che possono modificarsi, in modo anche molto evidente, nell'area relativamente limitata della stazione stessa; essi sono principalmente la velocità del flusso idrico e, in funzione di esso, la composizione granulometrica dell'alveo, ma non bisogna dimenticare l'eventuale presenza di materiali di altra natura, quali tronchi e manufatti, che modificano, con accelerazioni, rallentamenti, deviazioni,... il flusso dell'acqua. Tali fattori influenzano la profondità e la turbolenza dell'acqua, contribuendo a costituire, nell'ambito di un tratto fluviale anche di limitata lunghezza, zone con diverse caratteristiche ambientali. In una parte del letto fluviale, con pendenza uniforme e più o meno accentuata e con ridotto perimetro bagnato, la velocità dell'acqua può essere elevata, la profondità limitata ed il substrato costituito prevalentemente da materiale grossolano. Immediatamente a valle possono cambiare, anche repentinamente, i parametri morfo-idraulici dell'alveo determinando, per esempio, una secca diminuzione della velocità della corrente e quindi della turbolenza e un incremento della profondità su un fondale dominato da materiali detritici fini, insieme a resti organici che hanno trovato condizioni adatte alla sedimentazione. Si tratta di due microambienti molto diversi, adatti ad ospitare, oltre ai pesci, organismi reofili nel primo caso e limnofili nel secondo. Gli ittiologi hanno individuato una serie di categorie di microambienti, la cui presenza viene solitamente segnalata nelle schede di campionamento o in apposite schede allegate. Esse, considerando le situazioni idrometeorologiche comprese nell'intervallo delimitato tra le portate medie annue di durata pari a 91 e 274 giorni, sono nel seguito elencate.

- **Cascate.** Salti d'acqua con altezza superiore al metro. La segnalazione di tale tipologia è importante, in quanto possono costituire una interruzione naturale della continuità biologica longitudinale del corso d'acqua, tale da impedire il passaggio dei pesci, anche con taglia maggiore e con buone capacità natatorie. Le cascate sono spesso associate ad opere di sistemazione idraulica (briglie) o di derivazioni idriche (sbarramenti e dighe); meno frequentemente sono naturali ed in genere il substrato dominante è la roccia in posto.
- **Salti.** Salti d'acqua con altezza compresa tra 0,5 m e 1 m. Valgono le considerazioni espresse al punto precedente, ma le limitazioni agli spostamenti longitudinali dell'ittiofauna interessano soprattutto i pesci di taglia minore e/o quelli con scarsa capacità natatoria. Anche la presenza dei salti può essere dovuta alla presenza di manufatti, ma sono più frequenti quelli naturali, con substrato sia con roccia in posto, sia con grandi massi.
- **Saltelli.** Salti inferiori al mezzo metro; generalmente pongono problemi molto limitati o nulli agli spostamenti longitudinali dei pesci. Sono quasi sempre dovuti alla naturale conformazione dell'alveo, soprattutto quando dominato da massi e da grandi massi. In qualche caso sono dovuti alla presenza di soglie (opere trasversali di altezza contenuta per il controllo dell'assetto idraulico). In molti casi caratterizzano i passaggi artificiali per l'ittiofauna. La segnalazione della presenza di tale tipologia è importante, in quanto favorisce la turbolenza e l'ossigenazione dell'acqua.
- **Raschi (riffles).** Zone del corso d'acqua con pendenza relativamente uniforme, tale da permettere all'acqua di scorrere con buona velocità, da moderata (generalmente su fondali ghiaiosi fini) a rapida (generalmente su fondali ghiaiosi grossolani). La superficie del corso d'acqua presenta forti increspature e turbolenze. Si tratta di microambienti adatti agli organismi reofili; la densità degli organismi è relativamente buona nei raschi caratterizzati da minore velocità dell'acqua (30 ÷ 50 cm/s) e con ciottoli ricoperti di periphyton dopo tempi lunghi senza fenomeni di piena. Nei raschi più veloci (oltre i 50 cm/s, ma fino anche a 100 cm/s) gli organismi sono pochi o pochissimi (prevalentemente macrobenthos munito di sistemi atti a resistere alla corrente) ed i ciottoli sono, in genere, "puliti", in quanto soltanto nei periodi di magra più pronunciata il periphyton riesce a coprirne le superfici. La turbolenza favorisce l'ossigenazione delle acque ed è praticamente assente la sedimentazione di materiale organico, salvo pochi residui negli interstizi fra i ciottoli.
- **Buche (pools).** Depressioni con profondità accentuata rispetto alle zone adiacenti. Potrebbero ritenersi buche anche quelle che si formano sotto le cascate ed i salti; si tratta in effetti di depressioni, ma caratterizzate da forte turbolenza e sottoposte a notevole erosione e quindi da ascrivere alle due prime categorie. Possono invece essere assegnate alla categoria "buche" le porzioni delle depressioni immediatamente a valle della cascate e dei salti, dove l'acqua ritorna ad assumere una direzione orizzontale o sub-orizzontale, con diminuzione della turbolenza, della velocità e dell'erosione, su fondali con componenti granulometriche meno grossolane. In altri casi la buca caratterizza una zona del fiume interessata da forte erosione dovuta alla notevole velocità dell'acqua in occasione delle manifestazioni di piena; mentre nelle situazioni di magra l'energia dell'acqua si riduce notevolmente, fino a diventare lenta (meno di 30 cm/s), con fondale caratterizzato dalla presenza di ciottoli (dovuti all'azione erosiva nei periodi di morbida e di piena) insieme a sedimenti più fini (che si depositano nelle situazioni idrologiche

con portate minori). Talora si formano zone più depresse, con minore energia dell'acqua e con sedimenti più fini, immediatamente a valle di ostacoli (massi, tronchi, manufatti,...), oppure in corrispondenza di zone in prossimità di sponde erose, difese spondali, rive esterne di anse,... dove il gioco delle correnti, in fase di piena, concorre alla formazioni di profonde depressioni. La presenza di buche in una stazione di campionamento può costituire un vantaggio perchè spesso caratterizzate da maggiore presenza di pesci, ma anche un inconveniente per l'azione di pesca, in parte ostacolata dalla profondità, talora notevole.

- **Piane (runs).** Zone con profondità e velocità di corrente abbastanza omogenee e costanti (generalmente lenta, da 6 a 30 cm/s, più raramente fino a 40 cm/s). La superficie non presenta increspature. Spesso, ove presenti, costituiscono una porzione rilevante dell'alveo fluviale e sono le zone preferenziali per l'individuazione delle sezioni utili alla caratterizzazione morfometrica ed idraulica; infatti il fondale presenta caratteri di buona omogeneità, generalmente con classi granulometriche tipo ghiaia media e fine intercalata con sedimento più fine (o unicamente sedimento fine nelle aree di pianura) e materiale organico che si deposita in quantità significative a seguito di tempi lunghi dopo una piena. La velocità dell'acqua è poco diversificata, con turbolenza nulla o molto limitata, in una qualunque sezione nell'ambito della piana. La profondità è abbastanza variabile ma, relativamente alle dimensioni dell'alveo ed all'entità della portata normale, difficilmente accentuata e degradante, in modo più o meno regolare, verso valle, dove la velocità dell'acqua tende ad aumentare, spesso fino a creare le condizioni per un raschio. Talora è possibile individuare delle successioni costituite da una cascata (il salto vero e proprio, la zona dove l'acqua precipita con forte turbolenza), da una buca (a valle del salto dove l'acqua torna ad assumere una direzione orizzontale con minore turbolenza) e da una piana (ancora più a valle, con evidente diminuzione della profondità, della velocità e della turbolenza dell'acqua e della granulometria del fondale); ancora verso valle, dove la profondità diminuisce ulteriormente, aumenta la velocità dell'acqua increspandosi in superficie, dando così origine ad un raschio.
- **Acque stagnanti;** sono zone ove l'acqua ha velocità inferiore a 6 cm/s o è addirittura del tutto ferma, tipici ambienti per organismi limnofili e con fondali a granulometria fine. Può succedere che alcuni ambienti succitati, soprattutto piane e buche, nei periodi di magra più accentuati (o in conseguenza di captazioni idriche, soprattutto quando non sono previsti deflussi minimi residui), presentino situazioni idrauliche con acqua praticamente ferma; in tali casi il substrato è costituito da materiali più grossolani.

La distinzione tra i diversi microambienti non è sempre agevole e soprattutto non esistono limiti netti. Due ittiologi, entrambi con elevata esperienza di campionamento, potrebbero fornire risultati anche significativamente diversi nella stima delle dimensioni dei microambienti caratterizzanti una stessa stazione. Per esempio una "buca" con acqua molto profonda, ma con acqua ferma in periodo di magra accentuata è difficilmente distinguibile da una "acqua stagnante"; oppure una zona classificata come "piana", in periodo di magra, potrebbe apparire con le caratteristiche di un "raschio" nelle situazioni con portate più abbondanti. Si potrebbe sostenere che una attenta osservazione delle caratteristiche dei fondali (granulometria dei materiali detritici, presenza di sedimenti organici, di piante acquatiche e/o di periphyton,...) e delle caratteristiche morfometriche (che permettono di "intuire" meglio le dimamiche idrauliche) potrebbe consentire una individuazione ed una classificazione più attendibile e meno condizionata dalla situazione idrologica al momento del campionamento e più vicina a quella media. Ma si potrebbe anche sostenere il contrario. Quindi la descrizione morfo-idraulica della stazione di campionamento va considerata rappresentativa della situazione al momento del campionamento stesso. Infatti le dimensioni e la distribuzione nell'alveo dei microambienti e gli elementi di osservazione per la loro individuazione e classificazione, si modificano in misura sensibile in funzione della portata. Inoltre le descrizioni dei microambienti sopra elencati non sono fondate su sistemi di misure oggettive, ma sono un insieme di indicazioni molto generali, rispetto alle quali non esistono, almeno per ora, alternative e quindi soffrono inevitabilmente della soggettività dell'osservatore.

Le osservazioni sui microambienti che caratterizzano una data stazione hanno valore puramente indicativo. Le segnalazioni riportate nella scheda di rilevamento, che accompagna quella relativa all'ittiofauna, costituiscono una sorta di sintesi, anche quando espressa con stime quantitative, che sostituisce in parte (o integra) il testo descrittivo dell'ambiente della stazione. Per fornire indicazioni sul livello di attendibilità di tali segnalazioni sarebbe opportuno confrontare i valori della portata media annua, della magra normale o media annua di durata pari a 355 giorni (entrambe ricavabili da un apposito studio idrologico) e di quella misurata durante il campionamento; ma si tratterebbe di una attività assai onerosa, solitamente adottata in casi particolari ove siano necessarie specifiche analisi di approfondimento. In ogni caso, date le oggettive difficoltà sopra esposte, anche disponendo del valore di portata al momento del campionamento e di una analisi idrologica di dettaglio, rimane comunque difficile fornire valutazioni dimensionali sui

microambienti, tanto che si ritiene poco attendibile, allo stato attuale, proporre modelli operativi quantitativi per qualunque applicazione. Rimane comunque la validità descrittiva qualitativa (seppure condizionata dalla soggettività dell'operatore) che permette almeno di ottenere un quadro molto generale dell'ambiente complessivo della stazione.

L'individuazione dei microambienti presenti in una data stazione e la stima delle relative dimensioni può essere corredata dalla valutazione delle profondità medie di ciascuno. Per esempio una buca profonda 50 cm è ben diversa da un'altra profonda 2 m. Un dato utile potrebbe quindi essere la profondità media di ogni microambiente ma, a questo punto, emerge il problema delle modalità operative per determinare tale valore. Ogni microambiente dovrebbe essere suddiviso in più sezioni, in numero variabile a seconda delle sue dimensioni; quindi occorrerebbe calcolare la media delle medie delle sezioni.<sup>13</sup> Se tutta l'area campionata della stazione (Ac) fosse dominata da un'unica tipologia di microambiente e con profondità non molto diverse lungo il suo sviluppo longitudinale, tale procedura risulterebbe relativamente semplice e poco impegnativa sotto il profilo dei tempi di esecuzione. Ma la realtà è quasi sempre molto più complicata; i microambienti sono diversi, con profili trasversali e longitudinali complessi, nella maggior parte dei casi interessanti porzioni limitate dei perimetri bagnati di sezioni diverse, come una sorta di puzzle costituito da pezzi dalle forme più varie e d'altra parte proprio tale diversificazione spaziale è alla base della ricca diversificazione delle cenosi acquatiche tipiche dei corsi d'acqua naturali. Emerge chiaramente che la valutazione delle profondità medie tramite un protocollo operativo di misure oggettive costituisce una attività complessa e caratterizzata da tempi lunghi, quindi un impegno dei rilevatori sproporzionato rispetto ai risultati che si vogliono conseguire. Bisogna inoltre tenere conto del livello di precisione atteso in funzione delle analisi biologiche previste. Per tornare all'esempio prima citato, se è vero che una buca profonda 50 cm è un ambiente diverso da una buca profonda 2 m, è altrettanto vero che non ha senso distinguere una buca profonda 40 cm da un'altra profonda 60 cm; oppure si potrebbe sostenere che sono assai simili le buche profonde *circa* 2 m, cioè quelle comprese nell'intervallo di profondità poniamo di  $1,5 \div 2,5$  m. Tenuto conto di tutto, nel caso si ritengano necessarie le profondità dei microambienti, è sufficiente fornire stime approssimative sulla base delle osservazioni, seppure soggettive, compiute dal rilevatore in fase di campionamento. In fondo, anche in questo caso, si tratta di fornire indicazioni di carattere generale, quale supporto al testo descrittivo della stazione.

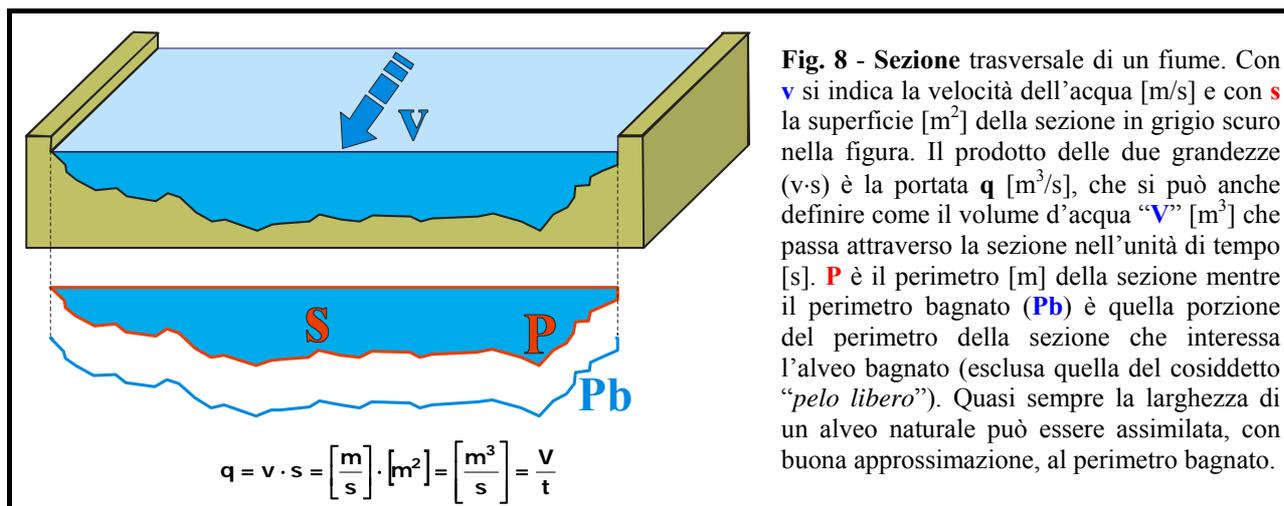
**PENDENZA DELL'ALVEO FLUVIALE.** La pendenza media di un corso d'acqua (**K**), sull'intera asta fluviale o su uno sviluppo longitudinale di almeno alcuni chilometri, viene valutata a partire dalla costruzione della sua curva di fondo, ottenuta da misure morfometriche su carta topografica di dettaglio, secondo il metodo del triangolo equivalente (Linsley *et al.*, 1949). Ma la lunghezza di un tratto fluviale relativa ad una data stazione è generalmente insufficiente. Se è relativamente facile misurarne la lunghezza, decisamente meno agevole è la misura delle altitudini [m s.l.m.] delle sezioni estreme S1 ed S2, in quanto il dislivello, in molti casi, è dello stesso ordine di grandezza degli errori degli strumenti di misura delle quote. Inoltre, per gli stessi motivi, quasi mai è possibile ricorrere alla carta topografica (seppure in scala molto grande). Conviene pertanto estendere, ai soli fini della valutazione della pendenza, il tratto fluviale oggetto di valutazione oltre la lunghezza della stazione, verso valle e soprattutto verso monte, al fine di ottenere un dislivello strumentalmente o cartograficamente apprezzabile. Il rapporto percentuale tra il dislivello e la lunghezza del tratto fluviale considerato è la pendenza media dell'alveo; essa è rappresentativa anche della stazione. Infatti se è vero che la pendenza viene considerata una componente morfometrica importante ai fini della caratterizzazione ambientale del corso d'acqua, allora bisogna considerare che l'ittiofauna da essa dipende non solo nel tratto fluviale oggetto di campionamento, ma di un ambito più esteso di cui la stazione stessa fa parte. In sintesi, con tale procedura, non si pretende di ricavare informazioni dall'analisi di confronto della pendenza così ottenuta con l'idrodinamica della stazione (che invece dipende strettamente dalla pendenza limitata alla stazione stessa), ma si ricava una informazione di carattere più generale, che può comunque essere meglio correlata con la composizione della comunità ittica rilevata. Se, per esempio, la stazione fosse caratterizzata da una pendenza intorno allo 0,3 %, quindi con velocità dei flussi idrici limitati per un centinaio di metri nel suo sviluppo longitudinale, mentre a monte ed a valle, per tratti fluviali lunghi alcuni chilometri, le pendenze fossero superiori al 5 %, quindi con acque molto veloci, a parità di altre condizioni, possiamo ragionevolmente prevedere, come probabili, alcune differenze tra la comunità ittica

---

<sup>13</sup> Sotto il profilo di un ortodosso metodo idraulico, ogni media di sezione dovrebbe essere il risultato del rapporto tra la sua area e la sua lunghezza. L'area andrebbe ricavata da un profilo opportunamente rappresentato in scala.

della stazione e quelle adiacenti, ma non tali da segnalare zone ittiche o composizioni di specie diverse, salvo forse lievi variazioni di indici di abbondanza di alcune specie reofile piuttosto che limnofile.

**PORTATA.** Consideriamo una sezione trasversale di un fiume (**fig. 8**). La portata è il prodotto della **velocità** “*v*” [m/s] del flusso idrico per l’**area della sezione** “*s*” [m<sup>2</sup>], ovvero il **volume d’acqua** “*V*” [m<sup>3</sup>] che attraversa la sezione nell’unità di tempo “*t*” [s]. La portata (*q*) è tanto maggiore quanto più alta è la velocità dell’acqua e quanto più grande è la superficie della sezione. Il deflusso mensile [m<sup>3</sup>], se è una media calcolata per un certo periodo di osservazione, diviso per i secondi del mese, definisce la **portata media mensile** [m<sup>3</sup>/sec]. La media fra le dodici portate medie mensili è la **portata media annua (Q)**; questa dipende dal volume d’acqua che passa in un anno nell’alveo di un fiume attraverso una determinata sezione. La portata dipende dall’abbondanza delle precipitazioni sul bacino e dalle dimensioni dello stesso e può anche essere espressa in litri al secondo [l/s].



I valori delle portate medie mensili ed annua posso essere espressi anche come **deflussi (D)**, intesi come altezze [mm] delle lame liquide uniformemente distribuite sulla superficie di bacino sotteso alla sezione. Tale modalità permette un confronto più efficace tra le quantità d’acqua delle precipitazioni o **afflussi (A)** e quelle presenti nell’alveo fluviale o deflussi (D). Il rapporto tra i due valori (**D/A**) esprime il **coefficiente di deflusso** su scala mensile o annua. La rappresentazione grafica dell’andamento dei valori medi mensili degli afflussi e dei deflussi nell’arco dell’anno è alla base dell’analisi del cosiddetto **regime idrologico (appendice sette)**. La **portata media annua specifica (Qs)** si esprime in [l/s/km<sup>2</sup>] e rappresenta la quantità d’acqua [l] che, nell’unità di tempo [s], viene “espressa” dall’unità di superficie [km<sup>2</sup>] di bacino sotteso. Si ottiene dividendo la portata media annua (Q) relativa ad una determinata sezione di riferimento [l/s] per la superficie (Ab) del bacino sotteso a quella stessa sezione [km<sup>2</sup>]. Le **portate di durate caratteristiche**, espresse in litri al secondo [l/s], oppure in metri cubi al secondo [m<sup>3</sup>/s] si definiscono nel modo seguente:

- **Q<sub>10</sub> (portata media annua di durata pari a 10 giorni)**; valore medio annuale di portata disponibile in alveo per almeno 10 giorni;
- **Q<sub>91</sub> (portata media annua di durata pari a 91 giorni)**; valore medio annuale di portata disponibile in alveo per almeno 91 giorni;
- **Q<sub>182</sub> (portata media annua di durata pari a 182 giorni)**; valore medio annuale di portata disponibile in alveo per almeno 182 giorni;
- **Q<sub>274</sub> (portata media annua di durata pari a 274 giorni)**; valore medio annuale di portata disponibile in alveo per almeno 274 giorni;
- **Q<sub>355</sub> (portata media annua di durata pari a 355 giorni)**; valore medio annuale di portata disponibile in alveo per almeno 355 giorni.

Tali portate possono essere anche espresse per unità di superficie di bacino sotteso [l/s/km<sup>2</sup>] e vengono quindi definite **portate specifiche di durate caratteristiche (Q<sub>10-355s</sub>)**. La portata media annua di 355 giorni (Q<sub>355</sub>) si può considerare come **portata di magra normale** o portata minima annuale con tempo di ritorno pari a due anni (Perosino, 1989); per una decina di giorni all’anno, è presente una portata inferiore.

I valori di portata, relativi ad una determinata sezione di un corso d'acqua e quindi relativi al bacino sotteso, possono essere facilmente ricavati se, lungo lo stesso fiume o lungo un corso d'acqua appartenente allo stesso reticolo idrografico (o uno adiacente), è presente una stazione idrometrica che abbia funzionato per un periodo di osservazione significativo. Se il bacini sottesi alla sezione in studio ed a quella corrispondente alla stazione di misura sono simili, in termini di estensioni areali e dei principali caratteri idroclimatici ed idrogeologici, si può operare con semplici proporzioni sulla base dell'uguaglianza tra i rapporti tra le portate (incognita sulla sezione in studio e misurata sulla sezione munita di idrometro) e le superfici dei corrispondenti bacini sottesi (entrambe note). Quando non sono disponibili stazioni idrometriche, si possono calcolare le portate medie annue specifiche secondo la metodologia SIMPO (1980). In particolare, indicando con **Hmed**, l'**altitudine mediana** del bacino sotteso alla sezione in studio [m s.l.m.]<sup>14</sup> e con **A** l'**afflusso meteorico medio annuo** [mm], la portata specifica media annua (**Qs**) si ottiene con la seguente relazione:

$$Qs [l/s/km^2] = -24,5694 + 0,0086 \cdot Hmed + 0,03416 \cdot A$$

Indicando con **Ab** [km<sup>2</sup>] l'area dello stesso bacino, le portate specifiche medie annue di durate caratteristiche si ottengono da formule diverse in funzione di tre diverse aree geoidrologiche. Per il bacino del Po a monte della confluenza con il Pellice, per tutti i bacini tributari di sinistra del Po, di quelli a destra, ma a monte della confluenza con il Tanaro e per lo stesso bacino del Tanaro (esclusi i suoi tributari di destra a valle della confluenza con lo Stura di Demonte), le portate specifiche medie annue di durate caratteristiche si ottengono con le seguenti relazioni:

$$\begin{aligned} Qs_{10} [l/s/km^2] &= 5,06749 \cdot Ab^{-0,057871} \cdot Qs^{0,965037} \\ Qs_{91} [l/s/km^2] &= 1,29772 \cdot Ab^{0,009539} \cdot Qs^{0,976926} \\ Qs_{182} [l/s/km^2] &= 0,54425 \cdot Ab^{0,049132} \cdot Qs^{0,980135} \\ Qs_{274} [l/s/km^2] &= 0,18670 \cdot Ab^{0,069105} \cdot Qs^{1,108675} \\ Qs_{355} [l/s/km^2] &= 0,07560 \cdot Ab^{0,068232} \cdot Qs^{1,234733} \end{aligned}$$

Per tutti i bacini tributari di destra del Po a valle della confluenza con il Tanaro (ma compresi i suoi tributari di destra a valle della confluenza con lo Stura di Demonte), le portate specifiche medie annue di durate caratteristiche si ottengono con le seguenti relazioni:

$$\begin{aligned} Qs_{10} [l/s/km^2] &= 6,59722 \cdot Ab^{0,010771} \cdot Qs^{0,912801} \\ Qs_{91} [l/s/km^2] &= 1,11364 \cdot Ab^{0,012334} \cdot Qs^{0,971628} \\ Qs_{182} [l/s/km^2] &= 0,20538 \cdot Ab^{0,046730} \cdot Qs^{1,191391} \\ Qs_{274} [l/s/km^2] &= 0,01970 \cdot Ab^{0,077859} \cdot Qs^{1,570269} \\ Qs_{355} [l/s/km^2] &= 0,00024 \cdot Ab^{0,116629} \cdot Qs^{2,455435} \end{aligned}$$

Per l'asta fluviale del Po a valle della confluenza con il Pellice, le portate specifiche medie annue di durate caratteristiche si ottengono con le seguenti relazioni:

$$\begin{aligned} Qs_{10} [l/s/km^2] &= 4,23078 \cdot Ab^{-0,107532} \cdot Qs^{1,234077} \\ Qs_{91} [l/s/km^2] &= 0,90630 \cdot Ab^{0,005506} \cdot Qs^{1,072750} \\ Qs_{182} [l/s/km^2] &= 0,82250 \cdot Ab^{0,086822} \cdot Qs^{0,693130} \\ Qs_{274} [l/s/km^2] &= 0,45221 \cdot Ab^{0,093306} \cdot Qs^{0,757242} \\ Qs_{355} [l/s/km^2] &= 0,08536 \cdot Ab^{0,096216} \cdot Qs^{2,455435} \end{aligned}$$

**PROFONDITÀ.** La profondità (o battente idrico; **h**) si misura mediante una semplice asta graduata, con approssimazione al centimetro, in punti qualunque della stazione o meglio dell'area campionata (**Ac**). Si possono fornire diversi valori, tra i quali la **profondità massima (h-max)** e quelle massime e/o medie<sup>15</sup>

<sup>14</sup> L'altitudine mediana (**Hmed**) si ottiene dalla curva isopografica del bacino. Oppure, in modo molto più semplice, ma con approssimazione ancora accettabile, dalla seguente relazione (Regione Piemonte, 1992):

$$Hmed = \frac{0,9 \cdot Hmax + Hsez}{2}$$

Dove **Hmax** e **Hsez** sono rispettivamente l'altitudine massima del bacino sotteso e quella della sezione in studio, entrambe espresse in [m s.l.m.].

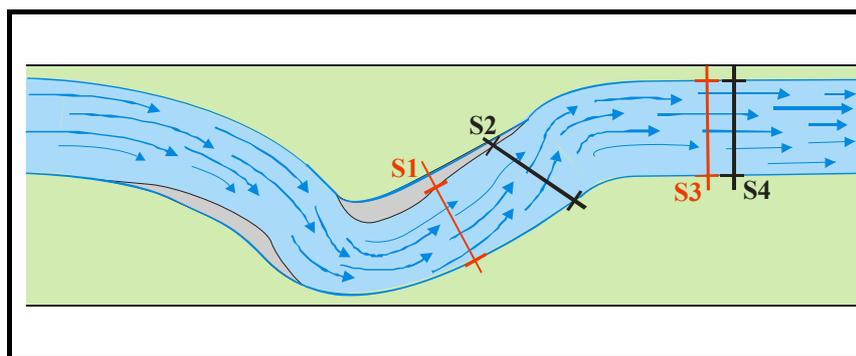
<sup>15</sup> La determinazione delle profondità medie dei diversi microambienti, diversamente dalle profondità massime, è complessa e richiede un tempi lunghi in sede di campionamento. Oppure vengono espresse come stime anche molto grossolane. Piuttosto che fornire dati poco attendibili, rispetto allo loro utilità, conviene talvolta rinunciare ad effettuare tali misure o stime.

relative ai diversi microambienti soggetti a campionamento. Nei casi (molto rari) di stazioni caratterizzate da sponde entrambe molto ripide per tutta la lunghezza della stazione, per cui si assume assente la  $h = 0$  m, può essere utile fornire anche la profondità minima. Più complicata da ottenere è la **profondità media (h-med/c)** rappresentativa di  $A_c$ . Essa risulta dalla media delle medie del maggior numero di sezioni lungo lo sviluppo longitudinale della stazione; si ritiene un numero minimo necessario di sezioni pari a quattro, quelle utilizzate per la determinazione del perimetro bagnato medio ( $P_b$ -med) della stazione. Per la determinazione della profondità media di ogni sezione (**h-med/s**) è necessario effettuare diverse misure di profondità lungo la sezione stessa a diverse distanze dalla sponda, al fine di ottenere i dati necessari alla rappresentazione del suo profilo in scala (come quelli esemplificati nell'**appendice sei**) necessario per determinarne l'area  $s$  [ $m^2$ ]; quindi si esegue il rapporto tra tale area [ $m^2$ ] ed il perimetro bagnato  $P_b$  [m]:

$$h\text{-med}/s \text{ [m]} = \frac{s}{p_b}$$

È una procedura che non richiede attrezzature particolari, ma tempi lunghi, in quanto comporta ripetute misure di profondità per almeno quattro sezioni (per esempio una quarantina di misure per un piccolo corso d'acqua largo mediamente 8 metri).

**SEZIONE.** La **sezione fluviale** relativa ad un determinato punto di un corso d'acqua (**sito**) è la figura che si ottiene dall'intersezione del profilo dell'alveo fluviale di piena ordinaria con un piano passante per quello stesso punto e perpendicolare all'alveo stesso, o meglio alla direzione del flusso idrico medio (**fig. 9**). Tale intersezione da origine al **perimetro** della sezione (**fig. 8**) che racchiude, al suo interno, l'**area** della stessa (**s** in **fig. 9**). Negli alvei naturali si può approssimativamente assumere la **larghezza** della sezione pari al suo **perimetro bagnato (P<sub>b</sub>; fig. 8)**.

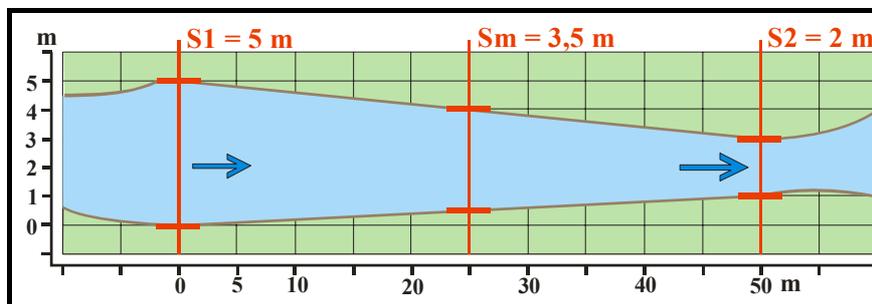


**Fig. 9** - La **sezione (S)** è perpendicolare alla direzione del flusso idrico medio. Non sempre la direzione è perpendicolare all'alveo. Nel caso a sinistra, risulta una larghezza (**L**) **LS1** < **LS2**. Sono comunque situazioni poco frequenti e l'errore è quasi mai rilevante. A destra, per la regolarità morfologica dell'alveo e del flusso idrico, risulta **LS3** = **LS4**.

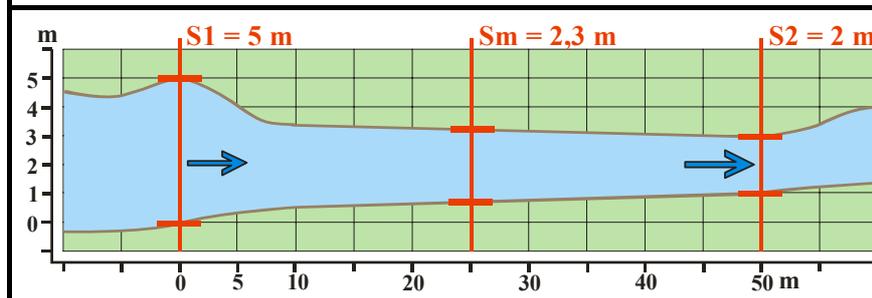
**SEZIONE DI RIFERIMENTO.** È una sezione fluviale che individua un preciso sito sul reticolo idrografico naturale e viene ritenuta rappresentativa di un tratto di corso d'acqua a monte con condizioni ambientali omogenee, anche sotto il profilo della funzionalità fluviale e sufficientemente lungo da presentare, in esso, le sezioni idrauliche morfometricamente adatte per eventuali misure di portate, le stazioni (ed eventuali zone intorno) adatte per i rilievi della macrofauna bentonica e quelle di campionamento relative all'ittiofauna. Le sezioni di riferimento vengono individuate in funzione degli obiettivi previsti dagli studi, dalle ricerche, dai monitoraggi,... che prevedono l'analisi ed il confronto di più componenti ambientali, sia quelle oggetto di rilevamento su campo, sia quelle oggetto di analisi in studio (morfometria e idrologia del bacino sotteso). I campionamenti e rilievi relativi alle diverse metodologie di indagine non devono essere necessariamente contemporanei, ma possono essere effettuati (è anzi raccomandabile), a seconda delle esigenze delle tipologie dei campionamenti stessi, in momenti diversi, purchè in uno stesso intervallo temporale nell'ambito del quale si ritiene non avvengano mutamenti significativi (solitamente un anno, a meno di inquinamenti acuti).

**STAZIONE DI CAMPIONAMENTO.** È un tratto di corso d'acqua soggetto all'azione di cattura dei pesci, con metodologie diverse, ma mediante la pesca elettrica nella maggior parte dei casi, allo scopo minimale di rilevare la presenza, per quanto possibile, di "tutte" le specie costituenti la comunità ittica. La stazione, solitamente rappresentativa, per caratteri ambientali, di un tratto fluviale più esteso, sia verso valle, sia soprattutto verso monte (sezione di riferimento), è delimitata da due sezioni: **S1** a monte ed **S2** a valle (**fig. 10**). Quindi è possibile individuare alcune caratteristiche morfometriche ed in particolare:

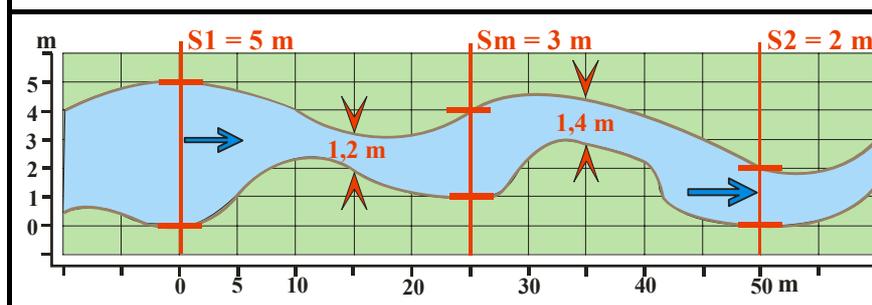
- **lunghezza della stazione (L)**; distanza [m] lungo lo sviluppo planimetrico del tratto fluviale rappresentativo della stazione, nel tratto S1÷S2;<sup>16</sup>
- **perimetro bagnato della sezione (Pb)**; larghezza [m] dell'alveo bagnato (al momento del campionamento) in corrispondenza di una determinata sezione in un punto qualunque del tratto rappresentativo della stazione e perpendicolare al flusso idrico medio;
- **perimetro bagnato massimo della stazione (Pb-max)**; larghezza massima [m] dell'alveo bagnato (al momento del campionamento) in corrispondenza della sezione di massima larghezza nel tratto S1÷S2;
- **perimetro bagnato minimo della stazione (Pb-min)**; larghezza minima [m] dell'alveo bagnato (al momento del campionamento) in corrispondenza della sezione di minima larghezza nel tratto S1÷S2;<sup>17</sup>
- **perimetro bagnato medio della stazione (Pb-med)**; larghezza media [m] dell'alveo bagnato (al momento del campionamento) risultato dalla media di quattro misure del Pb, di cui due in corrispondenza delle sezioni S1 ed S2 ed altre due sezioni nelle posizioni intermedie rispetto all'intera lunghezza (L) della stazione;
- **area della stazione (As = L·Pb-med)**; superficie [m<sup>2</sup>] dell'alveo bagnato (al momento del campionamento) risultato dal prodotto tra la lunghezza (L) ed il perimetro bagnato medio (Pb-med);
- **percentuale area campionata (Ac)**; percentuale dell'area effettivamente campionata rispetto a quella totale della stazione.



**Fig. 10a** - La sezione, compresa tra quelle estreme **S1** ed **S2**, presenta, da monte, una morfologia con diminuzione graduale della larghezza (Pb) di alveo bagnato. La sezione intermedia (**Sm** = 3,5 m) coincide con la media aritmetica tra quelle estreme e con la media effettiva (Pb-med).



**Fig. 10b** - La sezione intermedia (**Sm** = 2,3 m) è notevolmente inferiore alla media aritmetica (3,5 m) tra quelle estreme (**S1** ed **S2**), ma anche a quella effettiva Pb-med = 3,1 m.



**Fig. 10c** - La sezione intermedia (**Sm** = 3 m) è significativamente inferiore alla media aritmetica (3,5 m) tra quelle estreme ed è superiore a quella effettiva Pb-med = 2,3 m.

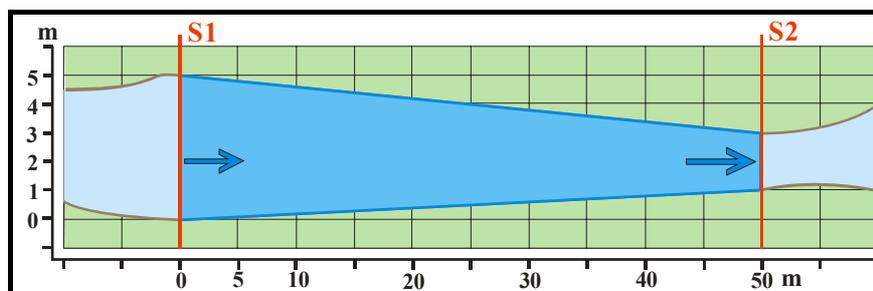
<sup>16</sup> La lunghezza della stazione **non** è la distanza in linea d'aria tra le due sezioni estreme (S1÷S2), ma occorre tenere conto della sinuosità del corso d'acqua considerato. Nel caso in cui la stazione non avesse andamento rettilineo, la lunghezza "vera" (L) andrebbe valutata quale somma delle misure di una successione di tratti omogenei. Il rapporto tra la distanza "vera" (L) e la distanza in linea d'aria (S1÷S2) è il *grado di sinuosità*, pari ad 1 se il fiume avesse andamento rettilineo e tanto maggiore di 1 quanto più il fiume è sinuoso.

<sup>17</sup> Non sono da escludere situazioni con Pb-min = 0 m. Può infatti succedere che un determinato tratto fluviale, interessato da captazioni idriche che lo prosciugano (o quasi) ed individuato come stazione, presenti zone con acqua stagnante o con flusso idrico molto limitato, alternate ad una o più zone con assenza d'acqua, in corrispondenza delle quali ovviamente la larghezza dell'alveo bagnato è nulla.

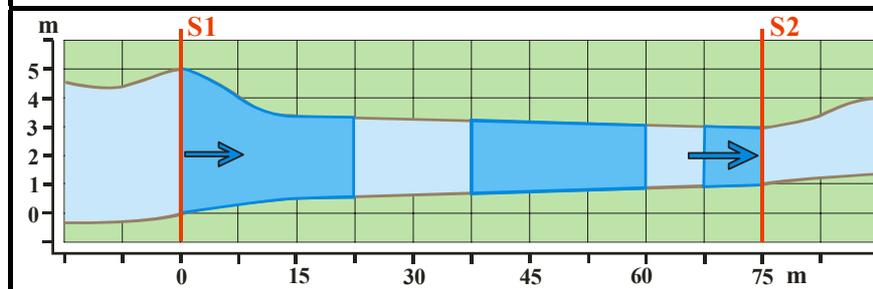
La determinazione del perimetro medio bagnato ( $Pb\text{-med}$ ), basato sulla misura in corrispondenza di almeno quattro sezioni, richiede alcune osservazioni e a questo proposito è utile fare riferimento agli esempi riportati in **fig. 10**. Nel primo caso (**fig. 10a**) la media aritmetica (3,5 m), calcolata sui due valori delle sezioni estreme (S1 ed S2), coincide con la sezione intermedia (Sm). Tale dato, moltiplicato per la lunghezza della stazione ( $L = 50$  m) fornisce il valore dell'area della stazione ( $As = 175$  m<sup>2</sup>) coincidente con la realtà.

Nel secondo caso (**fig. 10b**) la media aritmetica tra le larghezze delle sezioni S1 ed S2 risulta sempre pari a 3,5 m e concide anche con la media tra le larghezze massima ( $Pb\text{-max}$ ) e minima ( $Pb\text{-min}$ ). Risulterebbe quindi un'area della stazione uguale a quella del caso precedente (175 m<sup>2</sup>); ma il dato reale è  $As = 140$  m<sup>2</sup>; ciò significa una sovrastima del 25 % circa. Se si procedesse al calcolo della media tra S1 (5 m), Sm (2,3 m) ed S3 (2 m), si otterrebbe il valore di 3,1 m e quindi un'area  $Ac = 155$  m<sup>2</sup>, che non è ancora il dato reale, ma almeno l'errore si riduce a meno del 10 % e quindi accettabile rispetto a quanto normalmente ci si attende in questo tipo di valutazioni.

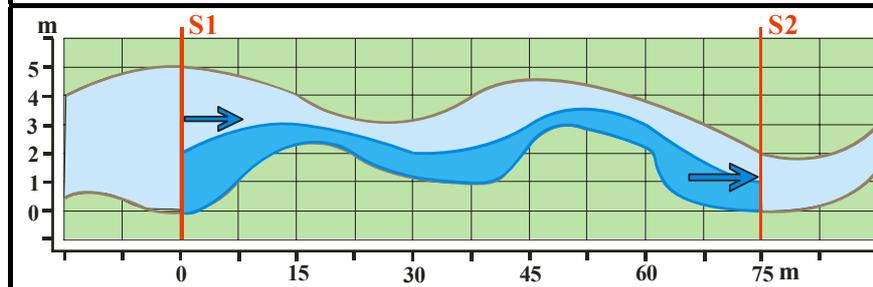
Nel terzo caso (**fig. 10c**) la situazione risulta più complessa e più vicina alle situazioni reali. Le sezioni estreme presentano gli stessi valori di larghezza (S1 = 5 m ed S2 = 2 m) dei casi precedenti, con una sezione intermedia di 3 m. L'area reale è  $Ac = 115$  m<sup>2</sup>. La media tra le sezioni estreme (3,5 m) porterebbe all'area di 175 m<sup>2</sup>, quindi con un errore di sovrastima del 52 %. La media tra S1, Sm (3 m) ed S2 risulta pari a 3,3 m e quindi ad un'area di 167 m<sup>2</sup>, con un errore di sovrastima inferiore del 45 %, ma ancora considerevole. La media di almeno quattro valori (con due sezioni intermedie tra quelle estreme) risulta pari a 2,4 m, che porta ad un'area  $Ac = 120$  m<sup>2</sup>, un errore del 4 %, quindi ampiamente accettabile.



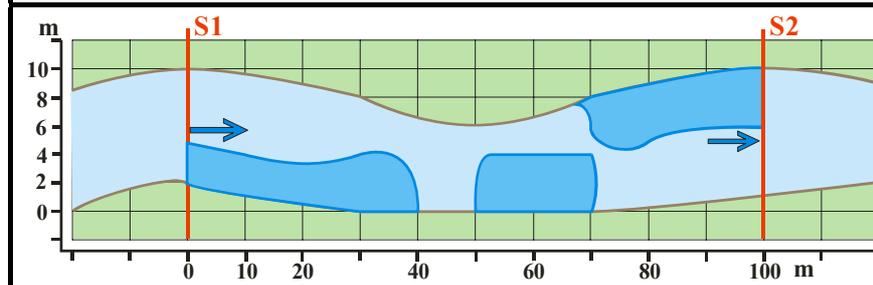
**Fig. 11a** - Il campionamento interessa la stazione per tutta la sua lunghezza ed il perimetro bagnato in tutti i punti.  $As = 175$  m<sup>2</sup>;  $Ac = 100$  %.



**Fig. 11b** - Il campionamento interessa tre porzioni della stazione, ciascuna per l'intero perimetro bagnato.  $As = 210$  m<sup>2</sup>;  $Ac \cong 70$  %.



**Fig. 11c** - Il campionamento interessa la stazione per tutta la sua lunghezza, ma sempre per una porzione limitata del perimetro bagnato.  $As = 173$  m<sup>2</sup>;  $Ac \cong 45$  %.



**Fig. 11d** - Il campionamento interessa tre parti della stazione, ciascuna per una porzione limitata del perimetro bagnato.  $As = 820$  m<sup>2</sup>;  $Ac = 40$  %.

Molto importante è la percentuale dell'area campionata (Ac) rispetto a quella totale (As). L'area campionata è quella effettivamente oggetto dell'azione di pesca entro la stazione. La lunghezza della stazione dipende dalla necessità di ricerca di "tutte" le specie potenzialmente presenti, al fine di ottenere un quadro ben rappresentativo della comunità ittica. Ciò significa esercitare l'attività di pesca sui diversi microambienti rappresentativi di quel tratto fluviale. Nei piccoli corsi d'acqua, facilmente campionabili in ogni loro parte, l'azione di pesca coinvolge tutta l'area della stazione (Ac = 100 %; **fig. 11a**). In altri casi ciò non sempre è utile o possibile, per cui diventa Ac < 100 % (casi **b, c, d** della **fig. 11**). Ac è molto variabile, potendo passare dal 100 % (piccoli corsi d'acqua facilmente campionabili) a valori anche inferiori al 10 % per i più grandi corsi d'acqua caratterizzati da cospicue portate e con presenza di ambienti caratterizzati da vaste estensioni areali e notevoli profondità; in tali casi conviene estendere la lunghezza della stazione e, quando possibile, fare uso di imbarcazioni per le zone altrimenti impossibili da campionare a piedi.

**VELOCITÀ DELLA CORRENTE.** La cenosi che popola un fiume dipende dalle condizioni ambientali dell'ambiente acquatico; fra queste particolare importanza assume la velocità del flusso idrico (**v**). Risulta quindi evidente l'utilità di fornire dati riguardanti tale parametro. Ma in quasi tutte le situazioni la velocità del flusso idrico assume, all'interno della stazione, valori molto diversi, teoricamente tutti importanti per la caratterizzazione dell'ambiente fisico. Sono infatti fondamentali i dati relativi alla velocità massima (**v-max**) riscontrabile in tutta l'area (As) della stazione, o meglio nell'area effettivamente campionata (Ac)<sup>18</sup>, alla porzione di alveo con acqua molto lenta o stagnante o alla velocità minima (**v-min**) nei casi di stazioni (poco frequenti) ove in ogni loro parte il flusso idrico è rilevante o comunque superiore a 5 cm/s. Inoltre sarebbe utile conoscere quali rapporti esistono fra porzioni dell'area campionata interessate da velocità diverse ed intermedie tra quelle estreme e caratterizzanti l'insieme dei microambienti della stazione stessa. Un ultimo dato utile potrebbe essere la velocità media (**v-med**), valutata sull'intera stazione.

È importante ricordare che non è possibile stimare la velocità del flusso idrico, ma è necessario effettuare una misura con adeguati strumenti, anche non particolarmente precisi; in fondo, per il naturalista, velocità pari a 40 cm/s o a 50 cm/s non sono significativamente diverse sotto il profilo biologico. Gli errori dovuti a stime senza l'ausilio di strumenti possono facilmente portare ad errori anche superiori al 50 %, francamente un po' troppo anche ai fini biologici. Per evitare tali inconvenienti sono state proposte classificazioni basate sull'individuazione di intervalli di velocità da associare ad aggettivi più o meno esplicativi.

Nella colonna in basso a destra in **fig. 7** gli intervalli di velocità sono stabiliti in funzione delle condizioni di cessazione del trasporto solido evidenziate dalla figura. Per esempio all'espressione "*velocità lenta*", corrispondente alla classe granulometrica "*sabbia*" (insieme formato da tutti i gruppi con grani con dimensioni da 0,1 mm a 2 mm circa), è assegnato l'intervallo di velocità 6 ÷ 30 cm/s ed in effetti, grosso modo, dal grafico si osserva che in tale intervallo si collocano i valori di velocità del flusso idrico sulla curva della "*cessazione del movimento*", quindi di deposito di tale materiale.

Se stimare il valore numerico di una data velocità in un punto particolare di una qualunque sezione nell'ambito di una stazione (es. 25 cm/s) è molto difficile, a meno di ammettere errori grossolani, sembrerebbe più facile almeno indicare l'intervallo 6 ÷ 30 cm/s e quindi semplicemente stabilire che si tratta di una "*velocità lenta*". Ma si tratta di una procedura scorretta, in quanto le espressioni "*velocità lenta*" o "*velocità rapida*",... sono valutazioni descrittive da assegnare a misure che vanno effettuate strumentalmente; in altri termini occorre "prima" misurare la velocità (es. 45 cm/s) e "successivamente" può essere attribuita l'aggettivazione (*velocità rapida*). Molto spesso la stima della velocità di corrente viene effettuata mediante l'attribuzione di valori numerici, per esempio da 1 a 5. In effetti la **fig. 7** riporta cinque categorie di velocità che potrebbero rappresentare altrettanti numeri o lettere o qualche altro simbolo. Ma si tratta dello stesso errore concettuale sopra illustrato.

Si ammette dunque che una qualunque valutazione di velocità del flusso idrico richiede una misura strumentale, seppure grossolana<sup>19</sup>. Ma ciò non risolve tutti i problemi. Infatti è relativamente semplice

<sup>18</sup> Nella maggior parte dei casi, quando l'area campionata (Ac) è inferiore a quella stazione (As), esistono oggettive difficoltà operative ad "esplorare" tutta la stazione; per esempio per eccessive profondità e velocità della corrente. Pertanto, per lo stesso motivo per cui è difficile campionare in certi punti, altrettanto complicato è misurare la velocità della corrente idrica negli stessi senza ricorrere ad attrezzature complesse. Quindi conviene esprimere la v-max rispetto all'area campionata (Ac) invece che all'area complessiva (As) della stazione.

<sup>19</sup> Una buona precisione si ottiene con i mulinelli idrometrici, con margini di errore anche inferiori a pochi punti percentuale. Ma sono strumenti solitamente poco utilizzati dagli ittiologi, in quanto costosi e difficilmente ammortizzabili rispetto all'impiego da parte di personale tecnico (biologi e naturalisti) solitamente poco o nulla

effettuare le misure di v-max o di v-min o accertare la presenza di zone con velocità nulla o molto lenta<sup>20</sup>. La velocità media (v-med), se si considera quella rappresentativa della stazione, di fatto è difficilmente definibile concettualmente, non è ovviamente misurabile e neppure si può calcolare sulla base di più misure in punti diversi (quanti? Quali?). In realtà sarebbe forse possibile determinare la v-med se si calcolasse la media delle velocità medie di diverse sezioni equidistanziate lungo il profilo longitudinale della stazione e con un risultato finale tanto più attendibile quanto maggiore è il numero delle sezioni stesse. Ma il calcolo della velocità media per ciascuna sezione richiede una procedura identica a quella necessaria per la misura della portata (**appendice sei**): la caratterizzazione morfometrica della sezione (profilo in scala) e numerose misure di velocità del flusso idrico in più punti della sezione secondo precisi criteri. Si tratta di un lavoro complesso (2 ÷ 3 ore per i corsi d'acqua più piccoli) che deve essere ripetuto per il numero di sezioni previste lungo la stazione. Ciò significa costi eccessivi e tempi troppo lunghi, sproporzionati e decisamente superiori a quelli necessari per il campionamento della fauna ittica vero e proprio ed inoltre con evidenti ulteriori complicazioni per i fiumi più grandi. Discorso analogo vale per la determinazione delle velocità (quali? Medie o valori estremi?) dei diversi microambienti caratterizzanti la stazione. In sintesi:

- la valutazione corretta della velocità del flusso idrico non è semplice, non può essere oggetto di stima e comunque deve essere eseguita strumentalmente;
- la determinazione della velocità media rappresentativa della stazione, a meno di errori molto grossolani, richiede procedure eccessivamente lunghe, complesse e costose;
- la velocità massima del flusso idrico (**v-max**) nell'ambito della stazione è un singolo dato derivante da una sola misura che può essere effettuata con mulinelli idrometrici o con altri strumenti meno precisi (purchè siano in grado di garantire errori inferiori al 15 %), con relativa facilità ed in tempi brevi e a condizione che sia rappresentativa dell'area campionata Ac; si tratta di un dato utile in quanto mette in evidenza una particolare condizione fisica di un microambiente estremo della stazione;
- per quanto attiene la velocità minima (purchè **v-min > 5 cm/s**) si possono esprimere più o meno le stesse considerazioni di cui al punto precedente;
- nei casi in cui, nell'area campionata (Ac), siano presenti ambienti con **v-min ≤ 5 cm/s**, è utile fornire una stima della loro superficie (s) espressa in percentuale rispetto all'area campionata.

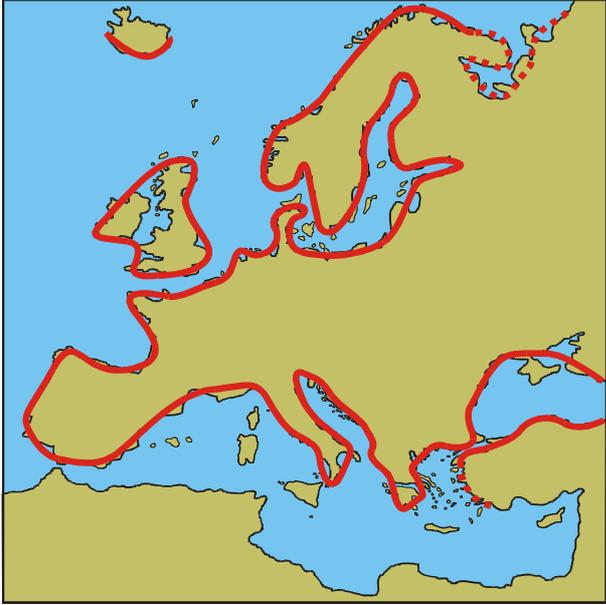
---

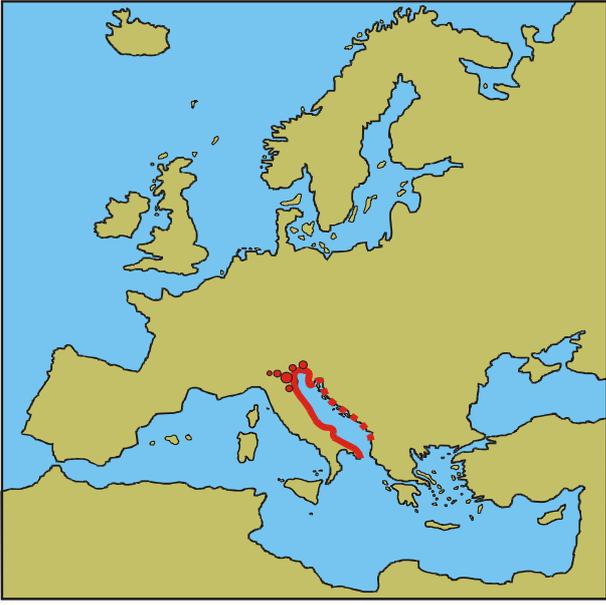
impegnato per attività di tipo prevalentemente idraulico. Assai utili sono i flussometri di varia natura, più economici e facili da utilizzare, soprattutto sotto il profilo dei tempi di misura; limitano gli errori a meno del 10 %, decisamente ammissibili sotto il profilo biologico. Non sono da escludere altri sistemi di misura, quali quelli che utilizzano zavorre sostenute da galleggianti, ma i margini di errore possono essere più consistenti; per tale ragione richiedono una particolare attenzione durante le procedure di misura ed anche l'effettuazione di più misure.

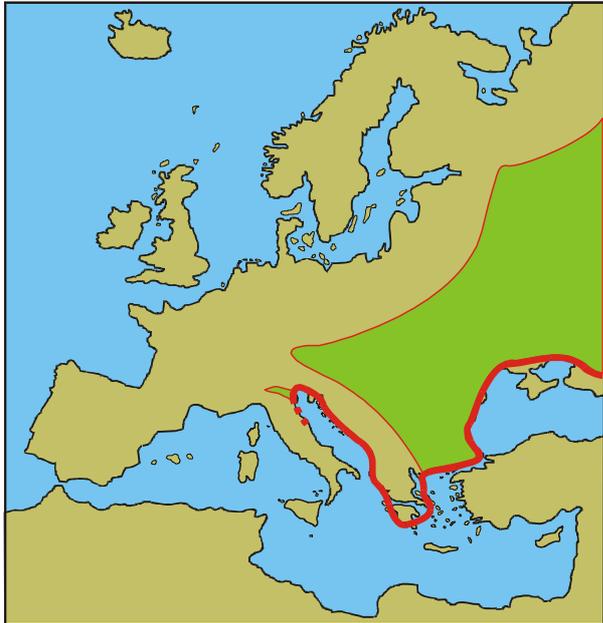
<sup>20</sup> In generale la velocità minima misurabile con i mulinelli idrometrici (gli strumenti più precisi ed affidabili) è intorno a 5 cm/s. Si tratta di un flusso idrico molto limitato, valore limite superiore della classe 0 ÷ 5 cm/s (*velocità molto lenta*; **fig. 7**). Inoltre le zone di corso d'acqua con velocità di corrente nulla o di pochi centimetri al secondo (comunque non superiore a 10 cm/s) costituiscono, grosso modo, un'unica tipologia ambientale, caratterizzata da sedimento fine nettamente prevalente (dall'argilla al silt, alla sabbia fine) ed ospitante organismi limnofili.

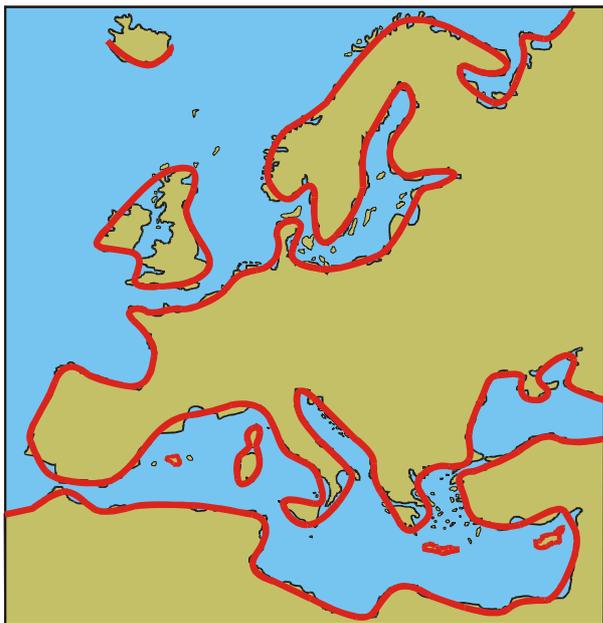
## APPENDICE DUE

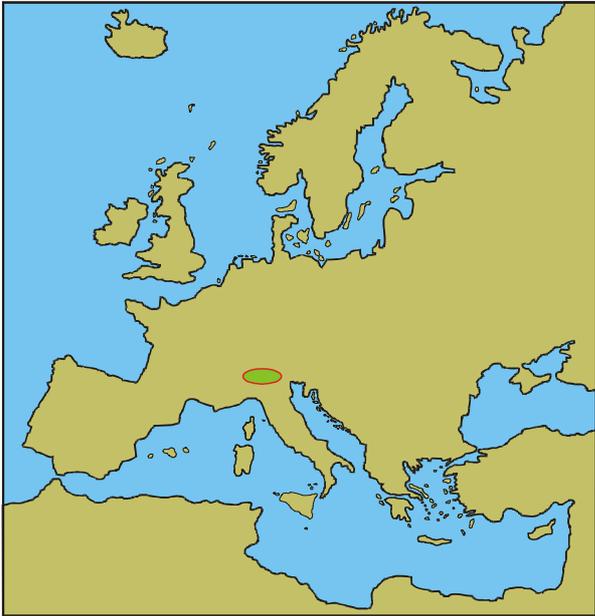
(elenco specie ittiche autoctone del bacino del Po e loro valore intrinseco)

STORIONE COMUNE		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 1 \cdot 3 = 3$
Ordine	<i>Acipenseriformes</i>	<p style="text-align: center;"><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 1)</b></p> <p>La linea rossa indica le coste ove sono presenti i fiumi oggetto di risalita. Coste europee, da Capo Nord fino al Mar Nero, attraverso il Mediterraneo, escluse le coste dalla Tunisia all'Egitto e di quelle dal Sinai alla Turchia meridionale. Nell'Atlantico settentrionale ed anche sulle coste americane. Nel Mar Baltico, nei laghi Onega e Ladogna (Russia Nord occidentale) e forse, in passato, anche lungo le coste siberiane occidentali. È presente nel Po ed ancora oggi risale "forse" fino alla confluenza con l'Agogna; un tempo era comune nel Po torinese. È poco diffuso nei tratti terminali dei più grandi fiumi tributari del medio ed alto Adriatico.</p>
Famiglia	<i>Acipenseridae</i>	
Genere	<i>Acipenser</i>	
Specie	<i>sturio</i>	
Sottospecie	-	
		<p style="text-align: center;"><b>STATO nel bacino del PO (SP = 3)</b></p> <p>Alterazioni ambientali di ogni tipo hanno notevolmente ridotto le popolazioni in tutta Europa, soprattutto le interruzioni della continuità longitudinale dei corsi d'acqua, realizzati per fini idroelettrici, irrigui o per la regolazione dei livelli batimetrici per garantire la navigabilità lungo i fiumi; essi impediscono la risalita di questi pesci limitandone drasticamente la diffusione. Anche la pesca eccessiva, soprattutto nei decenni passati, ha contribuito pesantemente alla rarefazione della specie. Lo storione è ancora presente nel medio e basso corso del Po, ma sembra in ulteriore rarefazione.</p>

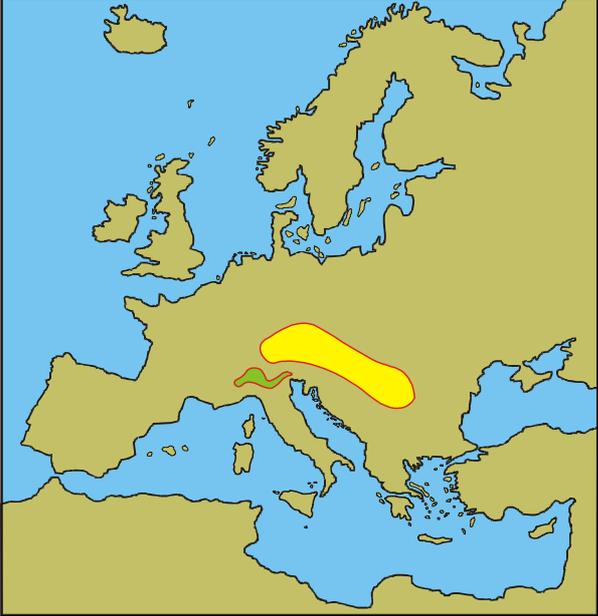
STORIONE COBICE		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 3 \cdot 3 = 9$
Ordine	<i>Acipenseriformes</i>	<p style="text-align: center;"><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 3)</b></p> <p>La linea rossa indica le coste ove sono presenti i fiumi oggetto di risalita di tale specie. È presente esclusivamente nel Mare Adriatico e risale i fiumi dell'Italia settentrionale (dal golfo di Trieste all'isola di Corfù), in particolare Po (ed i tratti terminali di alcuni affluenti), Adige (fino a Legnago), Tagliamento, Brenta (fino a Piove di Sacco), Piave (fino a Donà) e Livenza. È presente nei tratti terminali de fiumi Tronto, Vomano, Pescara, Sangro e Biferno e nelle foci del Fortore, Candelaro e Ofanto. È un endemismo ristretto.</p>
Famiglia	<i>Acipenseridae</i>	
Genere	<i>Acipenser</i>	
Specie	<i>naccarii</i>	
Sottospecie	-	
		<p style="text-align: center;"><b>STATO nel bacino del PO (SP = 3)</b></p> <p>Alterazioni degli ecosistemi acquatici varie e diffuse hanno ridotto in modo rilevante le popolazioni. Come per lo storione comune, i fattori di maggiore impatto sono le interruzioni della continuità longitudinale dei fiumi realizzati per fini idroelettrici, irrigui o per la regolazione dei livelli batimetrici per garantire la navigabilità; essi impediscono la risalita di questi pesci limitandone drasticamente la diffusione, soprattutto nei principali tributari dell'alto Adriatico. Per i fiumi minori l'impatto principale è l'incremento del carico organico e la riduzione delle portate dovuta alle captazioni idriche. La situazione è aggravata dal limitato areale di distribuzione.</p>

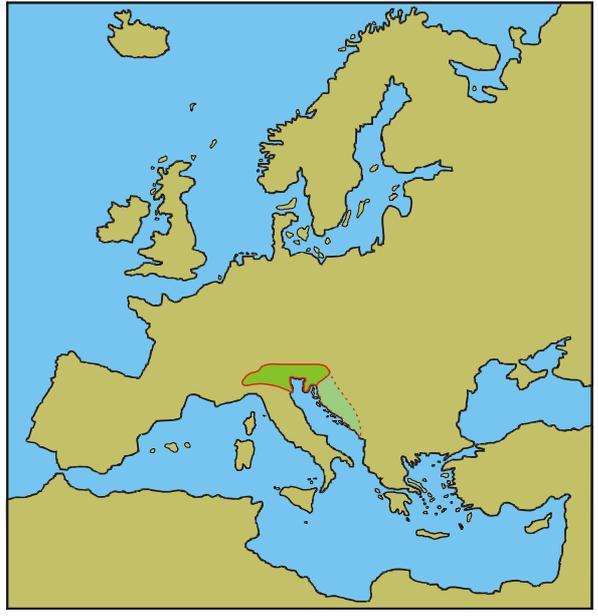
STORIONE LADANO		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 2 \cdot 3 = 6$
Ordine	<i>Acipenseriformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 2)</b>            La linea rossa indica le coste (Mar nero e d'Azov, Mar Caspio, Mare Adriatico) lungo le quali sono presenti i corsi d'acqua oggetto di risalita di tale specie. Le aree verdi indicano i territori dell'Europa orientale nei quali i principali corsi d'acqua ospitano lo storione ladano. Risale i fiumi con ampio delta: Volga, Ural e Terek (nel Mar Caspio), Danubio, Dnepr, Dnestr, Desna e Bug (nel Mar Nero) ed il Po. La risalita più importante avviene nel Danubio. Segnalato anche lungo le coste greche e turche. Tra i fiumi con foce nell'Adriatico oggi sembra presente (rarissimo) nel solo Po, ma un tempo era più diffuso, seppure mai abbondante.</p>
Famiglia	<i>Acipenseridae</i>	
Genere	<i>Huso</i>	
Specie	<i>huso</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 3)</b>            La popolazione di questo storione, poco frequente anche in passato, ha subito una forte riduzione nelle nostre acque. Questa rarefazione è dovuta alle diverse forme di alterazioni ambientali già descritte per gli altri storioni (<i>Acipenser sturio</i> e <i>naccarii</i>) ed in particolare alla presenza di frequenti interruzioni della continuità biologica dei fiumi. Si tratta ormai di una specie molto rara nell'Adriatico, forse prossima all'estinzione.</p>

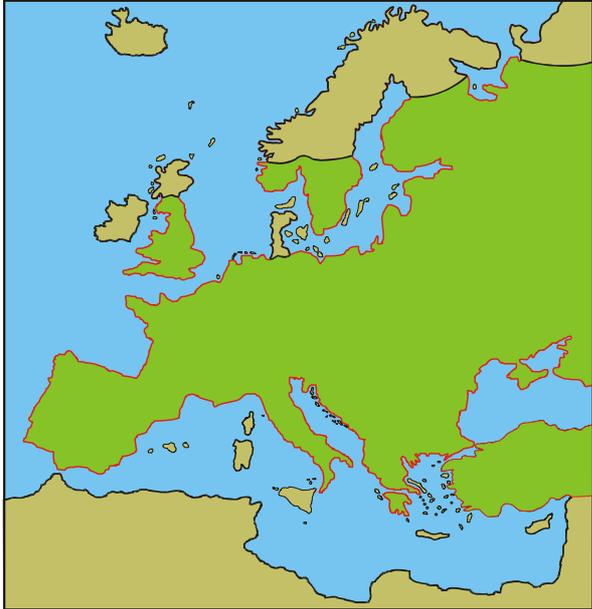
ANGUILLA		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 1 \cdot 2 = 2$
Ordine	<i>Anguilliformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 1)</b>            La linea rossa indica la presenza dell'anguilla lungo le acque costiere di tutta l'Europa e dell'Africa che si affaccia sul Mediterraneo. Nel dettaglio sono comprese le coste europee ed i corsi d'acqua con foce dal Mar Bianco, fino al Mare Mediterraneo ed al Mar Nero (manca nella regione del Volga), Mar Baltico, anche nelle isole Faer Öer e Islanda. Manca in Siberia, Groenlandia e America settentrionale. È anche presente sulle coste settentrionali e occidentali dell'Africa, Canarie e Azzorre. In Italia è praticamente presente in tutte le acque dolci fino ad altitudini anche superiori a 1.000 m s.l.m., nonchè in tutte le acque marine costiere.</p>
Famiglia	<i>Anguillidae</i>	
Genere	<i>Anguilla</i>	
Specie	<i>anguilla</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 2)</b>            L'areale di distribuzione dell'anguilla è molto vasto e comprende più di un continente; è ben rappresentata nel Mediterraneo ed è presente in quasi in tutte le acque dolci italiane. Nel bacino del Po si registra però una netta regressione della consistenza delle popolazioni, soprattutto nella porzione più occidentale, a causa del generale degrado degli ambienti acquatici; il suo stato desta pertanto alcune preoccupazioni.</p>

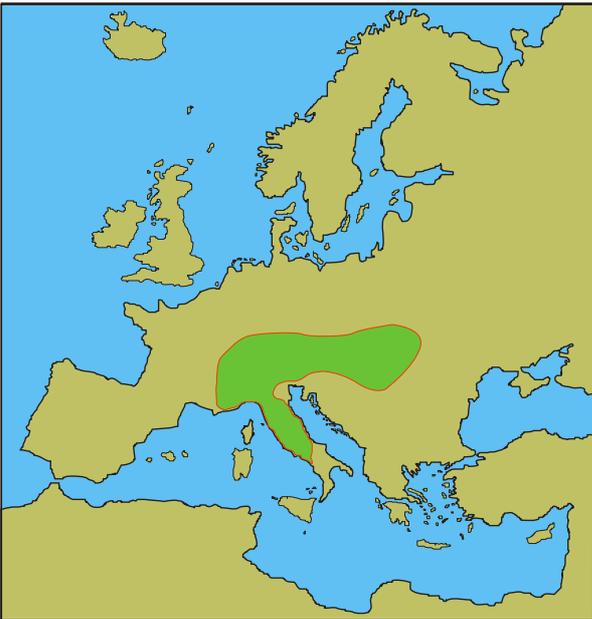
AGONE		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 3 \cdot 2 = 6$
Ordine	<i>Clupeiformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 3)</b>            È un endemismo ristretto, presente esclusivamente nei laghi marginali Sud Alpini ed in particolare nei Laghi Maggiore, Lugano, Como, Iseo e Garda. La specie è scomparsa dai laghi d'Orta, Cresio e Lario per alterazioni ambientali. È stata introdotta in alcuni laghi dell'Italia centrale.</p>
Famiglia	<i>Clupeidae</i>	
Genere	<i>Alosa</i>	
Specie	<i>fallax</i>	
Sottospecie	<i>lacustris</i>	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 2)</b>            L'agone è un pesce molto apprezzato e pertanto oggetto, soprattutto fino al recente passato, di una intensa pesca professionale. Scomparso da alcuni laghi per gravi alterazioni ambientali, le popolazioni residue si sono ridotte, influenzando negativamente la pesca professionale, come nel lago Maggiore; anche nel lago di Garda si registra una preoccupante calo del pescato.</p>

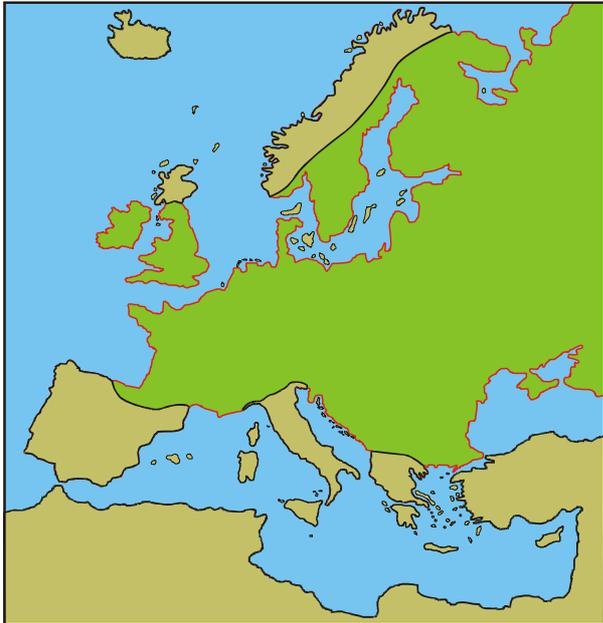
CHEPPIA/ALOSA		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 2 \cdot 2 = 4$
Ordine	<i>Clupeiformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 2)</b>            Specie caratteristica delle coste del Mare Mediterraneo centro orientale, del Mar d'Azov e del Mar Nero (evidenziate dalla linea rossa). Risale i principali fiumi, tra i quali il Rodano, l'Arno, il Tevere, il Volturno, il Po (ed i tratti terminali di alcuni suoi affluenti), l'Adige, l'Ofanto (Puglia), il Narenta (Croazia). È segnalata nel lago di Scutari (confine Montenegro e Albania). È presente, seppure con popolazioni limitate, nei tratti terminali di buona parte dei corsi d'acqua italiani.</p>
Famiglia	<i>Clupeidae</i>	
Genere	<i>Alosa</i>	
Specie	<i>fallax</i>	
Sottospecie	<i>nilotica</i>	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 2)</b>            È relativamente comune in molti fiumi italiani. Tuttavia le numerose interruzioni della continuità longitudinale hanno determinato una riduzione della consistenza delle popolazioni, un tempo decisamente più abbondanti. Oltre un secolo fa tale specie era molto comune nel Po fino a Casale Monferrato, mentre oggi le migrazioni si arrestano in corrispondenza dello sbarramento di Isola Serafini, a Piacenza. Anche la pesca sportiva e professionale hanno contribuito in modo significativo alla riduzione della presenza di questa specie.</p>

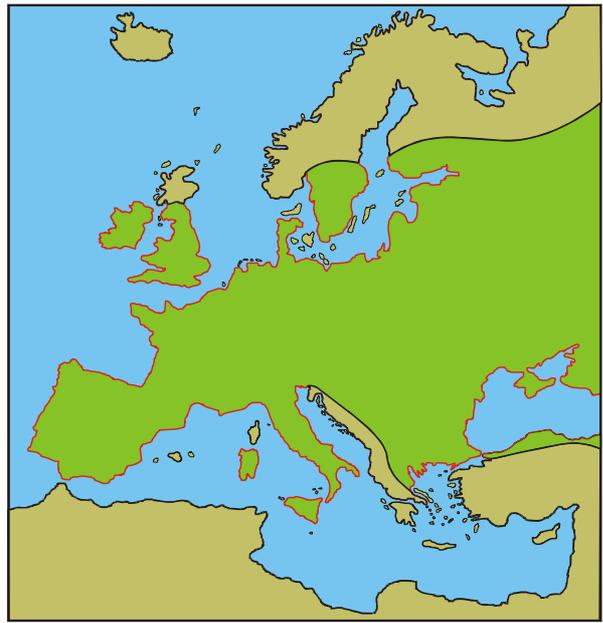
PIGO		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 3 \cdot 2 = 6$
Ordine	<i>Cypriniformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 3)</b> L'area di distribuzione è divisa in un distretto danubiano (Germania Sud - orientale, Austria settentrionale, Cecoslovacchia orientale, Ungheria settentrionale e Romania Nord - occidentale; area gialla) ed un distretto italiano (Po e suoi maggiori affluenti di sinistra, laghi Maggiore, Lugano e Como, Adige, Brenta, Sile, Piave, Bacchiglione, Livenza e risorgive friulane, dal livello del mare fino a 400 m s.l.m.; area verde). Molti Autori considerano la popolazione italiana come la forma nominale ed assegnano la popolazione orientale (in giallo) alla sottospecie <i>Rutilus pigus virgo</i>. La forma italiana è pertanto un endemismo ristretto.</p>
Famiglia	<i>Cyprinidae</i>	
Genere	<i>Rutilus</i>	
Specie	<i>pigus</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 2)</b> In tutto l'areale originario di distribuzione, risulta, negli ultimi decenni, una riduzione della consistenza delle popolazioni. La causa principale sembra sia dovuta all'incremento delle opere di interruzione della continuità longitudinale. Gli interventi di sistemazione idraulica inoltre comportano una modificazione della natura granulometrica dei fondali adatti alla riproduzione di questa specie. La specie, data la forte contrazione delle popolazioni italiane, è attualmente a medio rischio di estinzione.</p>

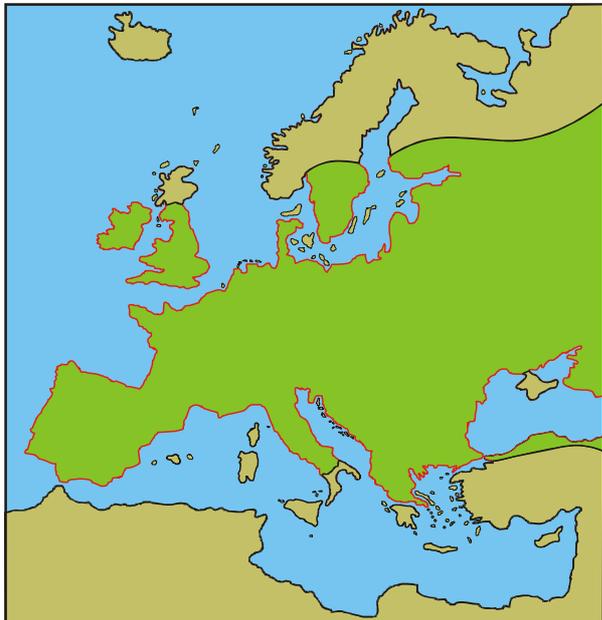
TRIOTTO		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 3 \cdot 1 = 3$
Ordine	<i>Cypriniformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 3)</b> Italia settentrionale (Po e tributari dell'alto Adriatico), Slovenia, Istria e forse anche Croazia ed Dalmazia. Specie ben ambientata in acque poco fredde, è presente negli ambienti acquatici prossimi al livello del mare e nelle acque più interne, ma costituisce popolazioni, seppure non sempre abbondanti e spesso occasionali, alle quote superiori, eccezionalmente in montagna (es. oltre 1.900 m s.l.m. nel lago Garzonè in Trentino). La presenza di tale specie in Italia centrale è dovuta ad immissioni. È un endemismo ristretto.</p>
Famiglia	<i>Cyprinidae</i>	
Genere	<i>Rutilus</i>	
Specie	<i>erythrophthalmus</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 1)</b> L'areale originario non è molto vasto, ma l'adattabilità all'ambiente è buona; pertanto non si ritengono necessarie particolari misure di tutela. L'area di distribuzione è stata estesa a causa di imprudenti immissioni, soprattutto in Italia centrale dove, in alcuni casi, la sua presenza si è rivelata dannosa per altre specie.</p>

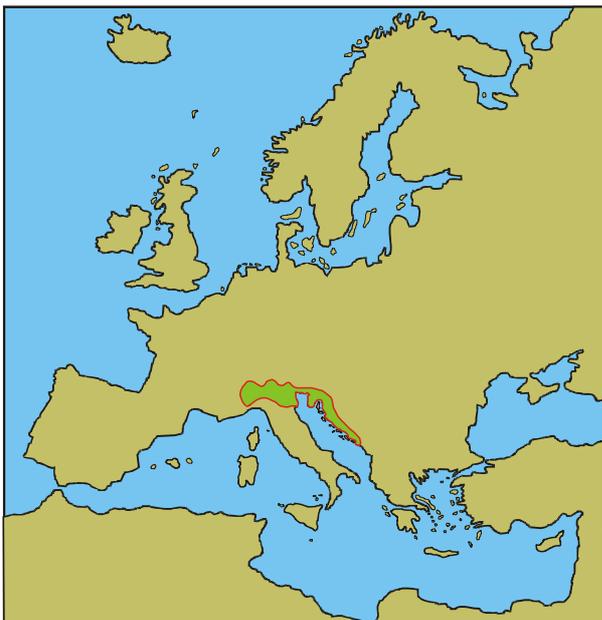
CAVEDANO		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 1 \cdot 1 = 1$
Ordine	<i>Cypriniformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 1)</b>  Presente in quasi tutta l'Europa ed in Asia occidentale. Manca in Islanda, Irlanda, Scozia, Inghilterra orientale, penisola scandinava centro settentrionale, Danimarca, Baleari, Corsica, Sardegna, Sicilia e Creta.</p>
Famiglia	<i>Cyprinidae</i>	
Genere	<i>Leuciscus</i>	
Specie	<i>cephalus</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 1)</b>  È una specie caratterizzata da grande adattabilità, piuttosto resistente al degrado degli ambienti acquatici. Il suo areale originario di distribuzione non è sostanzialmente variato; si segnala viceversa un suo ampliamento, attraverso pratiche ittogeniche e per espansione naturale verso i tratti montani, in ambienti delle basse zone a salmonidi, dove un tempo era assente od occasionale; tale situazione è conseguenza delle derivazioni idriche e delle conseguenti riduzioni delle portate, che hanno prodotto modificazioni delle condizioni ambientali, con riduzione delle velocità ed innalzamento delle temperature, favorendo processi di eutrofizzazione, tollerati da specie come il cavedano e mal graditi da specie più sensibili.</p>

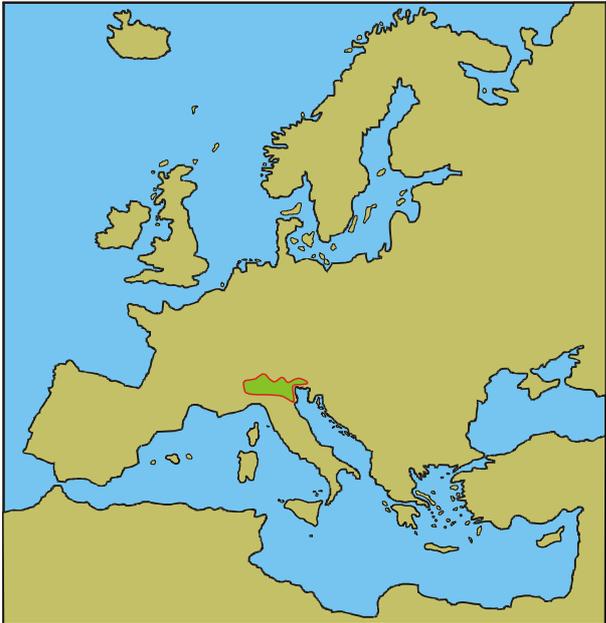
VAIRONE		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 2 \cdot 2 = 4$
Ordine	<i>Cypriniformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 2)</b>  È una specie a diffusione centro europea nei territori circum alpini e carpatici, talora frammentata. In Italia è indigena della parte settentrionale con popolazioni più consistenti nella porzione occidentale del bacino del Po. Nella parte meridionale della penisola è diffusa fino al Sele (Campania) lungo la costa tirrenica ed al Biferno (Molise) lungo quella adriatica. La consistenza delle popolazioni diminuisce verso oriente e verso il meridione. La presenza di tale specie a Sud del bacino del Po sembra condizionata da immissioni</p>
Famiglia	<i>Cyprinidae</i>	
Genere	<i>Leuciscus</i>	
Specie	<i>souffia</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 2)</b>  È una specie relativamente sensibile al degrado della qualità delle acque; pertanto si registra una certa riduzione del suo areale di distribuzione ed una diminuzione della consistenza delle popolazioni. Sono ancora numerosi gli ambienti caratterizzati da presenze abbondanti, seppure in regresso. In sintesi si tratta di una specie che non desta ancora particolari preoccupazioni per il suo stato; tuttavia, in relazione al confronto con la situazione pregressa, può essere considerata vulnerabile.</p>

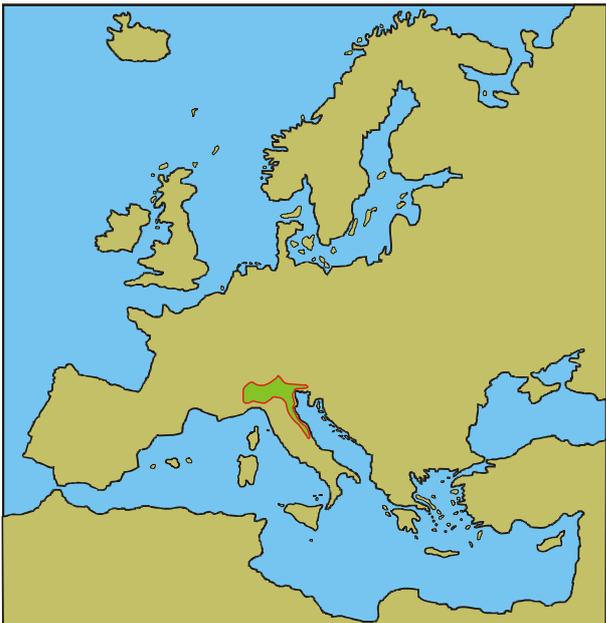
SANGUINEROLA		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 1 \cdot 2 = 2$
Ordine	<i>Cypriniformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD =1)</b>  Presente in quasi tutta l'Europa ed in Asia occidentale. Manca in Islanda, Scozia, penisola scandinava Nord - occidentale, gran parte della Spagna, Grecia e Turchia. In Italia è presente in buona parte del bacino del Po e nel triveneto. È comune nelle zone di transizione tra le acque a salmonidi e ciprinidi, ma si può spingere più in alto, fino a formare popolazioni stabili in laghi di alta montagna. In pianura è presente in fontanili e risorgive. Occasionale nei corsi d'acqua di pianura.</p>
Famiglia	<i>Cyprinidae</i>	
Genere	<i>Phoxinus</i>	
Specie	<i>phoxinus</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 2)</b>  È una specie che ha subito una forte contrazione del suo originario areale di distribuzione ed una consistente riduzione della consistenza delle popolazioni. Le cause sembrano dovute al generale degrado delle acque, ma anche alla notevole predazione dovuta alle massicce immissioni di salmonidi. Non si può ancora parlare di criticità vera e propria, soprattutto per la notevole estensione dell'areale di distribuzione, ma si può ritenere tale specie vulnerabile.</p>

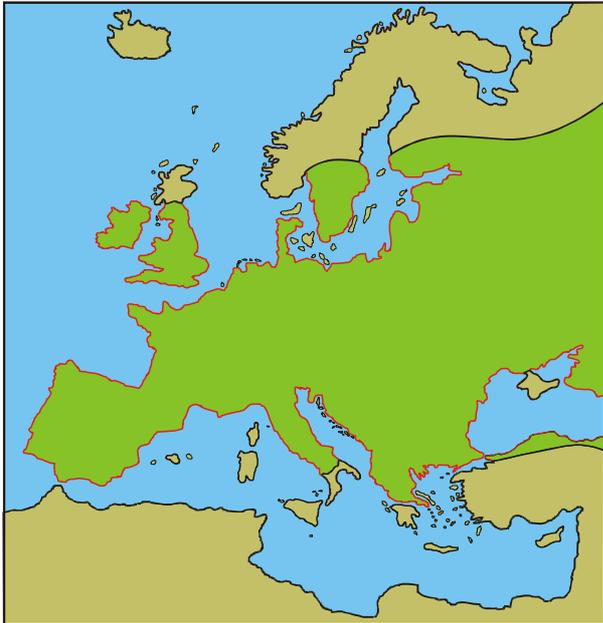
TINCA		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 1 \cdot 1 = 1$
Ordine	<i>Cypriniformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD =1)</b>  Presente in quasi tutta l'Europa ed in Asia Sud - occidentale. Manca in Islanda, Scozia, gran parte della penisola scandinava, Croazia, Dalmazia, Albania e Grecia orientale. In Italia è presente ovunque e, con popolazioni meno abbondanti, anche nelle isole maggiori. Può essere considerata alloctona nelle estreme regioni meridionali, in Liguria ed in Valle d'Aosta; difficile formulare ipotesi circa l'origine della presenza in Sicilia ed in Sardegna. È tipica specie limnofila, ma si adatta anche in laghi di media quota.</p>
Famiglia	<i>Cyprinidae</i>	
Genere	<i>Tinca</i>	
Specie	<i>Tinca</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 1)</b>  Si tratta di una specie che non necessita di particolari precauzioni per la tutela per diversi motivi: ampio areale di distribuzione, facilità di allevamento e continue immissioni per la pesca sportiva.</p>

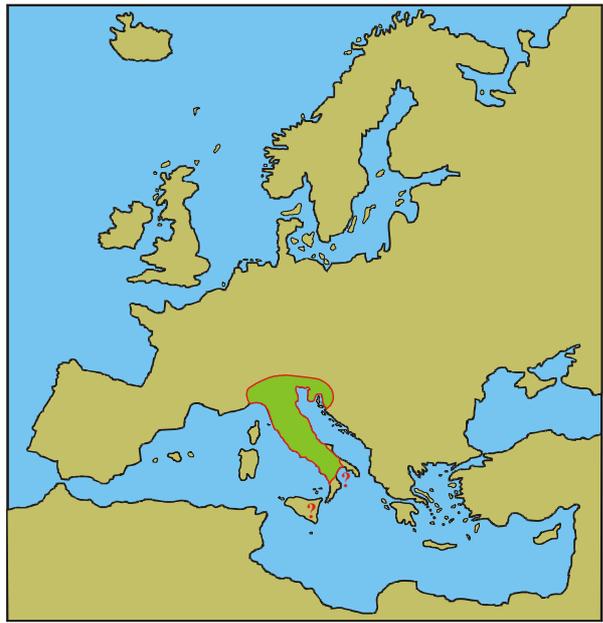
SCARDOLA		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 1 \cdot 1 = 1$
Ordine	<i>Cypriniformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD =1)</b>  Presente in quasi tutta l'Europa ed in Asia Sud - occidentale. Manca in Islanda, Scozia, gran parte della penisola scandinava, Grecia meridionale e Crimea. In Italia è presente ovunque, ad esclusione delle isole maggiori e nell'estremo meridione (incerta in Liguria). Alcuni Autori individuano una sottospecie (<i>Scardinius e. scardata</i>) nei laghi dell'Italia centrale. È tipica specie limnofila di pianura, ma si adatta anche in laghi e stagni di media/alta quota.</p>
Famiglia	<i>Cyprinidae</i>	
Genere	<i>Scardinius</i>	
Specie	<i>erythrophthalmus</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 1)</b>  La scardola è un pesce caratterizzato da buona resistenza e rusticità e si adatta anche in acque relativamente povere di ossigeno; in molte situazioni le popolazioni di questa specie hanno tratto giovamento dai fenomeni di eutrofizzazione. Si tratta di una delle poche specie italiane che non è a rischio.</p>

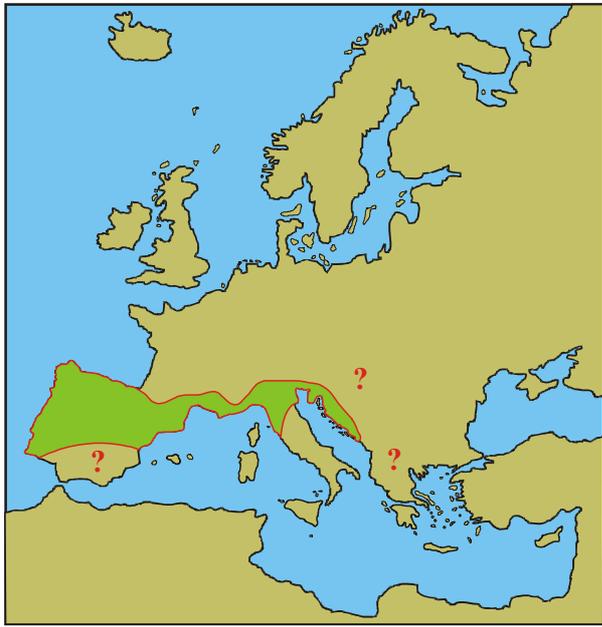
ALBORELLA		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 3 \cdot 1 = 3$
Ordine	<i>Cypriniformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD =3)</b>  Le popolazioni italiane costituiscono una sottospecie del gruppo <i>Alburnus</i> ampiamente diffuso in Europa. È presente nell'Italia settentrionale, Liguria esclusa, ed in Dalmazia dove, in alcuni ambienti, costituisce la specie dominante. È alloctona in alcuni bacini dell'Italia settentrionali ed in Sardegna. È un endemismo ristretto.</p>
Famiglia	<i>Cyprinidae</i>	
Genere	<i>Alburnus</i>	
Specie	<i>alburnus</i>	
Sottospecie	<i>alborella</i>	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 1)</b>  Data la consistenza delle popolazioni e la buona adattabilità, l'alborella è tra le specie che hanno meno risentito del degrado degli ecosistemi acquatici. In alcuni ambienti è stato registrato un certo regresso, ma in altri è segnalato un incremento rispetto ad altri ciprinidi con i quali è spesso associata.</p>

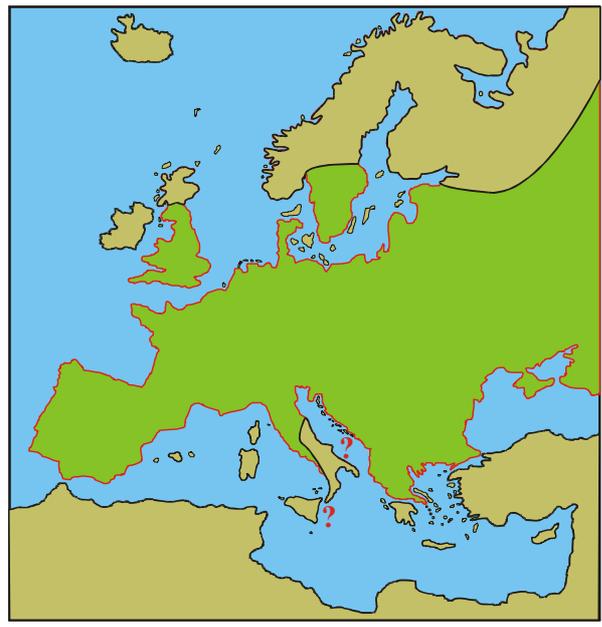
SAVETTA		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 3 \cdot 2 = 6$
Ordine	<i>Cypriniformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 3)</b>            È un endemismo ristretto, limitato al bacino del Po e al Triveneto. Non tutti gli ambienti dell'areale di distribuzione sono popolati da tale specie, in quanto essa predilige i tratti medi - inferiori dei maggiori fiumi. Sporadica o assente nei corsi d'acqua minori. Con popolazioni meno consistenti è presente anche nei grandi laghi marginali.</p>
Famiglia	<i>Cyprinidae</i>	
Genere	<i>Chondrostoma</i>	
Specie	<i>soetta</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 2)</b>            È una delle specie che ha maggiormente subito le conseguenze delle alterazioni ambientali. Soprattutto le interruzioni della continuità longitudinale dei fiumi hanno limitato le migrazioni legate alla riproduzione. Ciò ha comportato una significativa riduzione della consistenza delle popolazioni. Si tratta di una specie a rischio, per la quale sono necessarie misure di protezione.</p>

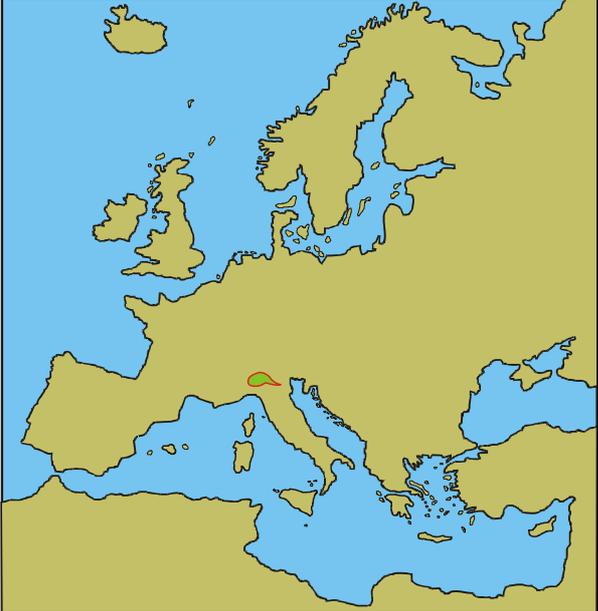
LASCA		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 3 \cdot 2 = 6$
Ordine	<i>Cypriniformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 3)</b>            È un endemismo ristretto, limitato al bacino del Po, Triveneto e tributari del medio Adriatico. Soprattutto nei tratti medi e medi - superiori di tutti o quasi i corsi d'acqua, sia quelli principali, sia gli affluenti, anche quelli minori. Sono presenti popolazioni, di minore consistenza, anche in alcuni laghi. Talora si spinge nei tratti montani inferiori, fino a circa 500 m di altitudine.</p>
Famiglia	<i>Cyprinidae</i>	
Genere	<i>Chondrostoma</i>	
Specie	<i>genei</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 2)</b>            La lasca costituisce popolazioni abbondanti nei pochi corsi d'acqua che hanno conservato una buona naturalità. È molto sensibile alle alterazioni degli ambienti acquatici. Le interruzioni della continuità longitudinale hanno contribuito a determinare una marcata contrazione dell'areale di distribuzione originario. In alcuni ambienti è ancora abbondante, ma sono numerosi i tratti fluviali nei quali tale specie è scomparsa o forma popolazioni molto ridotte. Si tratta di una specie a rischio, per la quale sono necessarie misure di protezione.</p>

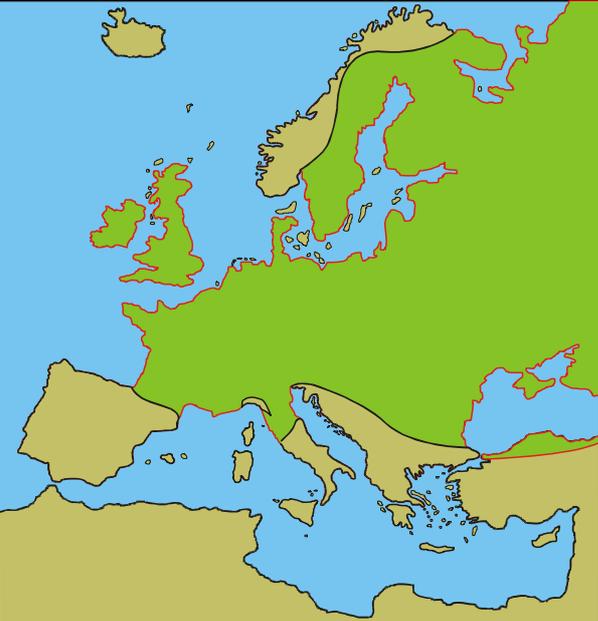
<b>GOBIONE</b>		<b>Valore intrinseco V = AD · SP = 1 · 1 = 1</b>
Ordine	<i>Cypriniformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 1)</b>  Ampia distribuzione in Europa e verso Est in gran parte dell'Asia. Sono escluse le aree più settentrionali, quali buona parte della penisola scandinava, Islanda e Scozia. Verso Sud è assente in Spagna ed in Grecia. In Italia è una specie limitata alle regioni settentrionali (bacino del Po e triveneto), dove risulta presente, talora con popolazioni numerose, in corsi d'acqua di pianura; si spinge in quota, ma difficilmente oltre i 500 m.</p>
Famiglia	<i>Cyprinidae</i>	
Genere	<b><i>Gobio</i></b>	
Specie	<b><i>gobio</i></b>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 1)</b>  Secondo alcuni Autori il gobione, trattandosi di un piccolo pesce bentonico, sarebbe particolarmente sensibile alle alterazioni ambientali: Alla luce dei dati sulla sua attuale distribuzione, questa valutazione sembra eccessiva; infatti, a fronte di un relativo regresso delle popolazioni registrato fino ad un decennio fa, oggi sembra in ripresa ed è ritornato ad essere frequente anche in molti corsi d'acqua dove era scomparso o sporadico. Questa specie non si ritiene, allo stato attuale, a rischio.</p>

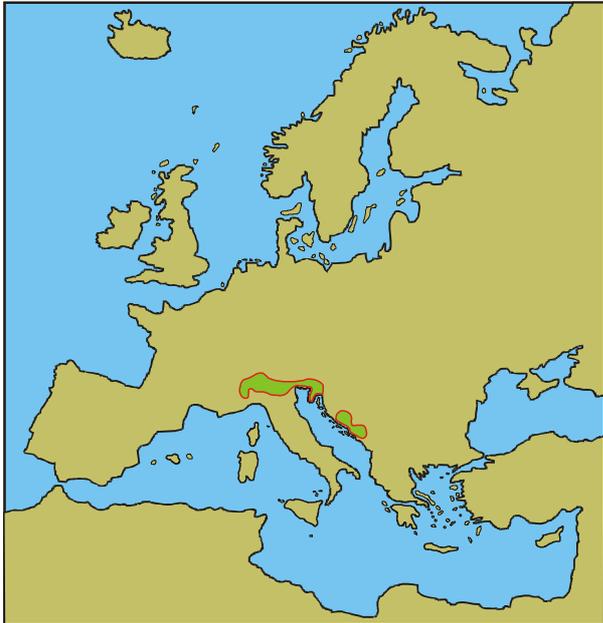
<b>BARBO</b>		<b>Valore intrinseco V = AD · SP = 2 · 1 = 2</b>
Ordine	<i>Cypriniformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 2)</b>  Ampiamente distribuito in quasi tutta la penisola italiana, ad esclusione della Sardegna. La sua presenza è dubbia in Sicilia, Puglia e Sud Calabria. L'areale originario comprende anche la Dalmazia. Presente in tutti i corsi d'acqua fino ad 800 m di altitudine. Si tratta di endemismo relativamente ristretto.</p>
Famiglia	<i>Cyprinidae</i>	
Genere	<b><i>Barbus</i></b>	
Specie	<b><i>plebejus</i></b>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 1)</b>  Si tratta di una specie caratterizzata da una discreta valenza ecologica; come altre specie, soffre di alterazioni ambientali quali captazioni idriche e, soprattutto, interventi di sistemazione idraulica e opere di interruzione della continuità biologica longitudinale. Pur risultando in regresso un po' ovunque, può ritenersi ancora relativamente abbondante. Si tratta quindi di una specie non ancora a rischio.</p>

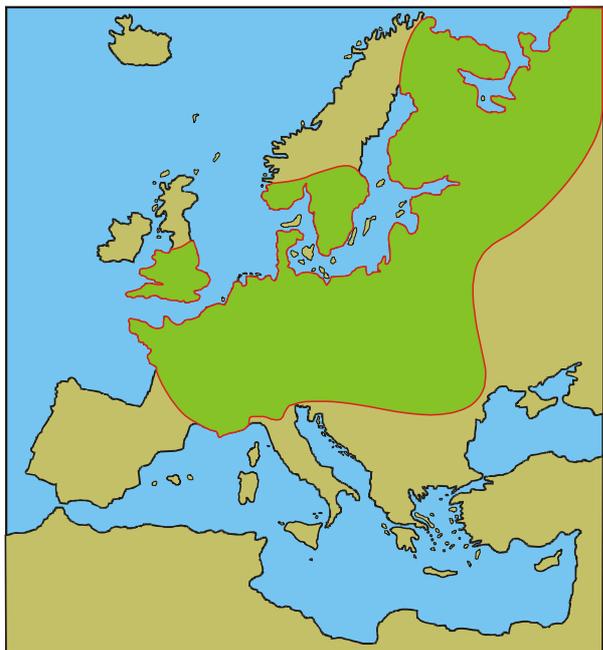
BARBO CANINO		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 2 \cdot 2 = 4$
Ordine	<i>Cypriniformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 2)</b>  Presente nella Spagna centrale e meridionale, Portogallo, Sud della Francia, regioni settentrionali e versante tirrenico centrale dell'Italia, Istria, Dalmazia e Albania. Secondo alcuni Autori sembra presente anche nella porzione meridionale della penisola iberica e nei Balcani</p>
Famiglia	<i>Cyprinidae</i>	
Genere	<i>Barbus</i>	
Specie	<i>meridionalis</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 2)</b>  È un piccolo pesce bentonico che predilige i fondali ghiaiosi dei corsi d'acqua a monte delle zone occupate dal barbo comune, con cui convive frequentemente nelle porzioni superiori delle zone ittiche a ciprinidi reofili. È presente in piccoli corsi d'acqua, anche fino ad 800 m s.l.m. ed oltre. Viene ritenuta una specie piuttosto sensibile alle alterazioni ambientali e risulta in significativo regresso, tanto da risultare a rischio moderato.</p>

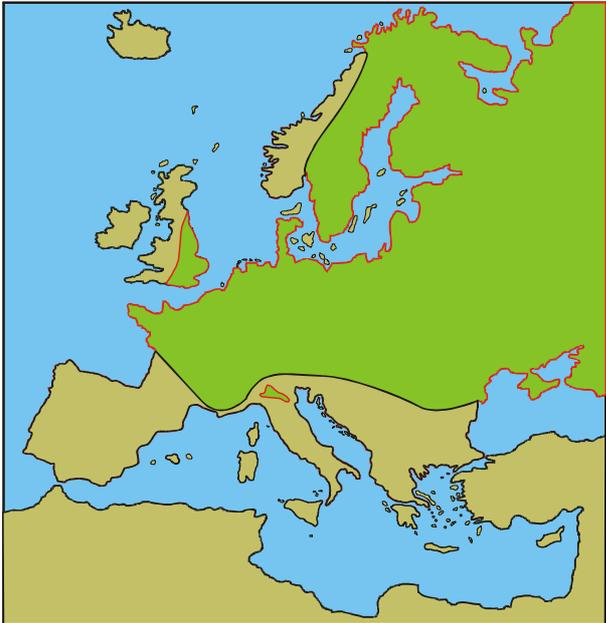
COBITE		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 1 \cdot 2 = 2$
Ordine	<i>Cypriniformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 1)</b>  Ampia distribuzione in Europa e verso Est in gran parte dell'Asia. Sono escluse la penisola scandinava (ad eccezione della porzione meridionale), Islanda, Irlanda, Scozia e le maggiori isole del Mediterraneo. Alcuni Autori proponevano, in passato, tre sottospecie in Italia (<i>C. taenia puta</i>, <i>bilineata</i> e <i>zanandreae</i>); questa suddivisione attualmente non è più riconosciuta. È assai dubbia la presenza in Italia centrale e meridionale ed in Sicilia.</p>
Famiglia	<i>Cobitidae</i>	
Genere	<i>Cobitis</i>	
Specie	<i>taenia</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 2)</b>  È un piccolo pesce bentonico caratterizzato da limitata vagilità, che sembrerebbe apparentemente risentire in misura notevole delle alterazioni ambientali, soprattutto di quelle a carico dei substrati. Risulta invece relativamente adattabile; di conseguenza, pur registrandosi un ridimensionamento delle popolazioni, un tempo molto abbondanti in alcuni ambienti, non è una specie ad alto rischio (rischio moderato).</p>

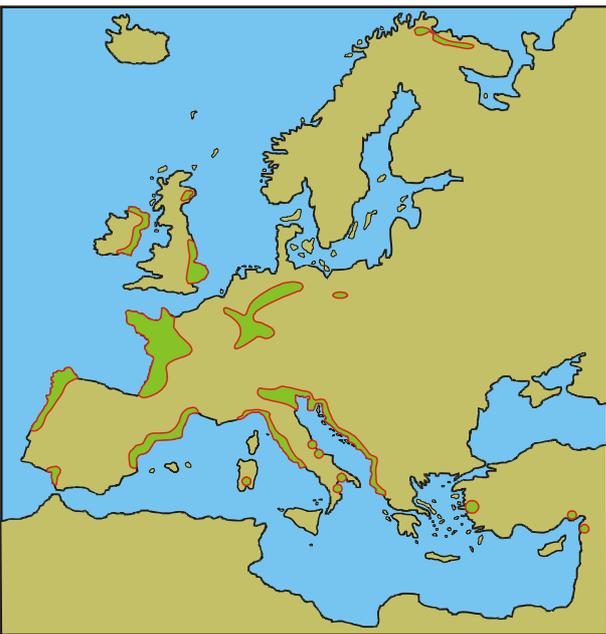
COBITE MASCHERATO		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 3 \cdot 3 = 9$
Ordine	<i>Cypriniformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 3)</b> Presente esclusivamente nel bacino del Po, nei corsi d'acqua di pianura. Si tratta di un endemismo molto ristretto; è una delle specie più rare e localizzata delle acque interne italiane.</p>
Famiglia	<i>Cobitidae</i>	
Genere	<i>Sabanejewia</i>	
Specie	<i>larvata</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 2)</b> È un piccolo pesce bentonico caratterizzato da limitata vagilità e sembra meno adattabile alle alterazioni ambientali rispetto all'altro cobite italiano, <i>Cobitis taenia</i>. Si segnala una significativa riduzione delle popolazioni, già in origine non particolarmente abbondanti. Data la ristrettezza dell'areale di distribuzione, si può ritenere tale specie a forte rischio.</p>

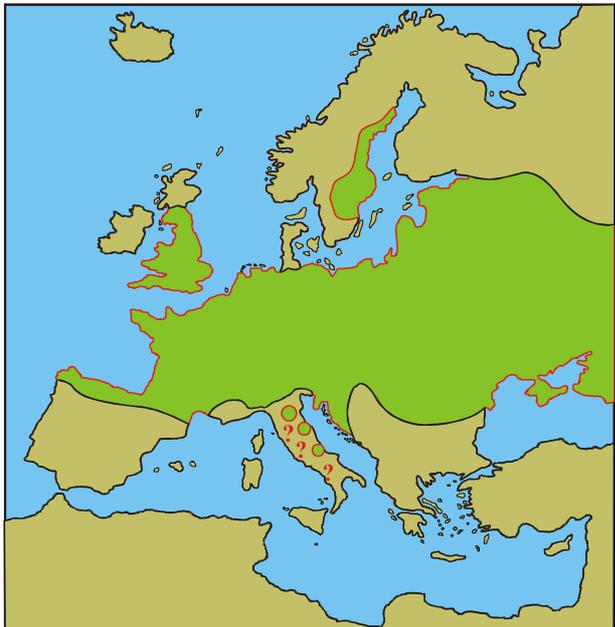
LUCCIO		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 1 \cdot 2 = 2$
Ordine	<i>Salmoniformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 1)</b> Ampia distribuzione in Europa e verso Est in gran parte dell'Asia. Sono escluse la penisola scandinava Nord-occidentale, l'Islanda, la penisola balcanica, la penisola iberica, l'Italia meridionale e le isole del Mediterraneo. Recentemente è stato introdotto in Spagna e segnalato in Portogallo. Presente anche in buona parte dell'America settentrionale.</p>
Famiglia	<i>Esocidae</i>	
Genere	<i>Esox</i>	
Specie	<i>lucius</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 2)</b> È un pesce che può raggiungere buone dimensioni ed è un predatore ai vertici della catena alimentare; pertanto non costituisce, in genere, popolazioni particolarmente abbondanti come numero di individui. Inoltre, per la riproduzione, necessita di ambienti particolari, caratterizzati da un buon livello qualitativo delle acque e da una buona naturalità (acque poco profonde, ben ossigenate e ricche di vegetazione acquatica). Per tali ragioni si riconosce, un po' ovunque, una significativa riduzione della consistenza delle popolazioni, anche se non si può ancora parlare di rischio grave.</p>

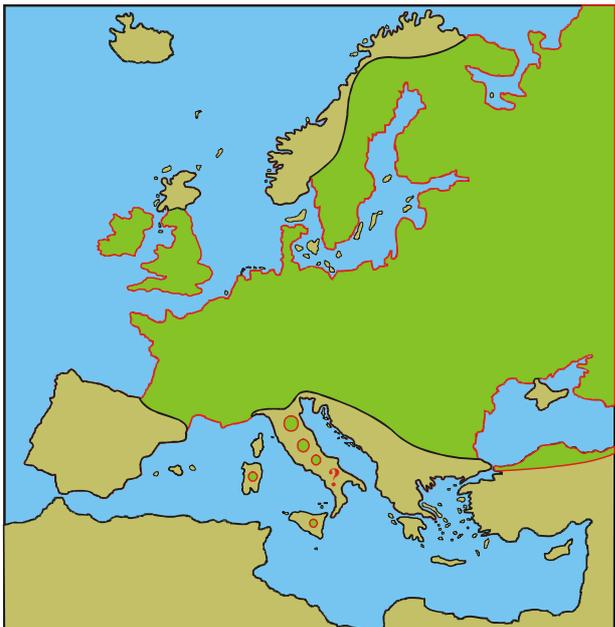
TROTA MARMORATA		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 3 \cdot 2 = 6$
Ordine	<i>Salmoniformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 3)</b> Italia settentrionale (asta fluviale del Po, tributari di sinistra e tributari di destra a occidente del Tanaro, nel quale è presente nel medio e alto corso), Istria, Narenta, Bacino dello Scutari. È un endemismo ristretto. Presente nelle acque di pianura e montane fino ad altitudini prossime, od addirittura superiori, a 1.500 m s.l.m.</p>
Famiglia	<i>Salmonidae</i>	
Genere	<i>Salmo</i>	
Specie	<i>trutta</i>	
Sottospecie	<i>marmoratus</i>	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 2)</b> La trota marmorata era un tempo il salmonide caratteristico dei corsi d'acqua principali che sfociano nell'alto Adriatico. Attualmente la consistenza delle popolazioni è significativamente regredita più o meno ovunque; in diverse località tale specie è scomparsa. Non è tuttavia a rischio di estinzione, anche per la possibilità di allevamento con pratiche estensive che permettono ripopolamenti atti a ricostituire, con efficacia piuttosto buona, le popolazioni di questo salmonide endemico del bacino del Po.</p>

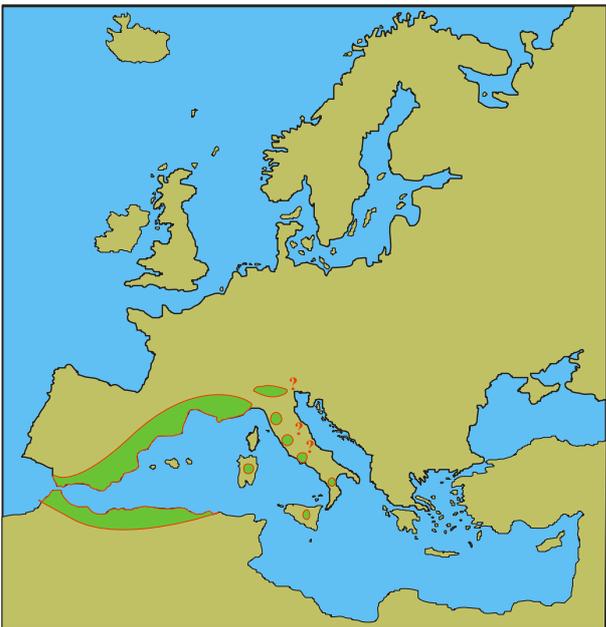
TEMOLO		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 1 \cdot 3 = 3$
Ordine	<i>Salmoniformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 1)</b> Gran parte dell'Europa, dal Galles occidentale e Francia, fino al Mar Bianco. Presente anche nella regione del Danubio, Volga e Dnester. Manca in buona parte della penisola scandinava, Islanda, Irlanda, Scozia, Inghilterra settentrionale, penisola iberica ed in quella balcanica. In Italia è presente nel bacino del Po, seppure più diffuso nel versante sinistro. È stato introdotto, generalmente con scarso successo, in altri bacini della penisola. Alcuni Autori riconoscono la presenza di popolazioni mediterranee geneticamente distinte dal cosiddetto ceppo danubiano; ciò potrebbe comportare una revisione sistematica con conseguente attribuzione delle popolazioni italiane ad un eventuale sottospecie e quindi un punteggio AD più elevato.</p>
Famiglia	<i>Salmonidae</i>	
Genere	<i>Thymallus</i>	
Specie	<i>thymallus</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 3)</b> All'inizio del secolo scorso il temolo era molto diffuso in Italia settentrionale, con popolazioni anche molto abbondanti ed ancora 50 anni fa era frequente in numerosi fiumi. Negli ultimi decenni le popolazioni si sono notevolmente ridotte, fino alla scomparsa in molti fiumi. È una specie piuttosto sensibile alle alterazioni ambientali; probabilmente la causa di impatto più pesante è rappresentata dalle captazioni idriche che hanno notevolmente ridotto le portate naturali dei fiumi, in particolare di quelli dell'alta pianura. Si tratta di una specie a rischio nel bacino del Po.</p>

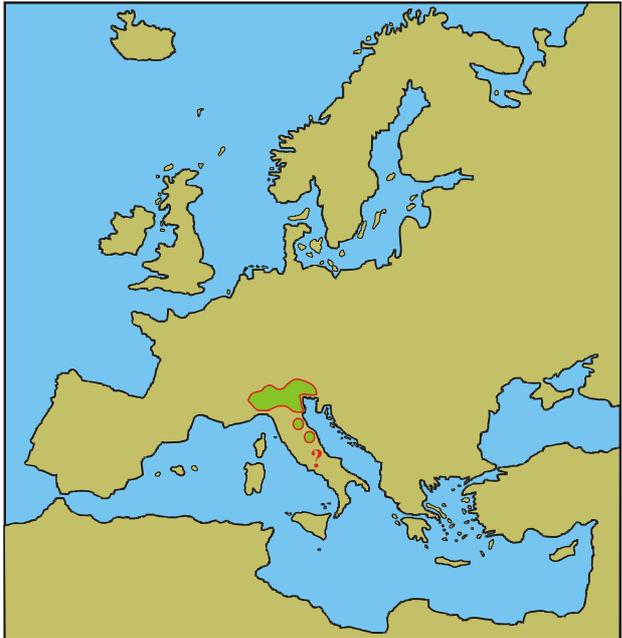
<b>BOTTATRICE</b>		<b>Valore intrinseco V = AD · SP = 1 · 2 = 2</b>
Ordine	<i>Gadiformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 1)</b>            Distribuzione molto ampia (quasi cir-cumpolare) che comprende l'Europa a Nord dei Balcani e dei Pirenei. È presente nel Rodano, nella Senna, nella Loira, nel Danubio e nella porzione orientale dell'Inghilterra. Nei Balcani è segnalato nel solo Danubio. Ad oriente nei fiumi dal Dnestr al Don, Volga, Ural e Kura. Manca nella Norvegia Sud - occidentale. Presente anche nel bacino del Po, in particolare nell'area subalpina centrale, spingendosi fino a 700 m s.l.m. e più frequente nei grandi laghi.</p>
Famiglia	<i>Gadidae</i>	
Genere	<i>Lota</i>	
Specie	<i>lota</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 2)</b>            Attualmente le informazioni circa lo stato di questa specie nel bacino del Po sono incerte; pertanto, a titolo prudenziale ed in attesa di dati ulteriori, si ipotizza un rischio moderato.</p>

<b>SPINARELLO</b>		<b>Valore intrinseco V = AD · SP = 2 · 2 = 4</b>
Ordine	<i>Gasterosteiformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 2)</b>            È una specie politipica e poliforma, ampiamente diffusa in Europa, ma in modo relativamente discontinuo e con notevoli variazioni morfologiche in relazione alle condizioni ambientali. Presente lungo la costa dalmata fino alla Grecia, in aree limitate della Francia, Spagna, Portogallo, Germania, Inghilterra. Gli spinarelli italiani appartengono alla forma <i>leiurus</i>, presente nel bacino del Po, nel triveneto, in Liguria e in regioni centrali che si affacciano sul Tirreno; la sua presenza in altre regioni italiane è probabilmente dovuta ad introduzioni.</p>
Famiglia	<i>Gasterosteidae</i>	
Genere	<i>Gasterosteus</i>	
Specie	<i>aculeatus</i>	
Sottospecie	<i>leiurus</i>	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 2)</b>            Le popolazioni di spinarello sono, un po' ovunque, in forte contrazione, soprattutto a causa della scomparsa degli ambienti adatti a questa specie (acque con ricca vegetazione acquatica). È scomparso da molte aree dove un tempo era diffuso; dove è ancora presente, forma popolazioni relativamente abbondanti, ma si tratta di situazioni via via meno frequenti. È una specie a rischio moderato.</p>

SCAZZONE		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 1 \cdot 2 = 2$
Ordine	<i>Scorpaeniformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 1)</b>  Presente in buona parte dell'Europa: Spagna settentrionale, Galles e Inghilterra sino alla Vistola, Zelanda, Svezia meridionale e Peciora, regioni costiere del Baltico, Estonia e Lettonia, Rodano, Reno, Dalmazia, Danubio, Crimea e Vardar. Manca nel Caucaso, Peloponneso, Norvegia, Jutland, Scozia, Irlanda, Spagna centrale e meridionale e nella regione settentrionale del Neva. In Italia è presente soprattutto nel bacino del Po e nel triveneto, ma sono segnalate presenze, seppure incerte, anche in Italia centrale.</p>
Famiglia	<i>Cottidae</i>	
Genere	<i>Cottus</i>	
Specie	<i>gobio</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 2)</b>  Lo scazzone viene ritenuto un pesce alquanto esigente sotto il profilo della qualità degli ambienti acquatici. Si tratta di un animale bentonico di limitate dimensioni e quindi di scarsa vagilità, presente in acque fresche o relativamente fredde e ben ossigenate, fino a 1.500 m s.l.m. ed anche, seppure eccezionalmente, in laghi montani di alta quota (ove è stato immesso). Si registra un significativo decremento delle popolazioni più o meno in tutte le acque interne italiane. È una specie a rischio moderato.</p>

PERSICO REALE		Valore intrinseco $V = AD \cdot SP = 1 \cdot 1 = 1$
Ordine	<i>Perciformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 1)</b>  Gran parte dell'Europa e del continente asiatico, fino alla regione del Mar Bianco ed al Kolyma. Manca in Islanda, Scozia, Norvegia Nord - occidentale, penisola iberica, Dalmazia, Grecia e Crimea. In Italia, secondo diversi Autori, il persico reale è autoctono esclusivamente del settore Nord - orientale del bacino padano. Oggi è diffuso anche nella porzione occidentale del bacino del Po ed è stato introdotto in numerosi ambienti acquatici dell'Italia centrale e nelle isole maggiori, nei quali è da ritenere specie esotica.</p>
Famiglia	<i>Percidae</i>	
Genere	<i>Perca</i>	
Specie	<i>fluviatilis</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 1)</b>  Secondo alcuni Autori il persico è soggetto a epidemie che comportano ampie fluttuazioni della consistenza numerica delle popolazioni e che potrebbero far erroneamente pensare ad una riduzione dell'areale di distribuzione. Secondo altri, invece, la riduzione delle popolazioni è un fatto reale connesso alla generale alterazione degli ambienti acquatici. In ogni caso non si ritiene, per ora, una specie a rischio.</p>

<b>CAGNETTA</b>		<b>Valore intrinseco V = AD · SP = 2 · 2 = 4</b>
Ordine	<i>Perciformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 2)</b> Specie presente nell'area centro orientale del Mediterraneo. In Italia forma popolazioni piuttosto frammentate, più diffuse nella padania occidentale e, soprattutto, centrale. È presente in alcuni corsi d'acqua delle regioni meridionali, come nel bacino del Sinni (Basilicata).</p>
Famiglia	<i>Blenniidae</i>	
Genere	<i>Salaria</i>	
Specie	<i>fluviatilis</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 2)</b> La cagnetta sembra costituire popolazioni non molto diffuse. Non si hanno molte informazioni sul suo stato nel bacino del Po e nel resto d'Italia. È più frequente nelle regioni dei laghi Sud alpini, soprattutto nei loro tributari e negli emissari. Si può ritenere una specie a rischio moderato.</p>

<b>GHIOZZO PADANO</b>		<b>Valore intrinseco V = AD · SP = 3 · 1 = 3</b>
Ordine	<i>Perciformes</i>	<p><b>AREALE DI DISTRIBUZIONE (AD = 3)</b> È un ghiozzo endemico dell'Italia settentrionale, presente in tutte le acque moderatamente correnti fino a quote di circa 400 m s.l.m. È presente nel bacino del Po e nel triveneto. Si hanno notizie scarse circa la sua presenza nei tributari dell'Adriatico a Sud del Po e si hanno molte incertezze per l'Italia centrale. Si tratta comunque di un endemismo ristretto.</p>
Famiglia	<i>Gobiidae</i>	
Genere	<i>Padagogobius</i>	
Specie	<i>martensii</i>	
Sottospecie	-	
		<p><b>STATO nel bacino del PO (SP = 2)</b> È una specie ancora relativamente abbondante, ma caratterizzata da una relativa sensibilità, essendo un piccolo pesce bentonico poco vagile, che subisce in particolare gli effetti dovuti all'eutrofizzazione, con accumulo di detriti organici sui fondali e quindi problemi di ossigenazione. Si tratta comunque di una specie a rischio basso.</p>

## **APPENDICE TRE**

### **(pesca elettrica e limiti dell'azione di campionamento)**

Generalmente i campionamenti si effettuano con la pesca elettrica, tecnica che consente di pescare efficacemente in un ampio tratto di fiume ed in tempi brevi, senza nuocere al pesce che può essere rilasciato dopo le operazioni di riconoscimento sistematico e di misurazione. L'apparecchiatura è costituita da un generatore (alimentato da una batteria o da un motore), da una parte elettronica di comando e regolazione e da due elettrodi, l'anodo, positivo ed il catodo, negativo, posti in acqua. All'estremità di un'asta di materiale isolante è posto l'anodo, spesso un anello metallico con diametro variabile, solitamente intorno ai 40 cm, munito di rete. Talora l'anello con rete è sostituito da strutture diverse la cui funzione è esclusivamente quella di "attirare" il pesce, mentre la cattura deve essere effettuata con guadini da uno o più operatori che coadiuvano l'operatore che manovra l'asta dell'anodo. Il catodo è costituito da una treccia di rame o altro metallo immerso in acqua. La differenza di potenziale tra i due elettrodi genera un campo elettrico con le linee di forza che vanno dall'uno all'altro. Un oggetto che si trova in esso viene sottoposto ad una differenza di potenziale che dipende dalla sua lunghezza, dall'orientamento e dalla posizione nel campo elettrico, dalla vicinanza con gli elettrodi e dalla tensione tra gli stessi. Applicando in acqua una differenza di potenziale, ogni pesce che viene in contatto con il campo elettrico generato va incontro alle seguenti reazioni:

- ai limiti del campo elettrico il pesce si allarma e fugge;
- se la differenza di potenziale cresce rapidamente nel corpo del pesce la fuga non è più possibile e quando supera i 0,4 volt comincia a vibrare;
- dopo questa fase vibratoria il pesce nuota attivamente verso l'elettrodo positivo (galvanotassi);
- quando, nuotando verso l'anodo, il potenziale corporeo raggiunge valori critici (2 volt per la trota), il pesce rimane paralizzato (galvanonarcosi), si capovolge o si pone su un fianco;
- in presenza di un campo elettrico troppo elevato o a causa di una eccessiva permanenza al suo interno il pesce viene ucciso.
- se un pesce si trova trasversalmente alle linee di forza aumentano le sue possibilità di fuga, perché sottoposto ad una minore differenza di potenziale;
- i pesci di maggiori dimensioni "assorbono" più corrente rispetto a quelli più piccoli e possono ricevere uno shock elettrico molto forte.

Ai fini dell'efficacia della cattura, è importante la velocità con cui si instaura la differenza di potenziale corporea sufficiente ad indurre la galvanotassi; se viene impiegato troppo tempo il pesce ha modo di fuggire. Un altro fattore importante è la conducibilità dell'acqua; se è troppo povera o troppo ricca di sali la pesca elettrica perde di efficacia. Condizioni limite, in questo senso, sono i tratti iposorgentizi. La condizione migliore si verifica quando l'acqua ed il pesce presentano la stessa conducibilità. In queste condizioni è massima l'intensità di corrente che attraversa il pesce. Durante il campionamento è necessario osservare le reazioni del pesce per catturarlo durante la fase di galvanotassi ed interrompere il campo elettrico quando si verifica la galvanonarcosi. Deve essere inoltre posta la massima attenzione a non toccare il pesci con l'anodo a campo elettrico inserito, perché ciò potrebbe provocare lesioni superficiali e traumi interni. I più moderni apparecchi per elettropesca funzionano a corrente continua, pulsata ed hanno voltaggio ed amperaggio modulabile (tipicamente 300 ÷ 600 V; 0,5 ÷ 15 A); lo strumento è utilizzato a tensioni e correnti diversi in funzione dell'ambiente e delle specie potenzialmente presenti, al fine di catturare anche gli individui di taglia minore, sui quali l'effetto della corrente è inferiore (Peduzzi, Meng, 1976).

I campionamenti sono di tipo qualitativo e quantitativo. I primi coprono distanze e superfici ampie di un corso d'acqua e prevedono essenzialmente l'identificazione delle specie presenti ed eventualmente l'applicazione di indice di abbondanza. Costituiscono la tipologia di campionamenti adatta e sufficiente per l'applicazione dell'I.I. e vengono effettuati con un solo passaggio con elettrostorditore. I campionamenti di tipo quantitativo, utili anche per una dettagliata descrizione delle popolazioni delle singole specie (biomassa, densità, struttura della popolazione per classi di età, produzione mortalità,...), sono molto complessi e richiedono più passaggi con elettrostorditore ed il rilevamento di un numero maggiore di parametri di tipo biologico. Per la corretta esecuzione di questo tipo di campionamenti, nonostante non esista un protocollo operativo universalmente accettato che ne fissi criteri e modalità di applicazione, appare evidente che esistono limiti oggettivi oltre i quali gli esiti delle indagini possono essere considerati quantomeno discutibili. Per corsi d'acqua con alvei ampi e profondi, l'utilità e l'efficacia di un campionamento quantitativo è molto limitata ed i risultati non sufficientemente attendibili. In ambienti caratterizzati da

portate modeste, con alvei ridotti e profondità medie inferiori al metro, queste indagini hanno viceversa una certa utilità e possono fornire accurate descrizioni dello stato delle popolazioni ittiche. Per la complessità e la durata temporale delle attività inerenti campionamenti di tipo quantitativo il gruppo di lavoro deve essere necessariamente costituito da un numero maggiore di operatori, con un aumento di costi che può essere accettato solo in caso di reale ed indiscutibile utilità ed efficacia dei prelievi di questo tipo.

Campionamenti di tipo qualitativo e quantitativo richiedono l'utilizzo di apparecchiature per elettropesca spesso in concomitanza con l'uso di reti, utilizzate per racchiudere un tratto di corso d'acqua dove viene praticata la pesca elettrica od come mezzo di cattura indipendente per integrare i dati raccolti attraverso l'utilizzo dell'elettrostorditore. Quanto alle apparecchiature per la pesca elettrica, il mercato fornisce numerosi modelli nell'ambito dei quali operare scelte appropriate. Modelli leggeri e "spalleggiabili", con generatore a batteria sono adatti in acque montane, con portate modeste, alvei limitati e terreni difficili, dove la maneggevolezza va privilegiata, anche a scapito di una minore potenza (inferiore ai 5 kW). I modelli intermedi, ancora "spalleggiabili", ma con motore a scoppio e quindi più pesanti ed ingombranti, si utilizzano in ambienti di piccole e medie dimensioni del fondovalle, dove le caratteristiche idromorfologiche consentano di operare senza l'uso di natanti. I modelli più grandi e potenti, con generatore a scoppio, ma decisamente ingombranti e pesanti, hanno il loro impiego ottimale nell'uso da natante, in ambienti ampi e profondi, dove si richiede all'attrezzatura una potenza notevole (oltre 10 kW) per attrarre i pesci da profondità considerevoli.

I gruppi elettrogeni vanno utilizzati con particolare attenzione nel calibrare potenza e modalità d'uso, in funzione delle caratteristiche ambientali delle stazioni, in funzione delle esigenze di catturabilità e quindi di attendibilità dei campionamenti. Nei corsi d'acqua con scarse portate e profondità massime limitate (inferiori a 1,5 m), quindi nelle condizioni di operabilità dei tecnici meno complicate, il campo di azione dell'anodo garantisce una buona efficacia nella cattura di tutti, o quasi, i pesci; in queste situazioni è possibile campionare su tutta l'area della stazione ( $A_c = 100\%$ ; es. in **fig. 11a** dell'**appendice uno**) soprattutto quando, per tutta la lunghezza (L) della stazione sono ben rappresentati i diversi microambienti tipici di quel tratto fluviale. A volte, in conseguenza della necessità di campionare diversi microambienti, la pesca viene esercitata su frazioni della stazione, ma sempre interessanti tutto il perimetro bagnato (es. in **fig. 11b** dell'**appendice uno**), in quanto non vi sono condizioni limite per l'azione dell'anodo.

Merita considerare anche il tempo impiegato per il campionamento. Il **tempo lordo (Tl)** è l'intervallo temporale dall'istante di inizio dell'erogazione di energia (accensione iniziale del gruppo elettrogeno) e quello del termine dell'azione di pesca (spegnimento definitivo del gruppo elettrogeno). È una indicazione che può essere facilmente espressa con valori multipli del quarto d'ora. Conviene anche indicare il **tempo netto (Tn)**, espresso, a stima, come percentuale del tempo lordo. Nelle situazioni ove è possibile campionare senza difficoltà e con continuità tutta la superficie della stazione ( $A_c = 100\%$ ) risulta  $T_n = 100\%$ . Talora, dopo aver esercitato l'azione di pesca elettrica in corrispondenza di una determinata zona, è necessario spegnere la macchina<sup>21</sup> per consentire lo spostamento su altra zona nell'ambito della stessa stazione. Il tempo impiegato per tale spostamento (inazione dell'anodo) è compreso nel tempo lordo, ma va considerato per la stima di quello netto, che tiene conto della somma dei tempi di azione effettiva dell'anodo. L'esperienza suggerisce che il valore percentuale del tempo netto è tanto più basso quanto minore è la percentuale dell'area campionata ( $A_c$ ) rispetto a quella totale ( $A_s$ ) della stazione. Maggiore è la frammentazione dell'area campionata rispetto a quella totale, più lunghi sono i tempi di inattività dell'anodo, ma in molti casi potrebbe risultare un'erogazione continua di energia lungo una fascia limitata facilmente campionabile, lungo tutto lo sviluppo longitudinale della stazione (es. **fig. 11c** dell'**appendice uno**); in tale situazione potrebbe risultare un modesto valore percentuale di  $A_c$  ed un tempo netto vicino al 100%.

Tali considerazioni ribadiscono l'importanza di segnalare con evidenza i parametri  $A_s$  ed  $A_c$  nella scheda di descrizione della stazione di campionamento (**appendice quattro**), ma merita segnalare anche l'utilità delle indicazioni relative ai parametri Tl e Tn, in quanto, insieme a quelli succitati, forniscono ulteriori elementi di valutazione della qualità e dell'attendibilità del campionamento stesso. Non si ritiene di indicare valori temporali limite; ha poco senso, per i campionamenti dell'ittiofauna, porre eccessivi vincoli di standardizzazione, in quanto le condizioni di operatività sono troppo diverse a seconda delle condizioni ambientali.

---

<sup>21</sup> L'interruzione di erogazione di energia (spegnimento della macchina) è necessario tra due momenti dell'azione dell'anodo su due zone diverse della stessa stazione (spostamento dall'una all'altra) per motivi di sicurezza.

## APPENDICE QUATTRO

### (descrizione degli ambienti delle stazioni oggetto di campionamento)

Lo studio dell'ittiofauna costituisce un contributo alla definizione dello stato di un corso d'acqua analizzato anche con altre metodologie di indagine, quali l'analisi dei parametri fisici e chimici delle acque, della qualità biologica delle stesse (IBE) e della funzionalità fluviale (IFF). Spesso vengono effettuati altri approfondimenti riguardanti l'ambiente del bacino imbrifero sotteso, con particolare riferimento agli aspetti morfometrici ed idroclimatici. Per studi particolarmente approfonditi vengono eseguite anche analisi idrauliche di dettaglio. La compilazione della scheda di campionamento relativa all'ittiofauna e rappresentativo di una data stazione è normalmente accompagnata da una accurata descrizione dell'ambiente fluviale, mediante la redazione di un testo e/o con la compilazione di una o più schede ulteriori nelle quali sono indicati alcuni tra i parametri ambientali più significativi, non sufficientemente considerati dalle metodiche succitate, ma che sono importanti per fornire spunti di interpretazione dei dati ottenuti sulle popolazioni ittiche presenti nella stazione stessa.

La scelta dei parametri che vengono normalmente considerati dipende dalle esperienze fin qui maturate dagli ittiologi. Rispetto a questa scelta, emergono alcune riflessioni e si propongono soluzioni ad alcuni problemi oggettivi inerenti le attività pratiche di campionamento ed in particolare in fase di compilazione delle schede ed in occasione di elaborazione dei dati. Occorre inoltre tenere conto delle difficoltà operative e tecniche per la rilevazione di alcuni dati, anche in funzione dei costi relativi ad apparecchiature speciali, ai tempi di rilevazione, al personale necessario per le attività ed all'impegno economico complessivo in rapporto ai risultati che si vogliono ottenere, sia a livello di precisione e di attendibilità, sia ai fini dell'utilità delle applicazioni.

Alcuni di questi dati sono certamente utili anche solo per rappresentare l'ambiente ma, nel loro insieme, sono facilmente sostituibili da testi descrittivi, frequentemente più comprensibili rispetto all'indicazione di valori e/o di simboli eccessivamente sintetici. Questo aspetto riguarda soprattutto quei parametri che non sono (e non possono essere) oggetto di misure, neppure sotto forma di stime grossolane e che quindi peccano di soggettività eccessiva e non possono essere utilizzati per fini statistici o, in generale, per elaborazioni numeriche e per l'applicazione di modelli. È utile inoltre riflettere sul fatto che alcuni parametri sono considerati, in modo più appropriato, da altre metodologie, la cui applicazione fornisce risultati più attendibili e più utili.

Alcuni parametri sono discutibili, oppure meglio valutati mediante altre metodologie di indagini. Per esempio si può citare l'*omogeneità in larghezza* per la valutazione del livello di variazione del perimetro bagnato lungo lo sviluppo longitudinale della stazione; essa viene espressa con valori numerici da 0 (per indicare la massima variabilità del perimetro bagnato) a 5 (per indicare la massima uniformità); è una valutazione soggettiva ed in parte sostituita dagli altri parametri relativi ai valori massimo, minimo e medio della larghezza. Altro esempio è l'*antropizzazione*, genericamente e molto soggettivamente valutata nell'intervallo 0 ÷ 5 per impatti crescenti; questo parametro, che come il precedente soffre del fatto che è adimensionale e quindi poco adatto per analisi matematiche, segnala, tra l'altro, gli interventi di sistemazione idraulica e scarichi inquinanti; tale parametro può essere convenientemente sostituito, anche se parzialmente, dall'applicazione dell'Indice di Funzionalità Fluviale (IFF). Le valutazioni, solitamente fornite con criteri analoghi, sul livello di *ombreggiatura* soffrono degli stessi inconvenienti e possono essere meglio sostituite da un più efficace testo descrittivo. Discorso analogo vale per la presenza di *rifugi* per l'ittiofauna, elemento descrittivo in parte sostituito dalle valutazioni relative agli altri parametri morfo-idraulici. In sintesi e rimandando alle definizioni riportate nell'**appendice uno**, si propone lo schema della **tab. 13**.

I campionamenti relativi all'ittiofauna costituiscono una tipologia di attività di analisi di una componente faunistica ormai riconosciuta come essenziale per la caratterizzazione naturalistica di un ecosistema fluviale ed ampiamente utilizzata nell'ambito di monitoraggi su aree più o meno vaste, a scala di bacino, provinciale o regionale, per fini sia di valutazione dei sistemi acquatici, sia di gestione delle comunità ittiche, oppure per studi particolari, quali quelli connessi alle valutazioni di impatto ambientale inerenti progetti di sistemi per lo sfruttamento delle risorse idriche. Inoltre non bisogna dimenticare le indagini sul territorio riguardanti le ricerche attinenti la zoogeografia e la distribuzione e consistenza delle popolazioni ittiche di particolare importanza naturalistica. Tuttavia, a fronte della riconosciuta rilevanza di tale settore di attività, non risulta un'altrettanta consapevolezza intorno ai problemi tecnici ed operativi connessi.

**Tab. 13** - Parametri descrittivi degli ambienti delle stazioni di campionamento (definizioni in **appendice uno**). Per ciascun parametro sono indicati, con colori diversi, il livello di utilità per la descrizione (nella colonna “N”) ed il livello di impegno temporale ed economico (nella colonna “parametro”). Nella colonna “simbolo” viene riportato, quale sintesi, per ciascun parametro, il colore “peggiore” dei precedenti. Sono indicazioni medie molto generali; infatti soprattutto i livelli di “impegno” sono crescenti con le dimensioni degli ambienti oggetto di campionamento.

N	Parametro	Simbolo		Descrizione
<b>utilità</b> in colonna N	<b>Parametro importante per una buona descrizione della stazione.</b>			
	<i>Parametro utile, ma non fondamentale, per una buona descrizione della stazione.</i>			
	Parametro poco utile, salvo casi in cui sono richieste applicazioni particolari, spesso connesse a valutazioni di tipo quantitativo.			
<b>impegno</b> in colonna parametro	<b>Parametro facilmente rilevabile, in tempi relativamente brevi, direttamente in campo e con attrezzature economiche e facili da trasportare.</b>			
	<i>Parametro che presenta alcune difficoltà di rilevamento, in tempi relativamente lunghi, in campo e/o in studio.</i>			
	Parametro che richiede notevoli difficoltà e tempi lunghi di rilevamento e/o con attrezzature costose ed ingombranti.			
<b>sintesi</b> in colonna simbolo	<b>Parametro fondamentale (di base), da considerare essenziale quale descrittore dell'ambiente della stazione.</b>			
	<i>Parametro facoltativo (o aggiuntivo), da considerare utile per una migliore e più dettagliata descrizione dell'ambiente della stazione.</i>			
	Parametro supplementare, da considerare utile solo in casi molto particolari.			
<b>01</b>	<b>Lunghezza della stazione</b>	<b>L</b>	<b>m</b>	Distanza, lungo lo sviluppo planimetrico del tratto fluviale della stazione, tra le due sezioni di inizio verso monte (S1) e di fine verso valle (S2). <i>Misura su campo con rotelle metriche o altri sistemi.</i>
<b>02</b>	<b>Perimetro bagnato massimo della stazione</b>	<b>Pb-max</b>	<b>m</b>	Larghezza massima dell'alveo bagnato (al momento del campionamento) o della sezione di massima larghezza nel tratto compreso tra S1 ed S2. <i>Misura su campo con rotelle metriche o altri sistemi.</i>
<b>03</b>	<b>Perimetro bagnato minimo della stazione</b>	<b>Pb-min</b>	<b>m</b>	Larghezza minima dell'alveo bagnato (al momento del campionamento) o della sezione di minima larghezza nel tratto compreso tra S1 ed S2. <i>Misura su campo con rotelle metriche o altri sistemi.</i>
<b>04</b>	<b>Perimetro bagnato medio della stazione</b>	<b>Pb-med</b>	<b>m</b>	Larghezza media dell'alveo bagnato (al momento del campionamento) risultato dalla media di quattro misure del Pb, sulle sezioni S1 ed S2 e su altre due sezioni intermedie rispetto all'intera lunghezza (L) della stazione. <i>Misure su campo con rotelle metriche o altri sistemi.</i>
<b>05</b>	<i>Pendenza della stazione</i>	<b>K</b>	<b>%</b>	Pendenza dell'alveo fluviale di un tratto rappresentativo e comprendente la stazione. <i>Misure su carta topografica di dettaglio e/o strumentali su campo.</i>
<b>06</b>	<b>Area della stazione</b>	<b>As</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	Superficie dell'alveo bagnato (al momento del campionamento) risultato dal prodotto tra la lunghezza (L) ed il perimetro bagnato medio (Pb-med): <b>As = L·Pb-med.</b>
<b>07</b>	<b>Area campionata</b>	<b>Ac</b>	<b>%</b>	Percentuale dell'area effettivamente campionata rispetto a quella totale (Ac) della stazione. <i>Valutazione a stima dell'operatore su campo.</i>
<b>08</b>	<b>Profondità massima area campionata</b>	<b>h-max</b>	<b>cm</b>	Valore massimo della profondità nell'area campionata. <i>Misura con aste graduate.</i>
<b>09</b>	Profondità media area campionata	h-med/c	cm	Media delle medie delle profondità medie di almeno quattro sezioni equidistanziate lungo lo sviluppo longitudinale della stazione e comprese tra S1 ed S2. <i>Misure con aste graduate e costruzione dei profili delle sezioni.</i>
<b>10</b>	<i>Velocità massima corrente nell'area campionata</i>	<b>v-max</b>	<b>cm/s</b>	Valore massimo di velocità del flusso idrico riscontrato nell'area campionata. <i>Misura con mulinello idrometrico o flussometro o galleggianti zavorrati,...</i>
<b>11</b>	<b>Velocità minima corrente nell'area campionata</b>	<b>v-min</b>	<b>cm/s</b>	Valore minimo di velocità del flusso idrico nell'area campionata. <i>Misure con mulinello idrometrico o flussometro o galleggianti zavorrati,...</i> (alternativo al punto 26 se v-min > 5 cm/s).

12	Velocità media corrente nell'area campionata	v-med	cm/s	Media delle velocità medie di almeno quattro sezioni equidistanziate lungo lo sviluppo longitudinale della stazione e comprese tra S1 ed S2. <i>Misure con aste graduate, rotelle metriche e mulinello idrometrico e costruzione dei profili delle sezioni.</i>
13	Portata al momento del campionamento	q	l/s	Portata misurata al momento del campionamento. <i>Ricostruzione del profilo di una sezione entro o nell'intorno della stazione; misure con mulinello idrometrico o con flussometro.</i>
14	Portata media annua	Q	l/s	Valore ricavato, per la stazione in studio, mediante specifica analisi idrologica sul bacino sotteso. <i>Valutazione compilativa.</i>
15	Portata media di durata di 355 giorni	Q <sub>355</sub>	l/s	Valore ricavato, per la stazione in studio, mediante specifica analisi idrologica sul bacino sotteso. <i>Valutazione compilativa.</i>
16	Copertura vegetale del fondo dell'area campionata	CV	%	Percentuale dell'area campionata coperta da macrofite acquatiche. <i>Valutazione a stima dell'operatore su campo.</i>
17	Cascate nell'area campionata	cs	%	Percentuale delle aree dominate da salti d'acqua con altezza superiore a 1 m. <i>Valutazione a stima dell'operatore su campo.</i>
18	Salti nell'area campionata	sl	%	Percentuale delle aree dominate da salti d'acqua con altezza compresa tra 0,5 m e 1 m. <i>Valutazione a stima dell'operatore su campo.</i>
19	Saltelli nell'area campionata	st	%	Percentuale delle aree dominate da salti d'acqua con altezza inferiore a 0,5 m. <i>Valutazione a stima dell'operatore su campo.</i>
20	Raschi nell'area campionata	r	%	Percentuale delle aree dominate da correnti con forte increspature e turbolenze. <i>Valutazione a stima dell'operatore su campo.</i>
21	Profondità media raschi nell'area campionata	h-med/r	cm	<i>Misure ripetute e valutazione a stima dell'operatore su campo.</i>
22	Buche nell'area campionata	b	%	Percentuale delle aree dominate da zone più profonde. <i>Valutazione a stima dell'operatore su campo.</i>
23	Profondità media buche nell'area campionata	h-med/b	cm	<i>Misure ripetute e valutazione a stima dell'operatore su campo.</i>
24	Piane nell'area campionata	p	%	Percentuale delle aree dominate da profondità e da correnti abbastanza omogenee e costanti e senza increspature. <i>Valutazione a stima dell'operatore su campo.</i>
25	Profondità media piane nell'area campionata	h-med/p	cm	<i>Misure ripetute e valutazione a stima dell'operatore su campo.</i>
26	Acque stagnanti nell'area campionata	s	%	Percentuale delle aree dominate da acque ferme o molte lenti. <i>Valutazione a stima dell'operatore su campo</i> (parametro alternativo a quello indicato al punto 11 se v-min < 6 cm/s).
27	Prof. media acque stagnanti nell'area campionata	h-med/s	cm	<i>Misure ripetute e valutazione a stima dell'operatore su campo.</i>
28	Roccia nell'area campionata	Rc	%	Percentuale delle aree dominate da roccia in posto. <i>Valutazione a stima dell'operatore su campo.</i>
29	Grandi massi nell'area campionata	Ms	%	Percentuale delle aree dominate dalla presenza di massi con dimensioni superiori ad 1 m. <i>Valutazione a stima dell'operatore su campo.</i>
30	Ghiaia con massi nell'area campionata	Gs	%	Percentuale delle aree dominate da ghiaia con massi con dimensioni 25 ÷ 100 cm. <i>Valutazione a stima dell'operatore su campo.</i>
31	Ghiaia grossolana nell'area campionata	Gg	%	Percentuale delle aree dominate da ghiaia con clasti con dimensioni 6 ÷ 25 cm. <i>Valutazione a stima dell'operatore su campo.</i>
32	Ghiaia fine nell'area campionata	Gf	%	Percentuale delle aree dominate da ghiaia con clasti con dimensioni 2 ÷ 60 mm. <i>Valutazione a stima dell'operatore su campo.</i>
33	Sabbia nell'area campionata	Sb	%	Percentuale delle aree dominate da sabbia con grani con dimensioni 0,1 ÷ 2 mm. <i>Valutazione a stima dell'operatore su campo.</i>
34	Argilla/limo (pelite) nell'area campionata	Al	%	Percentuale delle aree dominate da detrito molto fine con grani con dimensioni inferiori a 0,1 mm. <i>Valutazione a stima dell'operatore su campo.</i>

Ogni campionamento, anche solo di tipo qualitativo, finalizzato cioè alla cattura e segnalazione delle specie presenti nella stazione di interesse, con semplici indicazioni di indici di abbondanza (Ia), comporta il lavoro di almeno due ittiologi nei più piccoli corsi d'acqua ed il coinvolgimento di un numero superiore di operatori per i fiumi più grandi. Il personale impegnato deve essere costituito da tecnici (solitamente laureati in discipline naturalistiche) con provate competenze ed esperienza<sup>22</sup>, disponibili ad effettuare attività faticose ed anche soggette a rischio per l'incolumità. Infatti occorre lavorare con attrezzature costose quali i gruppi elettrogeni, pesanti da trasportare e da utilizzare ed in condizioni ambientali spesso difficili, su fondali più o meno profondi, in correnti sufficientemente forti da rendere precario l'equilibrio, con substrato dominato da massi e ciottoli scivolosi, oppure su imbarcazioni che, per quanto adatte alle correnti fluviali, richiedono una notevole perizia per le manovre in acque spesso difficili. A tutto ciò bisogna aggiungere i rischi inevitabilmente connessi al lavoro con gruppi elettrogeni, seppure rispettando tutte le norme di sicurezza del caso.

Appare quindi evidente che un campionamento relativo all'ittiofauna comporta (o dovrebbe comportare) un impegno economico di una certa rilevanza, tanto maggiore quanto più estesa è l'area (Ac) campionata, in termini di profondità, superficie, portata, vocità di corrente,... Ma frequentemente le risorse disponibili non sono sufficienti rispetto alla qualità ed alla quantità dei dati che si vogliono ottenere. Risulta quindi necessario riflettere sull'insieme delle attività connesse ad un campionamento, non tanto su quelle indispensabili per ottenere una buona conoscenza dello stato della comunità ittica, ma su quelle relative alle misure e valutazioni dei parametri ambientali utili alla descrizione dell'ambiente oggetto di campionamento. Infatti la valutazione di alcuni parametri richiede tempi paragonabili ed anche superiori a quelli del campionamento dell'ittiofauna vero e proprio e con l'uso di attrezzature costose ed ingombranti, con il rischio di aumentare i costi, anche in modo sensibile; oltre tutto alcuni di tali parametri, molto spesso, salvo alcuni casi molto particolari, non forniscono indicazioni essenziali.

Solitamente le misure dirette di lunghezze (L, Pb-max, Pb-min, h-max) sono relativamente facili da effettuare ed in tempi brevi. Altri parametri di lunghezza (Pb-med) richiedono più misure (poche) ed un breve calcolo. L'area della stazione (As) richiede un semplice calcolo tra due misure facili, mentre l'area campionata (Ac) è una semplice percentuale oggetto di stima. Le maggiori difficoltà emergono per i parametri profondità media della stazione (h-med/c), portata (q) e velocità media della corrente (v-med) al momento del campionamento; per il primo occorre procedere alla costruzione dei profili di almeno 4 sezioni (**appendice uno**) e ciò comporta tempi assai lunghi di esecuzione; maggiori difficoltà risultano per la misura della portata (**appendice sei**) e della velocità media della corrente, che possono richiedere tempi anche considerevolmente più lunghi del campionamento dell'ittiofauna vero e proprio, oltre che attrezzature spesso costose ed ingombranti. Le portate media annua (Q) e di durata pari a 355 giorni ( $Q_{355}$ ), analogamente alla pendenza (K) non richiedono valutazioni su campo, ma esclusivamente il lavoro in studio (**appendice 1**). La determinazione della velocità massima della corrente nell'area campionata (v-max) richiede l'uso di uno strumento (mulinello, flussometro,...) e ciò vale anche per quella minima (v-min) quando superiore a 5 cm/s; per valori inferiori valgono le valutazioni "a stima", in tal caso si valuta la presenza di "acque stagnanti" (s) in alternativa alla v-min.

Tutti i parametri valutati "a stima" sono ovviamente facilmente rilevabili ed in tempi brevi. Si potrebbe confutare il metodo "a stima", in quanto eccessivamente soggettivo. Ma una valutazione mediante misure, sia dei microambienti, sia delle coperture granulometriche, richiederebbe la rilevazione di un numero eccessivamente elevato di misure, tra l'altro non facili e quindi comunque poco attendibili, che comporterebbero tempi molto lunghi ed infine per ottenere dati poco utili per elaborazioni numeriche o statistiche, tenuto anche conto che tali valutazioni semplicemente costituiscono delle integrazioni ai testi descrittivi delle condizioni ambientali delle stazioni oggetto di campionamento.

Molto importante è ovviamente l'area della stazione (As). È un parametro che, da solo, è sicuramente fondamentale, ma soprattutto deve essere accompagnato dalla valutazione "a stima" dell'area campionata (Ac), espressa come percentuale rispetto alla prima. Le dimensioni della stazione dipendono dall'individuazione delle sezioni di inizio e fine ( $S1 \div S2$  - **allegato uno**) sulla base della necessità di includere, per quanto possibile, tutte le tipologie di microambienti caratterizzanti il corso d'acqua. Per i piccoli corsi d'acqua frequentemente  $Ac = 100\%$ ; in altri termini tutta l'area della stazione è sottoposta all'azione di pesca. Negli ambienti di maggiori dimensioni si possono individuare diverse zone adatte ed

---

<sup>22</sup> Ogni campionamento andrebbe effettuato da una "squadra" di operatori, coordinata da un ittiologo senior, cioè con esperienza pari a 10 anni di attività.

utili all'azione di campionamento che non costituiscono una superficie continua. Occorre inoltre tenere conto che gli ittiologi certamente sono attenti a comprendere, nell'area campionata, le diverse tipologie ambientali, ma devono, per quanto possibile, cercare "tutte" le specie presenti. Infatti il rischio (non tanto remoto) di mancata cattura di una o più specie costituisce un limite importante, in quanto potrebbe portare ad una errata valutazione dello stato della comunità ittica della stazione.

Quindi gli ittiologi sono impegnati soprattutto nella cattura dei pesci come e dove possono. Per esempio in un ampio fiume di pianura è d'obbligo sondare i diversi microambienti, ma può succedere che lo sforzo di pesca sia più intenso in una zona particolare, a ridosso di una vecchia massicciata o sotto la cascata di una briglia, dove vi sono le condizioni per un sovrappopolamento di pesci, magari poco frequenti in altre zone e/o difficilmente catturabili. Tanto maggiore è lo sforzo di pesca in zone limitate, tanto maggiore è la lunghezza della stazione al fine di comprendere più microambienti, tanto minore è il valore Ac rispetto ad As. Questo dato, unitamente agli altri parametri morfometrici della stazione e dell'area campionata, fornisce indicazioni sul livello di significatività del campionamento. Per esempio un basso valore percentuale di Ac significa una porzione consistente della stazione non campionata per motivi molteplici ma, nella maggior parte dei casi, per difficoltà tecniche operative.

Un altro dato, che si può ritenere indispensabile, ma non connesso alla descrizione dell'ambiente della stazione, è il **tempo di campionamento (allegato tre)**. È un dato che fornisce indicazioni sull'attendibilità del campionamento stesso in quanto correlato con le dimensioni dell'area campionata e con le difficoltà tecniche operative molto variabili a seconda degli ambienti. Esso, inteso come tempo totale dell'azione di pesca effettiva (quindi al netto dei tempi impiegati per il trasferimento tra un microambiente e l'altro quando non adiacenti o, più in generale, al netto di intervalli dovuti a qualunque motivo) può variare da minimi di circa un'ora (ed anche meno) per i corsi d'acqua più piccoli fino a 2 o 3 ore per le situazioni più complesse. Non è possibile, neppure utile o conveniente, stabilire dei tempi standard. Un campionamento in un ambiente naturale complesso e difficile come un ecosistema fluviale, non è paragonabile alle attività di misura di parametri più o meno facilmente rilevabili in condizioni controllate. Molto dipende dall'esperienza maturata dell'ittiologo, spesso definita dall'espressione "*senso dell'acqua*", che deriva da anni di attività pratiche effettuate con gli stivali nei fiumi ed è proprio tale esperienza che suggerisce all'ittiologo stesso quando cessare lo sforzo di pesca e cioè quando si ritiene di aver fatto il possibile per la cattura di tutte le specie presenti. Ciò non significa un accanimento nell'azione di campionamento, ma neppure si ammette l'idea di un tempo standard, seppure in funzione delle dimensioni dell'ambiente, in quanto espressione di scarsa conoscenza di una Natura troppo complessa per essere "ingabbiata" da facili schematizzazioni.

Infine, tra i parametri che potrebbero essere considerati, seppure anch'essi non riguardanti le caratteristiche morfo-idrauliche della stazione, sono quelli fisici - chimici dell'acqua, ma limitatamente a quei pochi (pH, conducibilità, temperatura ed ossigeno disciolto) che possono essere facilmente rilevati ed in tempi brevi, mediante apposite elettrosonde. Non si tratta di una caratterizzazione dello stato chimico ed in ogni caso la rilevazione di tali dati non è indispensabile. Essi semplicemente servono per integrare la serie di osservazioni sull'ambiente della stazione e rivestono un maggiore interesse nei casi assumano valori insolitamente diversi dagli intervalli attesi. Per esempio, una conducibilità molto bassa potrebbe spiegare l'eventuale scarsa "catturabilità" del gruppo elettrogeno; è sicuramente degna di annotazione una eccessiva temperatura in zone ittiche a salmonidi; percentuali di saturazione dell'ossigeno inferiori all'80 % costituiscono elementi di sospetto<sup>23</sup>, tenuto conto che, nelle acque correnti l'ossigeno dovrebbe essere quasi sempre prossimo alla saturazione.<sup>24</sup>

---

<sup>23</sup> L'ossigeno disciolto è un parametro talvolta poco adatto per valutare lo stato fisico - chimico delle acque, anche se enfatizzato come indicatore di qualità. Se la quantità di ossigeno è effettivamente un importante elemento di valutazione per le acque stagnanti (es. laghi), non è altrettanto valido per gli ambienti ad acque correnti. L'ossigeno disciolto dipende, in misura determinante, dagli scambi gassosi acqua/aria, soprattutto quando il mezzo liquido è in movimento e quando la superficie del pelo libero è, come accade generalmente nei fiumi, molto ampia rispetto ai sottostanti volumi d'acqua. A meno di situazioni caratterizzate da forti inquinamenti dovuti ad elevati carichi organici in fiumi con portate ridotte, l'ossigeno disciolto si trova quasi sempre in quantità prossime alla saturazione o comunque superiori all'80 %. In verità bassi valori di saturazione (comunque difficilmente inferiori al 60 ÷ 70 %) si possono riscontrare nei corsi d'acqua con regime idrologico fortemente alterato, soprattutto nei fiumi di una certa rilevanza dove, a fronte di ampie superfici di letto fluviale, sono presenti deflussi limitati a poche decine di litri al secondo (decimi ed anche centesimi delle portate naturali). In tali situazioni l'acqua è quasi "ferma", a costituire, in aree limitate, "lame" stagnanti sul fondo delle quali si accumulano residui organici naturali (es. mucchi di foglie); in quei

Come sopra segnalato, i campionamenti relativi all'ittiofauna forniscono informazioni riguardanti un'importante componente ambientale nell'ambito di studi articolati e basati anche su altri tipi di indagine biologica (IBE), ambientale (IFF), fisico - chimica, idrologica,... In tali casi la scheda di campionamento dell'ittiofauna potrebbe riportare anche i dati di sintesi ottenuti dall'applicazione delle altre metodologie, al fine di arricchire ulteriormente la descrizione della stazione. Spesso viene raccomandato di effettuare i campionamenti relativi alle diverse componenti, quando previste, nelle stesse sezioni e possibilmente nello stesso momento, in modo da operare confronti più corretti. Ciò è teoricamente vero, ma non è necessario e talora addirittura fuorviante. In primo luogo lo stato dell'ittiofauna, così come quello della comunità macrobentonica, dipende certamente dalle situazioni idrauliche, idrologiche dell'alveo e dallo stato fisico - chimico delle acque al momento del campionamento, ma dipende anche e soprattutto dalle condizioni pregresse. Bisogna inoltre considerare che le condizioni ambientali, quali soprattutto quelle morfometriche, idrauliche ed idrologiche e le tipologie di substrato sono, nella maggior parte dei casi, anche assai diverse per ottenere le migliori informazioni sull'ecosistema fluviale oggetto di studio.

Le condizioni adatte per valutazioni di carattere morfometrico ed idraulico e quelle relative a campionamenti di tipo biologico sono spesso diverse ed in molti casi opposte. Per le prime conviene considerare tratti d'alveo caratterizzati da buona omogeneità morfometrica e granulometrica e con regolari dinamiche idrauliche; altrimenti verrebbero meno le condizioni normalmente raccomandate per ottenere dati attendibili dalle rilevazioni (**appendice sei**). Al contrario il tratto d'alveo fluviale adatto per i campionamenti biologici (stazione), che viene scelto perché ben rappresentativo del tratto da esaminare, deve presentare caratteri di massima diversificazione microambientale, quindi forte dinamismo idraulico, presenza di materiali detritici molto eterogenei, di ostacoli naturali (massi, tronchi,...), di alternanza tra zone di deposito (sabbioso - limose) e di erosione (con granulometria più grossolana) e di ricchezza di rifugi per la fauna acquatica. Altrimenti si corre il rischio di sottovalutare le potenzialità biologiche dell'ecosistema fluviale, intese, nel loro insieme, come capacità di ospitare comunità ricche e diversificate; tale sottovalutazione comporterebbe l'ottenimento di risultati incoerenti rispetto, per esempio, al reale stato fisico - chimico delle acque.

Per quanto riguarda i campionamenti relativi allo stato fisico - chimico delle acque, non vi sono particolari indicazioni riguardanti precisamente il sito; è invece importante stabilire i momenti in cui effettuare i prelievi. Tenuto conto che essi dovrebbero essere numerosi e ben distribuiti in funzione delle situazioni idrometeorologiche, ha poca importanza il fatto che debbano essere contestuali ai campionamenti IBE e/o relativi all'ittiofauna, purchè naturalmente compresi entro lo stesso intervallo di circa un anno. Allo stesso modo, salvo casi particolari ed assai rari, ha importanza molto limitata la contemporaneità dei campionamenti relativi all'ittiofauna ed alla qualità biologica delle acque.<sup>25</sup>

In sintesi la raccomandazione di effettuare, nello stesso momento, rilievi di tipo sia morfometrico ed idraulico, sia biologico e fisico - chimico, non risponde alla necessità di ottenere le migliori informazioni possibili sull'ecosistema fluviale. È invece raccomandabile scegliere le stazioni, in funzione delle migliori condizioni di campionamento e rappresentative dello stesso ambito fluviale (**sezione di riferimento; appendice 2**), in virtù dell'asserzione per cui ogni stazione si può ritenere rappresentativa di porzioni longitudinali di alveo fluviale a monte ed a valle, le cui lunghezze dipendono dalle condizioni ambientali, naturali ed antropiche, che insistono sul bacino sotteso in generale e sull'asta fluviale in particolare. I campionamenti possono essere effettuati in momenti diversi, a seconda delle condizioni ambientali adatte per ogni tipologia di analisi, purchè in uno stesso intervallo temporale nell'ambito del quale si ritiene non avvengano mutamenti significativi (solitamente un anno a meno di inquinamenti acuti).

---

casi si possono registrare deficit di ossigeno non dovuti al carico antropico, ma conseguenza indiretta della riduzione delle portate e quindi della marcata riduzione della turbolenza dell'acqua indispensabile per un efficace rimescolamento. Se poi si verificano entrambe le condizioni (notevole riduzione delle portate e forte carico antropico) il calo della disponibilità di ossigeno disciolto può risultare, ma non sempre, molto evidente.

<sup>24</sup> La misura diretta dell'ossigeno al momento del campionamento con elettrosonda è una operazione delicata. Infatti occorre valutare bene le condizioni di misura ed in particolare occorre porre molta attenzione alla situazione idrodinamica nell'intorno della sonda; occorre infatti un ricambio continuo dell'acqua al fine di evitare sottostime; ciò significa un "movimento" di alcuni decimi di m<sup>3</sup>/s. Per esempio per gli ossimetri dell'*Hanna instruments* è raccomandato un ricambio d'acqua corrispondente ad una velocità di corrente intorno a 0,3 m<sup>3</sup>/s. Viceversa una eccessiva velocità di corrente (o una spiccata turbolenza) porta a sovrastime piuttosto evidenti.

<sup>25</sup> Nei casi in cui, per motivi organizzativi logistici, si dovessero prevedere campionamenti simultanei relativi all'ittiofauna ed alla macrofauna bentonica, è addirittura raccomandabile prevedere una certa "distanza" tra le aree interessate dai due tipi di rilievi, al fine di evitare interferenze.

## APPENDICE CINQUE (salmonidi autoctoni e alloctoni)

Nel bacino occidentale del Po risultano presenti i seguenti salmonidi:

**Trota fario** - *Salmo [trutta] trutta*

**Salmerino di fonte** - *Salvelinus fontinalis*

**Trota marmorata** - *Salmo [trutta] marmoratus*

**Trota iridea** - *Oncorhynchus mykiss*

Dei essi, la sola trota marmorata va considerata come autoctona delle acque del bacino del Po. Le trote sono i pesci d'acqua dolce più conosciuti e studiati, pertanto oggetto di maggiori attenzioni rispetto alle altre specie. Le pratiche di ripopolamento con trote risalgono ad alcuni secoli fa. Addirittura gli inglesi, nel periodo storico durante il quale espandevano il loro impero in tutto il Mondo, amavano esportare anche le "loro" trote per poter praticare la pesca a mosca secondo le migliori tradizioni. La trota iridea fu introdotta in Italia agli inizi del '900 e già nei secoli precedenti sono documentati spostamenti di trote fario in Europa ed in Italia. Nella nostra penisola erano frequenti le transfaunazioni nell'ambito di bacini appartenenti ad una stessa vallata o da bacini adiacenti, in corsi d'acqua che originariamente non ospitavano salmonidi. Successivamente, grazie alla maggiore facilità dei trasporti, tali spostamenti sono avvenuti su più ampia scala, per esempio dai bacini tirrenici ed anche adriatici a quelli alpini e viceversa.

Da oltre un cinquantennio, grazie allo sviluppo dell'acquacoltura ed all'incremento della pesca sportiva, la pratica degli spostamenti di esemplari di varia provenienza è andata incrementando. Le attività ittiogeniche hanno favorito la sperimentazione su ceppi di trote fario di varia provenienza europea. In tal modo è risultato sempre più facile ed economico produrre pesci, sia per il mercato alimentare, sia per le immissioni ai fini alieutici. In conseguenza di ciò è stato immesso in fiumi e torrenti materiale ittico sempre meno adatto agli ambienti naturali, fortemente selettivi, ma più "performante" dal punto di vista allevativo. Questa attività ha portato, alla fine degli anni '70, alla sostituzione delle popolazioni naturali di salmonidi con trote fario ed iridee della più disparata provenienza ed alla loro colonizzazione della maggior parte degli ambienti acquatici con caratteristiche adatte ai salmonidi, anche di quelli originariamente privi di pesci.

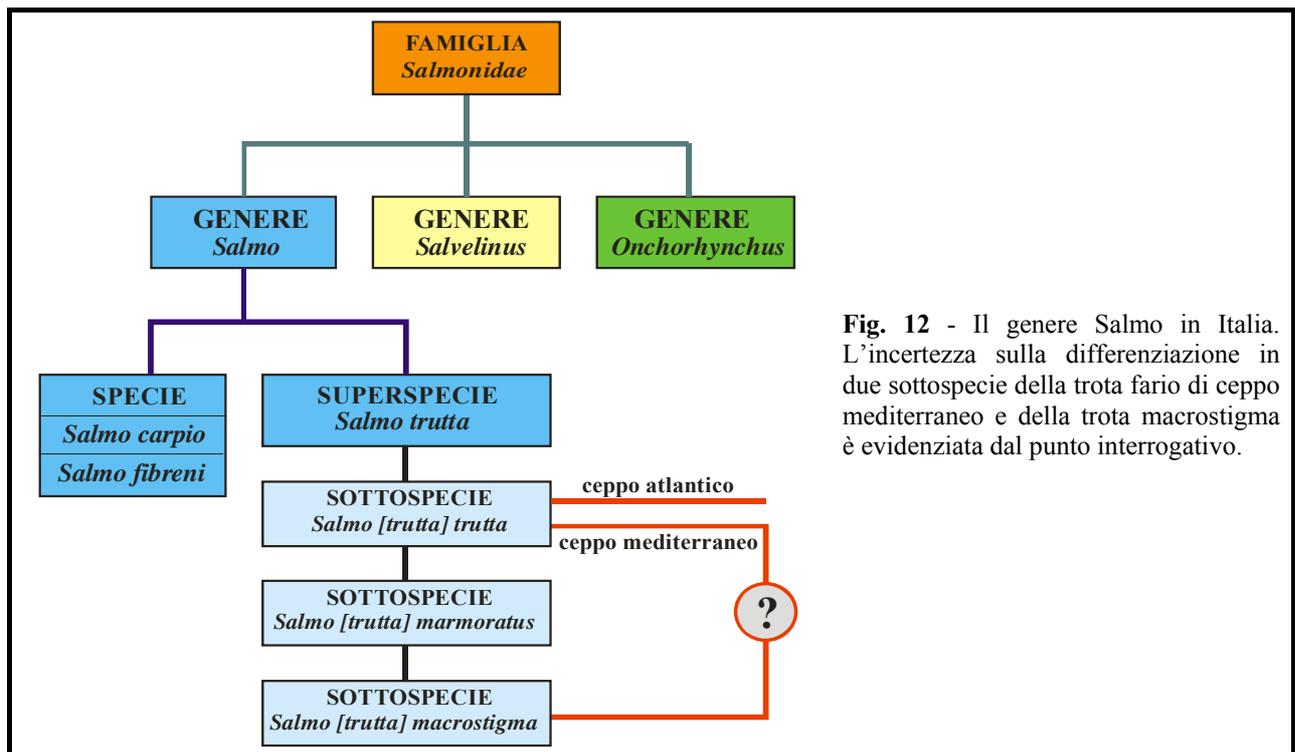
Negli anni '80 la questione ambientale è divenuta un argomento sempre più dibattuto, al punto da innescare una serie di processi politici capaci di condizionare, in misura sensibile, le azioni di governo del territorio, con particolare riferimento al problema della riduzione della biodiversità dovuta all'introduzione di organismi esotici. Si comprese l'importanza della tutela della Natura, anche attraverso la ricostituzione degli elementi autoctoni, fattori indispensabili per il ripristino, ove possibile, degli equilibri ambientali. Per quanto riguarda i pesci, si diffuse la consapevolezza del rischio della diffusione di animali estranei al nostro territorio.

Per quanto riguarda i salmonidi, il risultato di questo cambiamento nel modo di concepire la gestione dell'ittiofauna, fece la sua prima vittima: la trota iridea. La trota fario, negli ambienti legati alla pesca sportiva, era considerata specie autoctona, mentre la trota iridea come alloctona per eccellenza; i ripopolamenti sempre più spesso privilegiarono la prima, mentre la presenza della seconda lentamente andava diminuendo, relegando il salmonide americano al ruolo di "vittima" delle gare di pesca. Agli inizi degli anni '80 le catture di iridee erano decisamente meno frequenti. Quanto alla trota fario, le massicce immissioni in tutte le acque di montagna e di fondovalle hanno avuto, quale risultato, una notevole estensione del suo areale di distribuzione, a danno della trota marmorata e delle altre specie endemiche del bacino padano. Ciò ha comportato da un lato un incremento notevole di ibridi tra fario e marmorata, dall'altro la contrazione delle popolazioni di piccoli ciprinidi e cottidi oggetto di predazione da parte di *Salmo [trutta] trutta*. L'incremento dell'ibridazione costituisce una minaccia per la sopravvivenza di *Salmo [trutta] marmoratus*, salmonide endemico del settore geografico padano - veneto. L'incremento della trota fario è dovuto anche al consenso del mondo dell'ittiologia, che forse troppo tardivamente ha evidenziato il problema della non probabile autoctonia di *Salmo [trutta] trutta* nell'area padana.

Le trote costituiscono popolazioni che, per il parziale isolamento geografico dovuto alle Alpi, hanno sviluppato, nel corso del Quaternario recente, quindi senza aver avuto il tempo di raggiungere il livello di una vera e propria speciazione, forme differenziabili anche morfologicamente, come risposte adattative alle diverse condizioni ambientali caratteristiche di porzioni di territorio più o meno estese. L'opinione corrente, fino a pochi anni addietro, era quella che, nel bacino del Po, diversamente a quanto si è verificato nel resto d'Italia e dell'Europa, le porzioni montane dei corsi d'acqua fossero adatte alla trota fario, mentre quelle pedemontane e di alta pianura alla trota marmorata. Si supponeva cioè che due salmonidi diversi, entrambi endemici, occupassero zone differenti per caratteristiche idromorfologiche di un medesimo corso d'acqua, con zone di contatto limitate nelle quali si potevano avere fenomeni di ibridazione.

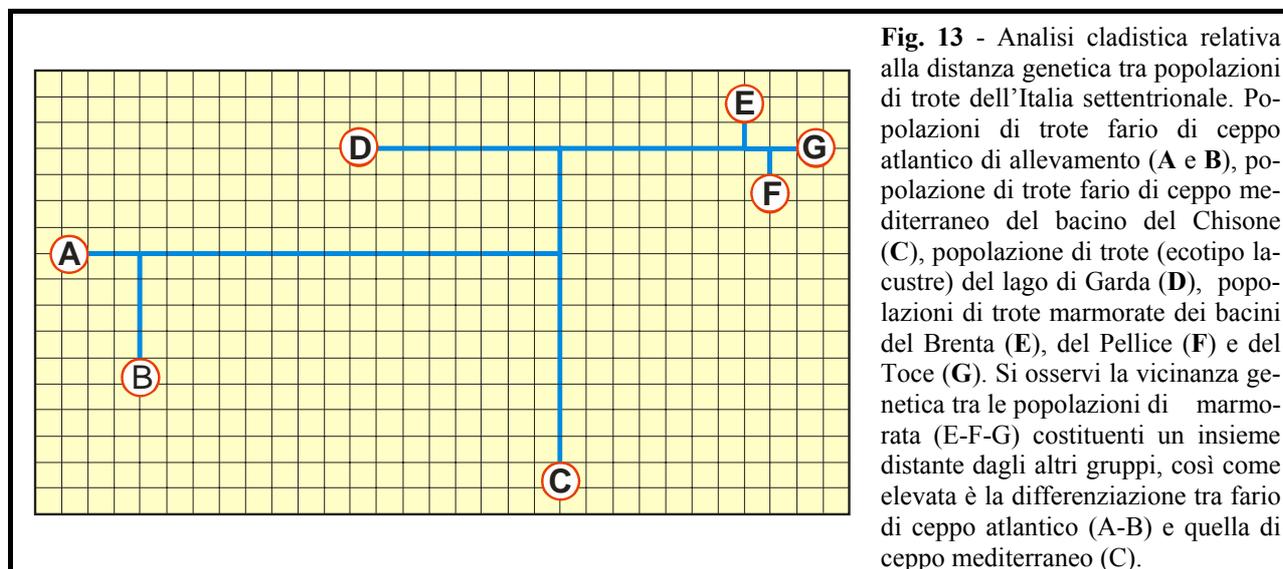
Quale conseguenza di queste convinzioni, molte amministrazioni provinciali, con la collaborazione delle associazioni dei pescatori, negli anni '80, hanno avviato politica di gestione delle acque con l'obiettivo di giungere ad una distinzione tra le zone ittiche "a trota fario" e quelle "a trota marmorata e/o temolo" (Badino *et al.*, 1991), da ripopolare rispettivamente con trote fario e con trote marmorate. Questo progetto ha visto l'attivazione degli "Incubatoi di valle" (Forneris, 1989b) ed in questo ambito sono stati importanti gli interventi di recupero dei riproduttori di *Salmo [trutta] marmoratus* e la loro fecondazione artificiale in ambiente controllato, al fine di disporre di materiale geneticamente puro per i ripopolamenti. Alla luce delle conoscenze attuali meno positiva va considerata la stessa attività condotta sui riproduttori selvatici di trota fario e, soprattutto, la transfaunazione di alcune popolazioni su vasca scala. Questa politica ha, comunque, fornito buoni frutti; infatti, nonostante i problemi connessi con il degrado ambientale e con le ancora diffuse pratiche ittogeniche mediante l'uso di trote fario, si registra negli ultimi tempi una certa "tenuta" delle popolazioni di trota marmorata. L'idea di diversificare i ripopolamenti tra le zone "a trota fario" e quelle "a trota marmorata/temolo" sembrava la soluzione più coerente con la zonazione ittica longitudinale individuata per la regione piemontese (Regione Piemonte, 1991) e con la tutela degli elementi faunistici autoctoni. In realtà, sono emersi nuovi elementi conoscitivi che stanno ridisegnando la "vecchia" concezione tassonomica relativa alle trote italiane.

Per comprendere la complessità del problema è necessario fare un breve riassunto delle "vicende sistematiche" della famiglia dei Salmonidi, appartenenti al genere *Salmo*. Nella **fig. 12** sono sintetizzate le più recenti acquisizioni sistematiche, con i relativi dubbi, circa la posizione sistematica di alcuni taxa. Risulta ancora non risolta la corretta collocazione, nell'ambito della superspecie *Salmo trutta*, delle due sottospecie *Salmo [trutta] macrostigma* e *Salmo [trutta] trutta* e, nell'ambito di quest'ultima, dei due sottogruppi identificati come "ceppo atlantico" e "ceppo mediterraneo". Secondo tale schema, delle specie appartenenti alla superspecie *Salmo trutta*, la trota marmorata è tipica dei corsi d'acqua del versante sinistro del Po e di quelli di destra fino al Tanaro e dei corsi d'acqua veneti e friulani diretti tributari dell'Adriatico; la trota macrostigma colonizza i corsi d'acqua tirrenici dell'Italia centrale e meridionale, la Sicilia e la Sardegna; la trota fario occupa i tratti superiori dei corsi d'acqua alpini, i torrenti della parte destra del Po ed alcuni corsi d'acqua appenninici. Il riconoscimento di due gruppi distinti di trota fario deriva da indagini condotte con confronti su base morfometrica e meristica (Forneris *et al.*, 1996) e genetica (Giuffra *et al.*, 1991) che hanno evidenziato la presenza in Italia di popolazioni appartenenti a due "ceppi" di *Salmo [trutta] trutta*, uno mediterraneo ed uno atlantico (**fig. 13**), il primo presumibilmente originario della penisola italiana, il secondo introdotto con le immissioni a scopo di ripopolamento. Il ceppo mediterraneo presenta maggiori affinità con *Salmo [trutta] macrostigma* che con quello atlantico, tanto che alcuni Autori sono portati a ritenere le popolazioni di trota fario di ceppo mediterraneo popolazioni di trota macrostigma.



**Fig. 12** - Il genere *Salmo* in Italia. L'incertezza sulla differenziazione in due sottospecie della trota fario di ceppo mediterraneo e della trota macrostigma è evidenziata dal punto interrogativo.

In base alle più recenti esperienze sull'arco alpino nord occidentale ed in Appennino centro settentrionale, sono emersi forti dubbi sulla reale autoctonia di *Salmo [trutta] trutta* in alcune aree (Pascale, 1999a; Nonnis Marzano *et al.*, 2003). Gli ultimi dati evidenziano come la semispecie difficilmente possa essere considerata autoctona degli affluenti di sinistra del Po e dei corsi d'acqua diretti tributari dell'Adriatico, dove l'unico salmonide sicuramente originario è la trota marmorata. Questo assunto deriva dalla difficoltà nel reperimento di popolazioni strutturate di trota fario di ceppo mediterraneo nei corsi d'acqua alpini in aree contigue, ad eccezione di alcuni corsi d'acqua del versante alpino sud-occidentale quali Ripa e Chisone, o Stura di Demonte, dove questo pesce è conosciuto localmente come "trota della regina", attribuendone la sua presenza ad immissioni effettuate per conto della regina Elena, accanita pescatrice.



La distribuzione delle popolazioni con caratteristiche "mediterranee" è estremamente limitata, frammentaria, a differenza di quanto avviene per *Salmo [trutta] marmoratus*, presente, in forma pura od ibrida, in tutti i corsi d'acqua. Molto spesso, inoltre, non è possibile parlare di vere popolazioni, ma di sporadici esemplari inseriti in comunità di trote fario con fenotipi estremamente eterogenei (Regione Autonoma Valle D'Aosta, 1997). Le testimonianze raccolte in loco, inoltre, indicano come la trota originaria o "vecchia" di questi ambienti fosse la marmorata. Diversa è la situazione dei corsi d'acqua appenninici, dove la trota fario di ceppo mediterraneo è presente con popolazioni strutturate ed abbondanti nei corsi d'acqua del bacino del Vara e del Serchio (Pascale e Palmegiano, 1996; Pascale, 1999b) e, con frequenza più modesta, in alcuni bacini padani di destra (Taro, Parma ed Enza - Provincia di Parma, 2000). Relativamente ai bacini appenninici della destra padana, in particolare nella zona più occidentale (Forneris, Pascale, 2003), emergono comunque alcune perplessità circa la reale presenza originaria di salmonidi nei tratti montani.

Circa il cosiddetto "ceppo mediterraneo" di trota fario in Piemonte, come già detto, in tempi relativamente recenti sono stati rinvenuti e sono stati oggetto di molteplici studi (Giuffra *et al.*, 1994; Forneris *et al.*, 1996) alcuni ambienti che ospitano popolazioni stabili con le caratteristiche di questo "gruppo": nel torrente Ripa, appartenente al bacino della Dora Riparia e nell'alto Chisone (bacino del Pellice). Le fario ivi presenti sono animali sicuramente interessanti dal punto di vista naturalistico ed alieutico, in quanto sono bene adattati ai torrenti alpini e sono in grado di riprodursi autonomamente con particolare efficacia, diversamente da quanto si verifica nella maggior parte dei casi per le trote di ceppo atlantico. Si è ritenuto per molto tempo che questa trota fosse la "vera" fario indigena dei nostri torrenti di montagna, nei tratti superiori a monte della "zona a trota marmorata/temolo", anche se tuttavia si nutrivano il dubbio circa la possibilità che anch'essa fosse di origine alloctona, introdotta seguendo un percorso praticamente impossibile da ricostruire, ma che potrebbe averla portata nelle nostre acque a partire da vicini corsi d'acqua transalpini appartenenti al bacino del Rodano, dove risulta assai comune. D'altra parte non vi è da stupirsi se anche tale animale, il cui areale di distribuzione naturale in Italia sembra sia costituito dai soli corsi d'acqua che sfociano nel Tirreno, nell'ambito del complesso sistema di spostamenti di fauna, si trovi nelle nostre acque.

**In sintesi, è lecito affermare, allo stato delle attuali conoscenze, che *Salmo [trutta] marmoratus* è l'unico salmonide sicuramente autoctono del bacino nord-occidentale del Po e del distretto padano-veneto più in generale e dovrebbe essere l'unica specie oggetto di eventuali pratiche di ripopolamento.**

## APPENDICE SEI (misura della portata in un corso d'acqua naturale)

**CARATTERISTICHE FISICHE DELL'ACQUA.** Un litro (1 dm<sup>3</sup>) di acqua distillata, in condizioni standard (1 atmosfera di pressione e 4 °C di temperatura), pesa un chilogrammo. Quindi un metro cubo pesa 1.000 kg (una tonnellata). La *densità* dell'acqua è pari a 1, cioè 1 t/m<sup>3</sup> = 1 kg/dm<sup>3</sup> = 1 kg/l = 1 g/cm<sup>3</sup> = 1 g/ml. Il peso specifico dell'acqua cambia molto poco con il variare della temperatura, almeno entro i limiti di campo dello stato liquido (0 ÷ 100 °C). Le temperature delle acque dei fiumi variano da valori prossimi allo zero fino a massimi che superano raramente i 25 °C; quindi si può ritenere il peso specifico dell'acqua approssimativamente pari ad uno, commettendo un errore trascurabile. Il peso di un litro d'acqua può essere diverso da un chilogrammo nel caso in cui siano presenti in sospensione delle particelle. In un torrente di alta montagna, nella stagione invernale, l'acqua potrebbe trascinare frammenti di ghiaccio che, come noto, è leggermente più "leggero"; quindi la massa liquida risulta con peso specifico leggermente inferiore. Analogamente potrebbe succedere nei casi con presenza di un elevato carico organico (es. forte inquinamento), anche se il fenomeno è meno importante. In occasione di fenomeni di piena, l'acqua può risultare torbida a causa della presenza di detriti (limo ed anche sabbia e addirittura ciottoli di varie dimensioni). Si tratta di particelle che derivano dal disfacimento dei materiali rocciosi del bacino imbrifero che alimenta il corso d'acqua e con peso specifico generalmente da due a tre volte superiore. Pertanto l'acqua di un fiume in piena è più "pesante" di un'acqua trasparente (priva di carico solido). Temperatura e carico detritico influenzano anche la viscosità<sup>26</sup> dell'acqua che diminuisce con la prima (in modo trascurabile entro i limiti di campo dello stato liquido) ed aumenta (in modo più evidente) con il secondo. In sintesi, **nell'effettuare valutazioni di tipo idraulico nell'alveo di un corso d'acqua, si considera poco importante la temperatura e l'eventuale presenza di carico organico; bisogna invece porre maggiore attenzione alla presenza di ghiaccio e, ancora di più, alla presenza di carico detritico minerale.**

**DEFINIZIONE DI PORTATA.** Si fa riferimento alla definizione di portata istantanea (**q**) riportata in **fig. 8** dell'appendice uno:

$$q = v \cdot s = \left[ \frac{m}{s} \cdot m^2 = \frac{m^3}{s} \right] = \left[ \frac{dm}{s} \cdot dm^2 = \frac{dm^3}{s} = \frac{l}{s} \right] \quad 1)$$

Cioè il prodotto della **velocità** "v" [m/s] o [dm/s] del flusso idrico per l'**area della sezione** "s" [m<sup>2</sup>] o [dm<sup>2</sup>]. Oppure il **volume liquido** "V" [m<sup>3</sup>] o [l] che attraversa la sezione nell'**unità di tempo** "t" [s]:

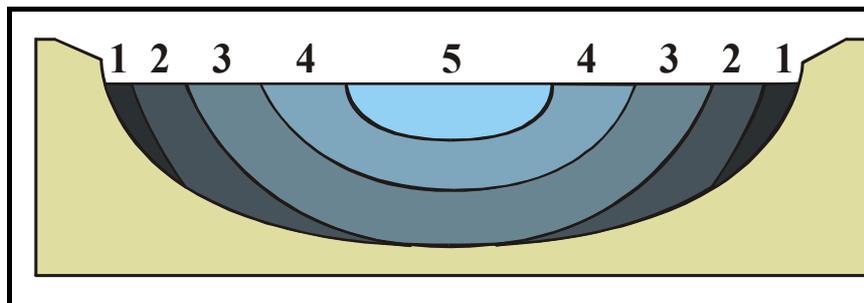
$$Q = \frac{V}{t} = \left[ \frac{m^3}{s} \right] = \left[ \frac{dm^3}{s} = \frac{l}{s} \right] \quad 2)$$

Tale definizione è valida, soprattutto ai fini della misura della portata, a **due condizioni**:

1. le velocità dei diversi filetti (linee di flusso) dell'acqua che attraversano la sezione in vari punti sono uguali;
2. le direzioni dei filetti sono fra loro paralleli e perpendicolari alla sezione.

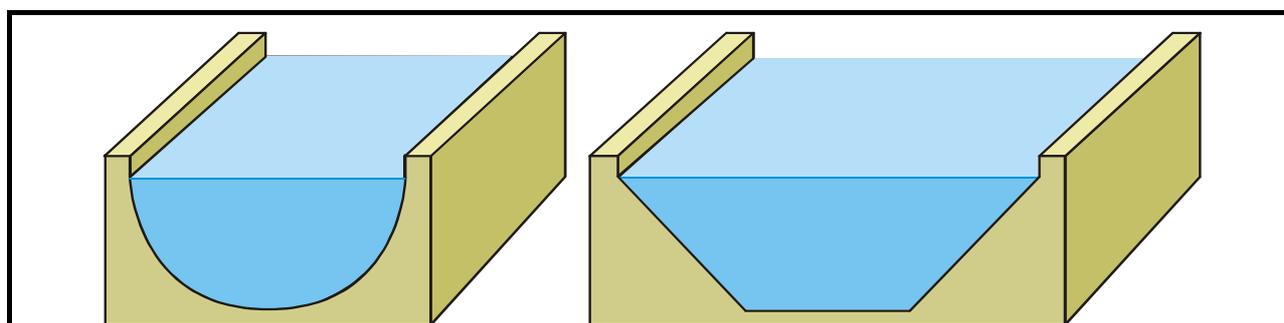
Per quanto riguarda la **prima condizione** si può fare riferimento ad un generico schema rappresentante una sezione di corso d'acqua in un tratto rettilineo (**fig. 14**). Lungo un corso d'acqua naturale, la situazione normale è ben diversa dalla prima condizione. Infatti la velocità dell'acqua è massima lungo il filetto centrale presso la superficie e tende a diminuire verso le sponde ed in prossimità del fondo. Si conclude che il termine "v" va inteso come velocità media rappresentativa dell'insieme delle velocità dei diversi filetti di corrente che attraversano la sezione individuata. Questo fatto rappresenta un ulteriore problema per le misure idrometriche; è comunque superabile e le modalità adottate condizionano, in modo importante, la precisione e l'attendibilità dei valori di portata che si ottengono.

<sup>26</sup> Il termine "*viscosità*" viene spesso confuso con il termine "*densità*". La viscosità (o vischiosità) è la resistenza che si oppone allo scorrimento delle particelle in un fluido; indica una condizione di scarsa fluidità. Per esempio l'olio è meno denso dell'acqua (sulla quale galleggia), ma è molto più viscoso, in quanto adatta meno velocemente la propria forma in un qualunque contenitore (si "muove" più lentamente).

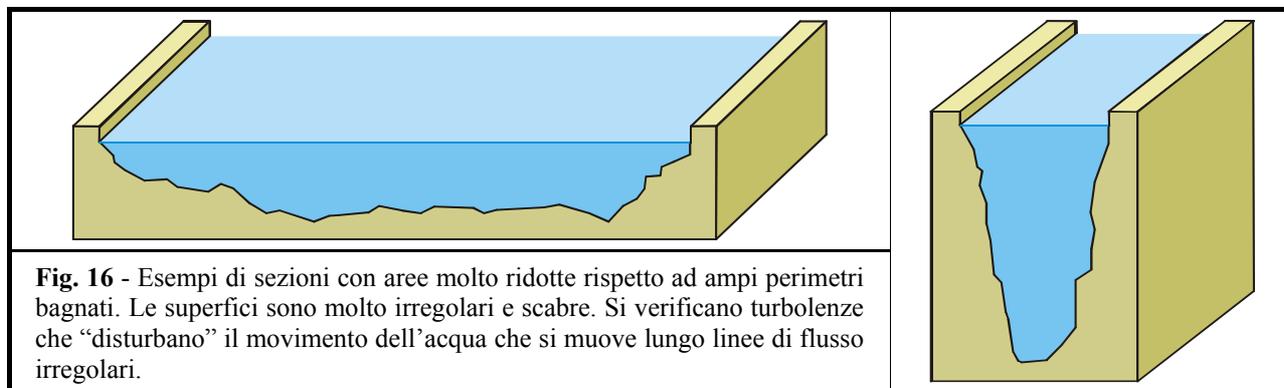


**Fig. 14** - Lungo un tratto di fiume ad andamento rettilineo, la velocità dell'acqua è massima in superficie (5) ed in centro; decresce gradualmente (4  $\Rightarrow$  2) verso le sponde ed il fondo, per diminuire repentinamente in prossimità delle superfici bagnate, soprattutto presso le sponde (1).

Per quanto riguarda la **seconda condizione** bisogna considerare che un corso d'acqua quasi mai assume l'aspetto di un canale con fondo e pareti perfettamente regolari, anche nei tratti rettilinei. Lungo un condotto rettilineo, in condizioni ideali, le varie linee di flusso dell'acqua sono fra loro parallele, allineate lungo la direzione del condotto stesso. Qualche lieve turbolenza si può manifestare in corrispondenza delle pareti; si tratta tuttavia di un aspetto tanto più trascurabile quanto maggiore è la superficie della sezione (rispetto al suo perimetro)<sup>27</sup> e quanto più le pareti sono lisce (**fig. 15**).



**Fig. 15** - Esempi di sezioni con ampia superficie e ridotto perimetro bagnato (quindi elevato raggio idraulico) e pareti lisce (minima *scabrezza*). Condizioni quasi ideali per il regolare flusso dell'acqua lungo linee di flusso fra loro parallele e perpendicolari alla sezione.



**Fig. 16** - Esempi di sezioni con aree molto ridotte rispetto ad ampi perimetri bagnati. Le superfici sono molto irregolari e scabre. Si verificano turbolenze che "disturbano" il movimento dell'acqua che si muove lungo linee di flusso irregolari.

Se la sezione ha una limitata superficie ed un ampio perimetro bagnato e le pareti del condotto sono caratterizzate da elevata scabrezza (cioè contrastano, con maggiore attrito, il flusso dell'acqua), possono verificarsi turbolenze notevoli (**fig. 16**). Ben difficilmente i filetti d'acqua sono paralleli tra loro, perpendicolari alla sezione e tutti con la stessa velocità. Si determinano situazioni poco adatte alla misura di

<sup>27</sup> Il rapporto tra la superficie della sezione "s" ed perimetro bagnato "Pb" definisce il **raggio idraulico "R"**:

$$R = \frac{s}{Pb}$$

Il flusso dell'acqua lungo un condotto è tanto più facilitato quanto maggiore è il raggio idraulico. Con sezione a forma di semicerchio e raggio di 1 m, la superficie vale  $S = 1,57 \text{ m}^2$ , mentre il perimetro  $P = 3,14 \text{ m}$ ; il raggio idraulico vale  $R = 1,57 : 3,14 = 0,5 \text{ m}$ . Una sezione rettangolare con la stessa superficie (quindi ancora  $1,57 \text{ m}^2$ ), con base 5 volte l'altezza, ha perimetro di  $3,92 \text{ m}$ , quindi  $R = 1,57 : 3,92 = 0,4 \text{ m}$ . Se la base fosse 10 volte l'altezza, a parità di superficie, il perimetro diventerebbe  $P = 4,8 \text{ m}$  ed  $R = 1,57 : 4,8 = 0,33 \text{ m}$ . In una sezione con base molto ampia (come si verifica nella maggior parte dei fiumi) il raggio idraulico diventa approssimativamente pari all'altezza dell'acqua.

portate, ma sono proprio quelle tipiche della maggior parte dei casi in natura. Le cose migliorano nei canali artificiali, con profili più regolari e con pareti del fondo e delle sponde più lisce; essi sono realizzati allo scopo di trasportare acqua nel modo più efficace possibile, limitando al minimo le dispersioni dovute all'irregolarità dei moti d'acqua. Tali difficoltà sopra descritte possono essere tanto meglio superate quanto maggiore è il numero delle misure di velocità delle correnti d'acqua all'interno della sezione. Ma importante è la scelta del sito in corrispondenza della quale viene definita la sezione stessa; una buona scelta infatti può ridurre tali inconvenienti, facilitare le operazioni di misura e permette di ottenere risultati attendibili con margini di errore limitati. Pertanto:

- la scelta della sezione va fatta in un tratto rettilineo e deve essere ad esso perpendicolare; quando tale tratto ha lunghezza limitata il sito andrebbe collocato in modo che la lunghezza della porzione a monte sia pari al doppio di quella a valle;
- al fine di evitare errori e/o procedere di applicazione di sistemi di compensazione (che diminuiscono l'attendibilità del dato finale) conviene, per quanto possibile, verificare che i filetti d'acqua (anche se caratterizzati da velocità sensibilmente diverse) siano paralleli tra loro e perpendicolari alla sezione;
- la profondità dell'acqua deve essere sempre tale da consentire l'immersione totale dell'elica del mulinello idrometrico ( $\geq 1,5$  dm);
- tutta la superficie della sezione deve essere libera da ostacoli quali tronchi, radici, massi,...
- il sito della sezione deve essere, per quanto possibile, facilmente accessibile, in modo da facilitare, se necessario, la ripetizione della misura;
- il profilo della sezione (sponde e fondale) non deve subire modificazioni durante la misura;
- i diversi filetti d'acqua che attraversano la sezione, qualunque siano i loro andamenti, anche se non perfettamente paralleli tra loro e perpendicolari alla sezione, non devono variare, come direzione e come velocità, durante la misura;
- la sezione deve essere il più possibile lontana dalle turbolenze indotte da ostacoli di varia natura, artificiali o naturali;
- la sezione deve essere sgombra di vegetazione riparia pendente e sfiorante la superficie dell'acqua;
- devono essere evitati i siti ove siano presenti vortici o zone d'acqua ferma;
- in caso di forte vento è consigliabile evitare le situazioni in cui la direzione dominante sia parallela a quella del tratto di corso d'acqua nell'ambito del quale è ubicata la sezione;
- evitare di effettuare misure idrometriche in presenza di ghiaccio e di materiale solido di varia natura sospeso nell'acqua.

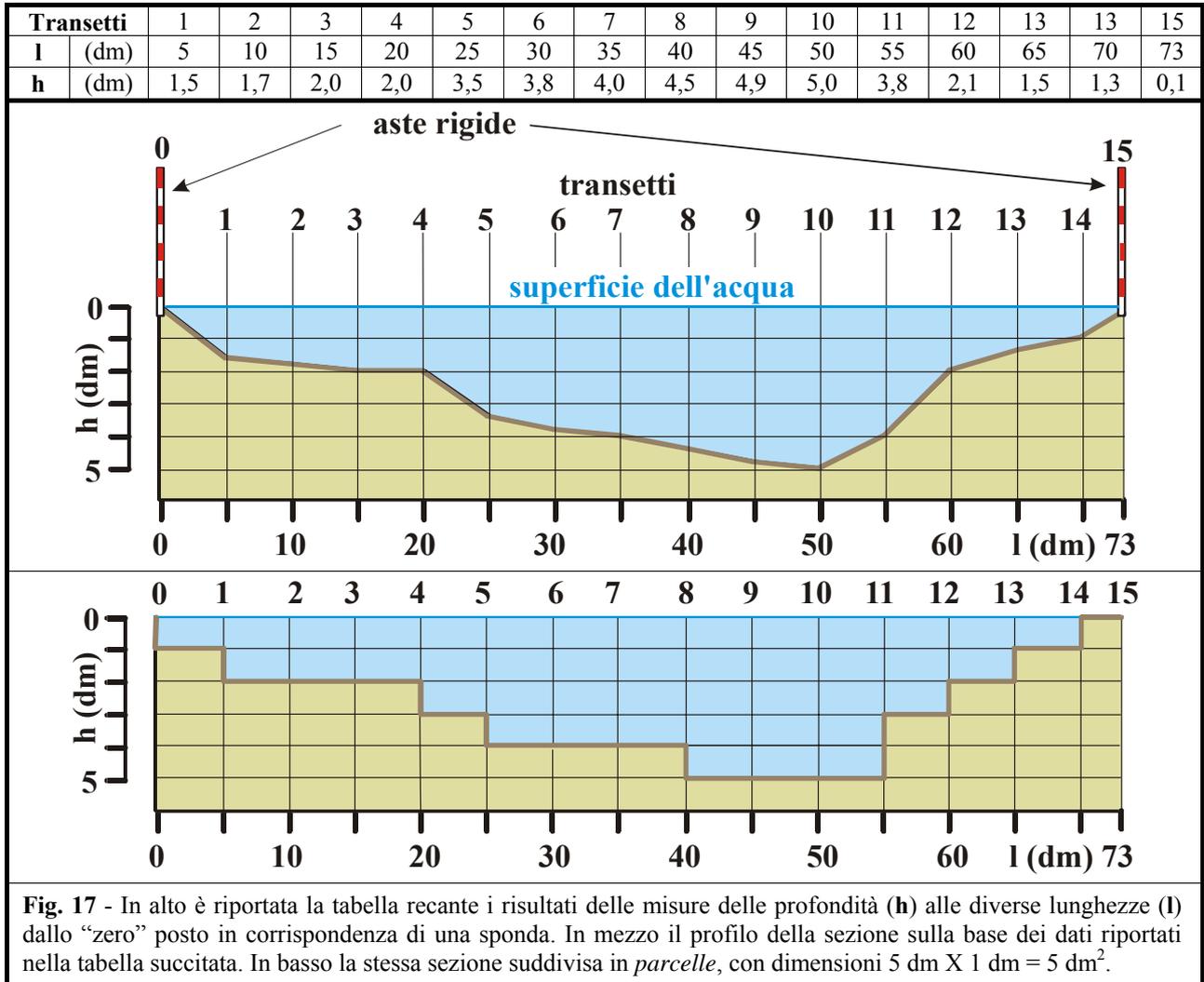
**GEOMETRIA DELLA SEZIONE.** La sezione di misura va rilevata con precisione. Occorre conoscere non soltanto la sua larghezza (**Pb**) e la profondità massima (**h-max**), ma anche il suo profilo, che si ottiene con misure di profondità in corrispondenza di un numero di transetti verticali, tanto più numerosi quanto maggiore è il livello di precisione dell'area totale (**s**) della sezione. Vengono collocate due aste rigide in corrispondenza delle estremità dell'alveo bagnato. Fra esse viene tesa una corda metrica in modo che lo "zero" di riferimento coincida con una delle due aste. Quindi, ad intervalli regolari di distanza (**l**) dallo "zero", viene misurata la profondità ottenendo una serie di valori riportati in una tabella ed utilizzati per la costruzione del profilo (**fig. 17**). Quindi si disegna un grafico avente per ascisse le lunghezze "**l**" [dm] dallo zero ai diversi transetti e per ordinata le relative profondità "**h**" [dm]. Esso è il profilo della sezione trasversale del corso d'acqua considerato come esempio. Le scale dei due assi non sono identiche, al fine di evitare l'appiattimento del disegno in verticale. Con questo diagramma si ricava la superficie totale "**s**" [dm<sup>2</sup>] della sezione. Per ottenere tale dato si suddivide la sezione in aree minori (*parcelle*) di forma rettangolare nel modo indicato in **fig. 17** (in basso). Risulta una suddivisione in 43 parcelle 5 dm X 1 dm e quindi ciascuna con superficie pari a 5 dm<sup>2</sup>. L'area totale risulta  $s = 43 \cdot 5 = 215$  dm<sup>2</sup> = 2,15 m<sup>2</sup>. La larghezza o perimetro bagnato è pari a  $Pb = 73$  dm (7,3 m), mentre la profondità massima risulta  $h\text{-max} = 5$  dm (0,5 m)<sup>28</sup>. Si potrebbe discutere a lungo circa l'attendibilità di tale dato; vale comunque la pena mettere in evidenza i seguenti elementi:

<sup>28</sup> La profondità media (**h-med**) non è la media delle profondità riscontrate. Essa si ottiene dal rapporto tra la superficie della sezione (**s**) e la larghezza (**Pb**) della stessa:

$$h\text{-med} = \frac{s}{Pb}$$

Nell'esempio considerato risulta  $h\text{-med} = 215 : 73 = 2,9$  dm.

- il profilo a gradoni è una schematizzazione e dipende dal numero di transetti utilizzati; aumentando il numero dei transetti diminuiscono gli errori; si raccomanda un numero di transetti non inferiore a 15 per i profili ad andamento regolare e non inferiore a 20 per i profili con andamento irregolare<sup>29</sup>; nel caso di sezioni con scarsa larghezza potrebbe non risultare possibile prevedere almeno 15 transetti in quanto la larghezza di ciascuna parcella risulterebbe inferiore alle dimensioni dell'elica del mulinello<sup>30</sup>;
- il passaggio dal primo profilo a quello schematizzato comporta inoltre errori dovuti alla pretesa di rappresentare una linea complessa in un'altra spezzata per tratti orizzontali e verticali; per ridurre gli errori è possibile suddividere in ulteriori frazioni le parcella disposte lungo il profilo.



La necessità di massima attenzione nell'evitare gli errori sopra descritti deriva dal fatto che per ogni parcella è necessario misurare la velocità del relativo flusso d'acqua, al fine di determinare la portata nei modi descritti più avanti. A questo proposito occorre ricordare che anche le misure delle profondità debbono essere accurate. Generalmente si utilizza un "tripometro", così detto perché costituito da tre aste lunghe un metro; esse possono essere avvitate le une con le altre fino ad ottenere un'asta lunga 3 metri. Su una delle tre aste è collocata una bolla per consentire la collocazione dello strumento esattamente sulla verticale o sull'orizzontale. Inoltre la graduazione risulta ben evidente e precisa fino al centimetro<sup>31</sup>.

<sup>29</sup> Tale indicazione, come tutte quelle citate nella presente appendice, sono tratte dalle norme internazionali ISO.

<sup>30</sup> L'ingombro dell'elica è normalmente 1,5 dm. 15 transetti portano alla formazione di 15 parcella; affinché sia possibile disporre di un tal numero dei transetti stessi, la larghezza complessiva della sezione (*L*) deve essere almeno 22,5 dm (2,25 m). Per larghezze inferiori, quale unico criterio (a meno di disporre di strumenti con elica più piccola), occorre distanziare i transetti di  $1,5 \div 2$  dm tra loro e quindi utilizzarne un numero inferiore a 15.

<sup>31</sup> Al fine di consentire un appoggio sicuro dello strumento sul fondo è possibile rimuovere eventuale ostacoli sul fondale. Ciò consente di ottenere un profilo più regolare. Naturalmente la rimozione deve essere definitiva al fine di garantire condizioni costanti durante le fasi di misura delle velocità delle correnti d'acqua all'interno della sezione.

**MISURA DELLA VELOCITÀ DELL'ACQUA.** La misura della velocità dell'acqua può essere effettuata mediante mulinello idrometrico, costruito conformemente alle norme ISO vigenti. Si tratta tuttavia di una condizione normalmente soddisfatta dalle ditte costruttrici nel caso dei modelli realizzati negli ultimi anni<sup>32</sup>. Vi sono altre condizioni che riguardano essenzialmente l'uso del mulinello su campo:

- le misure in prossimità del fondo devono consentire la libera rotazione del mulinello; l'elica non deve "toccare" il substrato;
- le misure in prossimità della superficie vanno condotte con l'accortezza di mantenere completamente immersa l'elica del mulinello; l'elica non deve emergere sulla superficie dell'acqua;
- l'asse dell'elica del mulinello deve essere disposto perpendicolarmente alla sezione di misura;
- l'energia del moto dell'acqua viene trasmessa all'elica; parte di essa potrebbe produrre tremolii o piccoli spostamenti dello strumento; l'asta rigida graduata che sostiene il mulinello deve essere mantenuta perfettamente ferma e rigida, non condizionata dal movimento dell'acqua;
- l'operatore deve mantenersi a valle della sezione, in modo da non creare turbolenze con il proprio corpo che funge da ostacolo;
- se il flusso d'acqua rimane costante (come previsto dalle condizioni precedentemente elencate), il tempo di ciascuna misura deve essere almeno di 30 secondi; in casi diversi deve essere incrementato in misura tanto maggiore quanto più accentuate sono le variazioni di intensità dei filetti di corrente;
- quando si effettuano diverse misure, occorre controllare frequentemente il buon funzionamento del mulinello, soprattutto per quanto riguarda la scorrevolezza della rotazione; l'elica deve girare anche soltanto soffiandoci contro;
- evitare, per quanto possibile, rilevazioni in situazioni meteorologiche caratterizzate da freddo intenso o almeno verificare che non si formi del ghiaccio sullo strumento ogni volta che viene estratto dall'acqua

È evidente che l'attendibilità del risultato finale dipende non solo dal numero di transetti, (per le ragioni illustrate precedentemente), ma anche dal numero di misure che vengono effettuate lungo la verticale. La **fig. 17** illustra una sezione suddivisa in parcelle delimitate verticalmente dai transetti e orizzontalmente da linee immaginarie la cui distanza reciproca deve essere stabilita sulla base del numero di misure lungo le verticali.

Se la scelta della sezione è stata ben eseguita e presenta caratteristiche che bene si adattano alle indicazioni precedentemente descritte, è possibile, lungo la stessa verticale, effettuare misure delle velocità in siti equidistanziati. O almeno è possibile effettuare misure applicando i metodi più semplici indicati dalle norme ISO. In qualsiasi caso si ritiene opportuno considerare soltanto le situazioni nelle quali vi è buona certezza circa la scelta della sezione di misura rispetto alla conformità delle condizioni fino ad ora descritte ed applicando il criterio, per maggiore sicurezza, per cui è sempre consigliabile effettuare misure sul maggior numero di parcelle sulla verticale. Il ragionamento da cui si parte è l'altezza minima della parcella che, rispetto alle dimensioni dell'elica del mulinello in dotazione (minimo 10 cm), si ritiene debba essere pari a  $1,2 \div 1,5$  dm. D'altra parte è inutile prevedere un numero eccessivo di siti in quanto la pretesa di una maggiore precisione è poco giustificata dall'impegno temporale richiesto per un elevato numero di misure; tra l'altro ciò comporterebbe un tempo complessivo piuttosto lungo con il rischio, seppure limitato, di cambiamenti delle condizioni di flusso dell'acqua. Pertanto, in linea di massima, si raccomanda un numero di misure lungo la stessa verticale pari a:

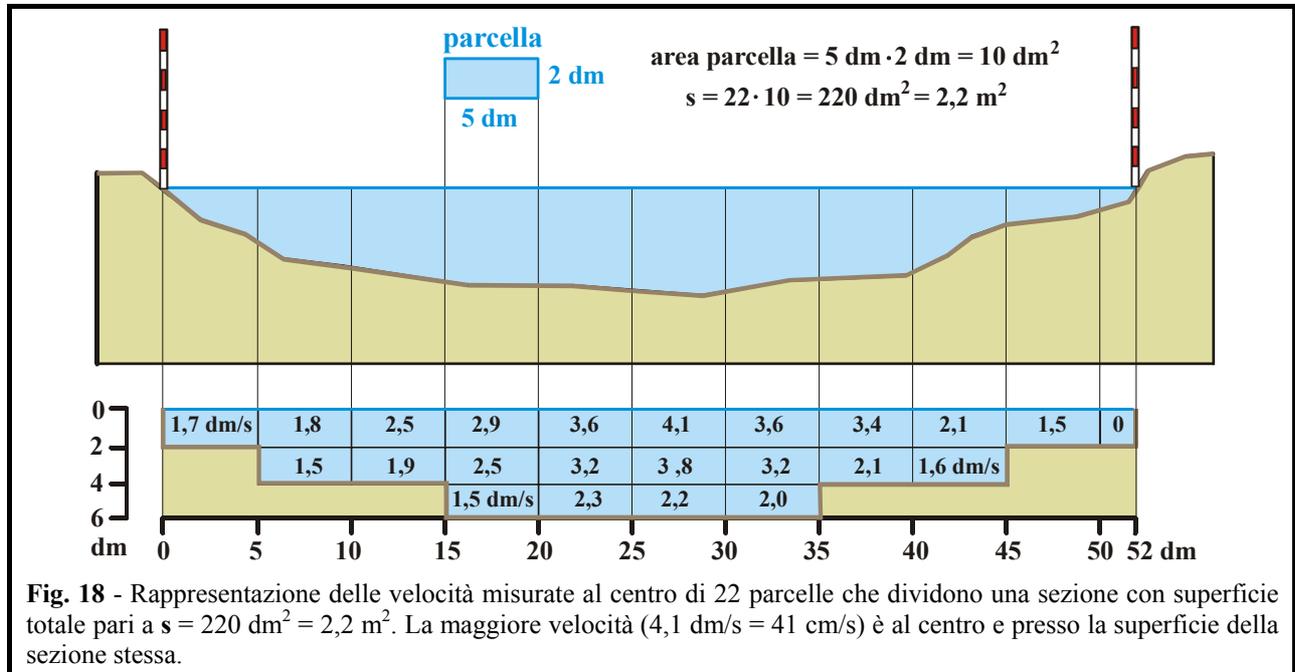
- 1 parcella sulla verticale per profondità fino a 2 dm (0,2 m);
- 3 parcelle sulla verticale per profondità fino a 5 dm (0,5 m);
- 4 parcelle sulla verticale per profondità fino a 10 dm (1,0 m);
- 5 parcelle sulla verticale per profondità fino a 15 dm (1,5 m);
- 6 parcelle sulla verticale per profondità fino a 20 dm (2,0 m).

Con tale sistema, per esempio, si garantisce una precisione complessiva superiore al *metodo dei due punti*<sup>33</sup>, tra quelli descritti dalle norme ISO.

<sup>32</sup> Per quanto attiene il funzionamento e l'uso pratico del mulinello idrometrico si fa riferimento ai manuali di istruzione che solitamente accompagnano lo strumento.

<sup>33</sup> Esso prevede due sole misure lungo la verticale e precisamente in corrispondenza delle parcelle che si trovano a profondità pari al 20 % e all'80 % di quella massima lungo la verticale stessa. Quindi viene considerata la velocità media aritmetica delle due misure, considerata rappresentativa dell'intero transetto.

**CALCOLO DELLA PORTATA.** Una volta effettuata la scelta della sezione e stabilita la sua geometria, risulta un'area suddivisa in parcelle da linee verticali ed orizzontali. Tali parcelle hanno forma di quadrilateri con dimensioni note e con le quali è possibile calcolarne facilmente le aree (la somma delle aree di tutte le parcelle è pari all'area totale "s"). Si passa quindi alle misure delle velocità delle correnti d'acqua che attraversano tali parcelle, collocando l'asse del mulinello al centro di ciascuna. La **fig. 18** rappresenta un esempio del tutto teorico, nell'ambito del quale, per comodità illustrativa, non si è tenuto conto delle indicazioni sul numero di transetti e di siti di misura lungo le verticali.



Applicando la formula 1) si moltiplicano i valori delle superfici [dm<sup>2</sup>]<sup>34</sup> di tutte le parcelle ( $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$ ) per quelli relativi alle velocità di corrente [dm/s] misurata con il mulinello ( $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$ ); si ottengono le portate [dm<sup>3</sup>/s = l/s] relative alle parcelle stesse. La portata complessiva ( $q$ ) è data dalla somma delle portate ( $q_i$ ) di tutte le "n" parcelle:

$$q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = v_1 s_1 + v_2 s_2 + v_3 s_3 + \dots + v_n s_n \quad 5)$$

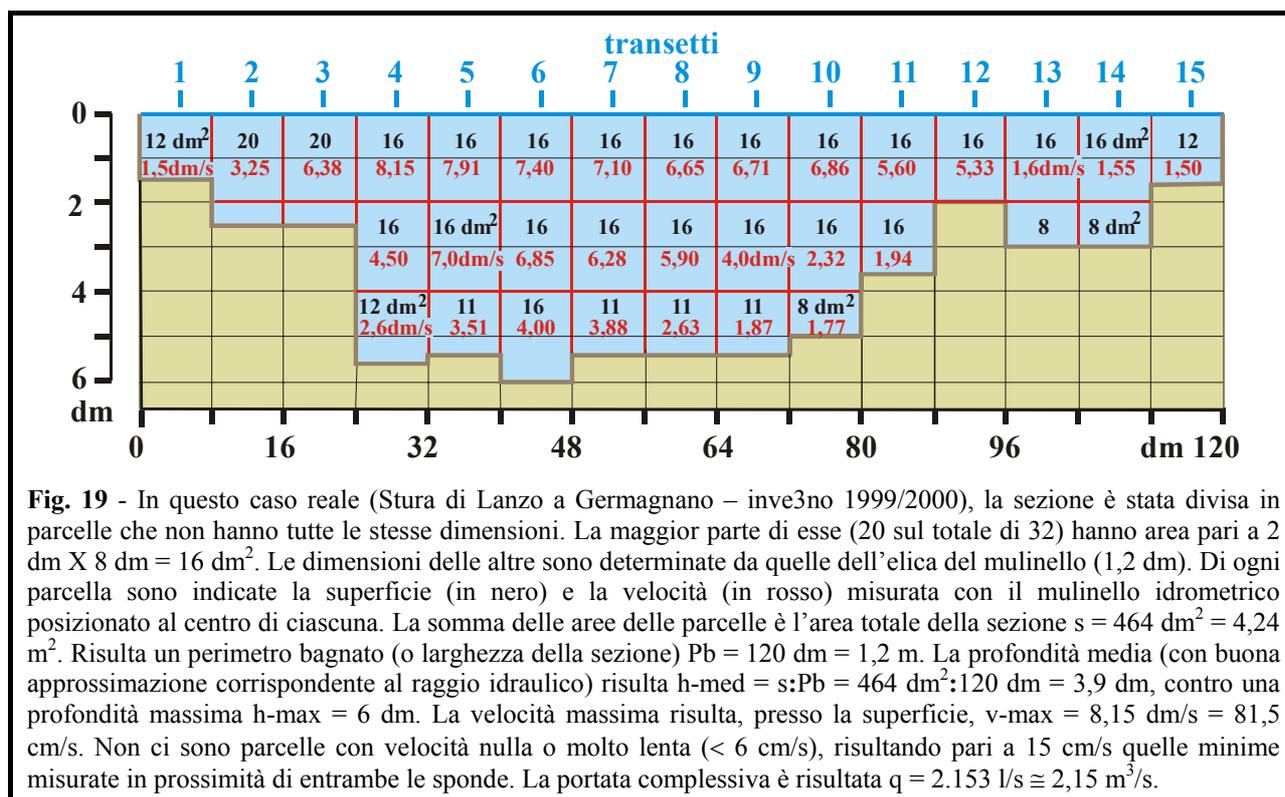
Effettuando il calcolo per il caso esemplificato in **fig. 18**, si ottiene un valore  $Q = 555 \text{ l/s} (\cong 0,56 \text{ m}^3/\text{s})$ . Si tratta di una portata relativamente modesta per un corso d'acqua con alveo bagnato di 5 metri e profondità massima di 6 dm. Se tutti valori di velocità di corrente fossero cinque volte maggiori, si otterrebbe una portata di oltre 2.775 l/s (2,7 m<sup>3</sup>/s), cioè molto alta rispetto alle dimensioni dell'alveo. La velocità di corrente più elevata risulterebbe di oltre 200 cm/s, che creerebbe serie difficoltà all'operatore che utilizza il mulinello nel riuscire a mantenersi in piedi.

**UN PAIO DI ESEMPLI.** Si ritiene utile, a questo punto, illustrare un paio di esempi pratici relativi a situazioni effettivamente riscontrate in occasione di rilievi effettuati su due corsi d'acqua molto diversi per dimensioni dell'alveo e soprattutto per le portate.

Un primo caso riguarda un rilievo effettuato (nell'inverno 1999/2000) sullo Stura di Lanzo a valle della confluenza con lo Stura di Viù (Provincia di Torino), in un tratto sotteso da un impianto idroelettrico e quindi con una portata disponibile in alveo inferiore a quella naturale, cioè quella che si sarebbe riscontrata in assenza di derivazioni idriche (**fig. 19**). La scelta della sezione ha tenuto conto delle condizioni adatte alle

<sup>34</sup> Il modo con il quale viene suddivisa la sezione in transetti verticali e linee orizzontali tiene anche conto della comodità di disporre di parcelle con dimensioni che permettano facili calcoli per determinarne le aree e semplicità nella rappresentazione grafica della sezione.

misure di velocità della corrente con mulinello idrometrico ME 4001 della S.I.A.P. srl di Bologna.<sup>35</sup>. Mediante una modesta manipolazione (muovendo e risistemando una piccola quantità di materiale del fondo, costituito da ghiaia di granulometria media e grossolana) è risultata una sezione larga  $P_b = 120$  dm (12 m), con profondità massima di 6 dm. La sezione è stata suddivisa in 15 transetti, distanziati l'uno dall'altro 8 dm. Per ciascuna di esse sono state effettuate misure di velocità di corrente sulla base del numero di giri del mulinello per intervalli di tempo pari a 100 secondi. Le velocità ottenute  $1,50 \div 8,15$  dm/s (mediante lettura del contatore elettronico) risultano ampiamente comprese entro l'intervallo ammissibile dello strumento con errori inferiori al 5 %. La sezione risulta quindi suddivisa in 32 parcelle di cui 2 con superficie  $s = 20$  dm<sup>2</sup>, 20 con superficie  $s = 16$  dm<sup>2</sup>, 3 con  $s = 12$  dm<sup>2</sup>, 4 con  $s = 11$  dm<sup>2</sup> e 3 con superficie di 8 dm<sup>2</sup>. La superficie totale risulta quindi pari a  $S = 464$  dm<sup>2</sup> = 4,64 m<sup>2</sup>. Applicando la formula 5) si ottiene la portata istantanea  $q = 2.153$  l/s  $\cong 2,153$  m<sup>3</sup>/s.

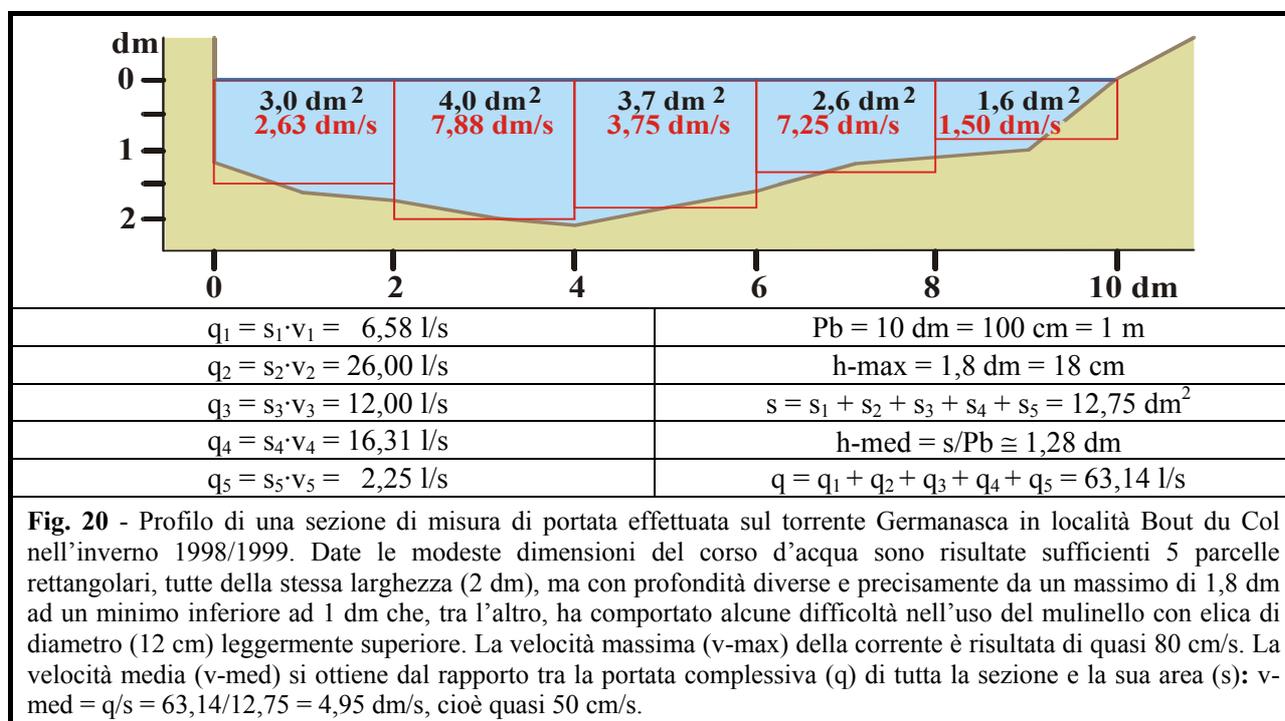


Sono state necessarie 32 misure di velocità della corrente. Tra l'altro si poteva applicare una procedura semplificata, con il metodo dei due siti per verticale. Consideriamo, per esempio il sesto transetto (quello relativo alla profondità massima della sezione  $h_{-max} = 6$  dm); tale metodo consiste, come già accennato, nella misura in due siti (invece che nel centro di tre parcella) e precisamente uno alla profondità pari al 20 % di quella massima ( $v_{02} \Rightarrow 0,2 \cdot 6$  dm = 1,2 dm) e l'altro alla profondità pari all'80 % di quella massima ( $v_{08} \Rightarrow 0,8 \cdot 6$  dm = 4,8 dm); quindi si calcola la media aritmetica  $v_m = (v_{02} + v_{08}):2$  che si ritiene rappresentativa di tutta l'area della parcella considerata dalla superficie al fondo (48 dm<sup>2</sup>). Il prodotto fra i due valori rappresenta la portata parziale dell'intera parcella. Con tale metodo si ha la possibilità di effettuare due sole misure dal transetto 4 al transetto 11 e quindi, in totale, 25 misure anziché 32. In questo caso è evidente che non esiste molta differenza tra i due sistemi, in termini del tempo necessario per effettuare la misura complessiva. Situazioni diverse sono quelle con sezioni più ampie e caratterizzate da maggiori profondità (superiori al metro); in tali casi il numero di misure sarebbe sostanzialmente minore e minore il tempo necessario per l'esecuzione dell'intera procedura, con riduzione dei rischi di eventuali cambiamenti di portata che si potrebbero nel contempo determinare.

Un altro caso rappresenta una situazione caratterizzata da una scarsa portata riscontrata nel torrente Germanasca di Prali (Porovincia di Torino) nell'inverno 1998/99 in località Bout du Col a circa 1.770 m s.l.m. In quell'occasione fu utilizzato lo stesso strumento impiegato per il caso prima illustrato. Mediante

<sup>35</sup> Strumento dotato di elica con diametro pari a 12 cm e 25 cm di passo; velocità minima di misura di corrente 5 cm/sec; contatore di giri C.E. 9615 elettronico con lettura diretta della velocità di corrente.

una modesta manipolazione (muovendo e risistemando una piccola quantità di materiale del fondo, costituito da ghiaia di media granulometria) si è ottenuta una sezione praticamente rettangolare, larga 12 dm, con profondità prevalente di 1,5 dm, fino ad un massimo di 2 dm. Sono stati individuati 5 transetti, distanziati l'uno dall'altro 2 dm in modo da ottenere sei parcelle di superficie intono a 2 dm<sup>2</sup>. Per ciascuna di esse è stata effettuata una sola misura di velocità di corrente sulla base del numero di giri del mulinello per intervalli di tempo pari a 100 secondi (**fig. 20**).

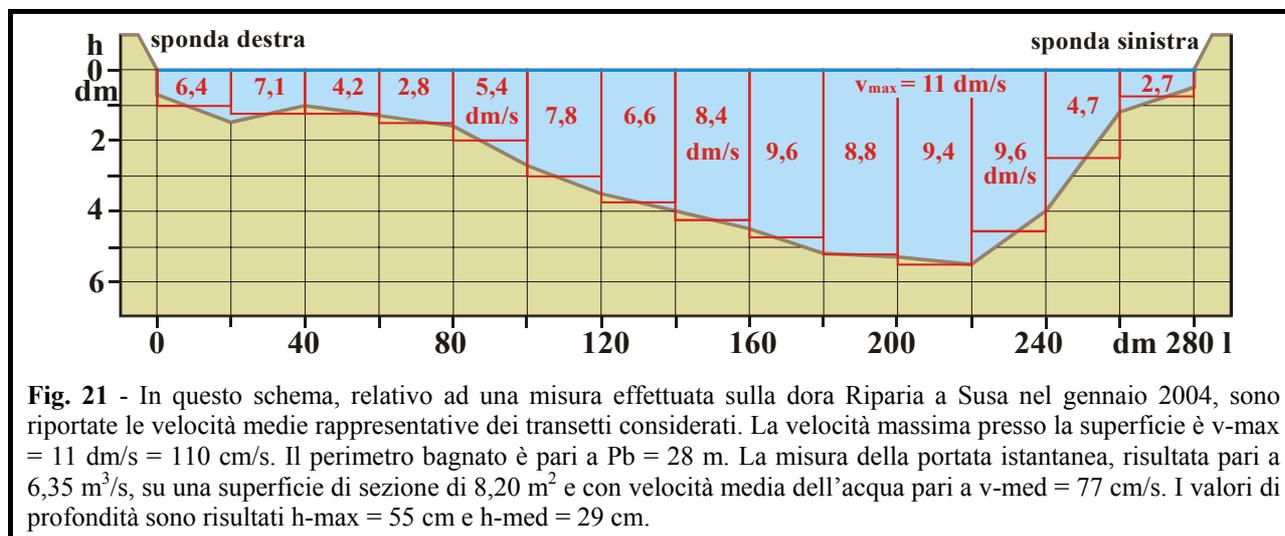


La somma delle portate determinate per ciascuna parcelle è risultata  $q \cong 63 \text{ l/sec}$ . Cioè un valore decisamente modesto, ma bisogna considerare che il Germanasca, nel tratto oggetto della misura, è ancora un piccolo torrente di alta montagna ed alimentato da un bacino di limitate estensioni e, per di più, durante il periodo di magra invernale. Merita sottolineare il modo con cui la sezione è stata rappresentata: con un insieme di quadrilateri le cui basi sono state collocate in modo da "compensare" il profilo relativamente irregolare del fondo, al fine cioè di procedere con figure geometriche semplici per il calcolo delle aree, ma facendo in modo, per quanto possibile, di conservare l'area totale reale della sezione. È ovvio che una simile procedura comporta un certo margine di errore. Tuttavia bisogna considerare che, ai fini delle valutazioni di carattere biologico, tali errori sono del tutto trascurabili.

**LIMITI.** La **fig. 21** illustra il profilo di una sezione della Dora Riparia presso Susa (Provincia di Torino) in corrispondenza del quale è stata effettuata una misura di portata nel gennaio 2004. In questo caso è stato necessario lavorare su un fondale con profondità massima vicina ai 60 cm e quindi, sotto questo aspetto, paragonabile alla situazione riscontrata nello Stura di Lanzo (**fig. 21**). Sembra che quindi condizioni simili per quanto attiene la possibilità di operare su tutta la larghezza dell'alveo, ma la velocità massima riscontrata sulla Dora (110 cm/s) è risultata significativamente superiore a quella valutata sullo Stura (poco più di 80 cm/s). Una velocità di corrente superiore a 100 cm/s non pone particolari problemi all'operatore se le profondità sono di pochi decimetri, ma con profondità superiori al mezzo metro, una tale corrente, che può essere definita "molto rapida" (**fig. 7** in **appendice uno**), risultano evidenti difficoltà di azione, soprattutto in presenza di ciottoli resi scivolosi dal ricoprimento di patine algali, con margini di rischio non indifferenti. La misura di portata effettuata sulla Dora ha in effetti comportato non poche difficoltà, tenuto anche conto che il valore determinato (oltre 6 m<sup>3</sup>/s) è risultato da una serie di misure sullo sviluppo del perimetro bagnato  $p_b = 28 \text{ m}$ , un valore ben superiore a quello relativo al succitato caso dello Stura (12 m).

La misura di portata alla sezione fluviale della Dora Riparia è stata effettuata contestualmente ad un campionamento relativo all'ittiofauna che, date le condizioni, ha interessato un'area parziale ( $A_c$ ) rispetto all'area complessiva ( $A_s$ ) della stazione e precisamente quella prossima alla sponda destra, approssimativamente fino al centro del fiume; in sostanza una situazione simile a quella descritta in **fig. 11c**

dell'appendice uno, con  $Ac \cong 50\%$ . Il campionamento, nelle zone più profonde e con velocità della corrente prossime o superiori a 100 cm/s, non era possibile, in termini di efficacia dell'azione del gruppo elettrogeno impiegato e di catturabilità dei pesci. Per tali motivi si è proceduto ad insistere con l'azione di pesca estendendo la lunghezza dell'area campionata, allo scopo di ottenere comunque una valutazione qualitativa attendibile dello stato della comunità ittica. In tali situazioni risulta evidente che non sono possibili analisi quantitative delle strutture e dinamiche delle popolazioni.



L'esempio sopra descritto è utile per comprendere che non sempre è possibile ottenere dati ed informazioni su tutte le componenti ambientali che caratterizzano un ecosistema fluviale e le difficoltà operative che spesso risultano in numerose situazioni lo dimostrano. Ciò non significa che non sia possibile effettuare misure di portata più o meno in tutte le condizioni, salvo naturalmente in occasione delle manifestazioni di piena. Ma occorre tenere conto che stiamo discutendo intorno ai parametri ambientali che si ritengono utili per la caratterizzazione della stazione di campionamento.

Certamente la misura della portata istantanea al momento del campionamento è un dato molto utile, ma si tratta di una procedura che, anche nei corsi d'acqua con modeste portate (indicativamente inferiori a  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ ), si può definire complessa, costosa e caratterizzata da tempi relativamente lunghi (**appendice due**), tanto che si ritiene indispensabile solo per applicazioni particolari. In ogni caso per fiumi più grandi, con portate superiori a  $7 \div 8 \text{ m}^3/\text{s}$  e/o su sezioni che presentano profondità e velocità di corrente che rendono difficile l'operatività dei tecnici impegnati nell'uso degli strumenti, la misura della portata non è possibile. O meglio lo sarebbe, ma a condizione di disporre di apparecchiature molto più costose e complesse, che non rientrano nel bagaglio di quelle normalmente utilizzate dagli ittiologi e più in generale, dai naturalisti e dai biologi che si occupano di idrobiologia. D'altra parte, in tali situazioni, i costi per la misura delle portate diventerebbero eccessivi, per qualunque scopo applicativo.

Non è semplice fornire indicazioni sulle dimensioni limite degli ambienti (soprattutto portata, profondità e velocità di corrente massime) rispetto alle quali si ritiene plausibile una misura di portata mediante l'utilizzo di semplici materiali e attrezzature (aste graduate, rotelle metriche, mulinello idrometrico o flussometro). Si può tuttavia affermare che, in generale, la misura di portata è una procedura comunque costosa ed impegnativa, rispetto ad un normale campionamento relativo all'ittiofauna, la cui necessità deve essere attentamente valutata, al fine di evitare un impegno eccessivo di risorse, frequentemente poco giustificato dall'utilità del dato idrometrico. Per tale motivo sarebbe forse necessario ammettere l'inopportunità della misura di portata in situazioni nelle quali le condizioni operative sono più difficili, cioè quando richiedono tecniche molto particolari, normalmente utilizzate dall'ingegneria idraulica di alto livello tecnologico strumentale. In linea di massima le condizioni adatte all'operatività necessaria e sufficiente con mezzi semplici ed attrezzature non eccessivamente costose per la misura della portata, sono, grosso modo, quelle che consentono di esercitare l'azione di campionamento dell'ittiofauna su tutta la larghezza dell'alveo (frequentemente quelle nelle quali è operativamente possibile  $Ac = 100\%$ ), senza l'ausilio di imbarcazioni.

## APPENDICE SETTE (regimi idrologici)

Nel bacino del Po i corsi d'acqua sono numerosi e, salvo poche eccezioni (es. Tanaro e Po), relativamente brevi, dalle origini spesso in fasce altimetriche elevate, alle foci in pianura, che raggiungono con ripidi percorsi. Le caratteristiche dei fiumi sono molto variabili in funzione delle dimensioni dei relativi bacini e dei loro climi. Se l'altitudine mediana di un bacino è bassa, la maggior parte dell'acqua meteorica è costituita da piogge, per cui le portate sono soprattutto influenzate da questo tipo di precipitazioni. Se il bacino è impostato in montagna, per l'abbondanza di precipitazioni nevose, il regime idrologico è influenzato dalle modalità di accumulo e di scioglimento delle nevi e dei ghiacci. Queste sono condizioni limite, ma le situazioni reali sono molto diversificate.

Le caratteristiche idrologiche del reticolo idrografico del bacino occidentale del Po si studiano facendo riferimento alle rilevazioni compiute dalle stazioni idrometriche del Servizio Idrografico Italiano (**tab. 14**). A titolo di esempio si considerano i regimi di tre fiumi (**fig. 22 ÷ 24**): il Tanaro a Montecastello (con altitudine più bassa), l'Orco a Pont Canavese (le cui sorgenti si trovano oltre i 3.000 m s.l.m., sul massiccio del Gran Paradiso) e la Dora Baltea a Tavagnasco (alimentata dai ghiacciai del gruppo del monte Bianco e da quelli del gruppo del Rosa).

Il regime del fiume Tanaro è caratterizzato da un massimo principale in primavera (maggio), un massimo secondario in autunno (novembre), da un minimo principale in inverno (gennaio) e da un minimo secondario in estate (agosto). La distribuzione di tali massimi e minimi nell'anno è simile a quella delle precipitazioni tipica di un po' tutto il Piemonte. Le portate del fiume Tanaro sono una risposta abbastanza diretta delle piogge; perciò, secondo la più diffusa classificazione (Desio, 1973), tale regime è di tipo "pluviale". Il fiume Orco presenta un massimo principale in giugno, mentre ancora in luglio le portate rimangono considerevoli. La collocazione del massimo secondario (autunno) e dei minimi (inverno ed estate) ricorda quella del Tanaro. Le elevate portate alla fine della primavera ed all'inizio dell'estate sono da attribuire allo scioglimento delle nevi nella parte alta del bacino ed alle abbondanti piogge del periodo. Per l'influenza delle nevi, oltre che delle piogge, il regime dell'Orco può essere classificato come "nivopluviale".

L'influenza delle nevi sul regime idrologico è evidente se si considerano i dati relativi alle altitudini massime e medie dei bacini. Il Tanaro presenta una altitudine mediana pari a 663 m s.l.m. e soltanto lo spartiacque della testata del bacino passa per una punta superiore a 3.000 m s.l.m. In tali bacini l'influenza dello scioglimento delle nevi che si accumulano nell'inverno è limitata. Diversa è la situazione dell'Orco con una altitudine media di oltre 1.900 m s.l.m.; nelle porzioni più elevate del relativo bacino, la cui principale vetta è il Gran Paradiso, all'inizio della primavera è ancora presente un cospicuo manto nevoso.

Una parte del bacino imbrifero della Dora Baltea si trova sopra i 4.000 m s.l.m. ed è caratterizzata dalla presenza di numerosi ghiacciai (massicci del Bianco, Rosa, Gran Paradiso, Cervino,...). L'altitudine mediana è superiore a 2.000 m s.l.m. Lo scioglimento delle nevi e dei ghiacciai avviene nei mesi caldi; di conseguenza le maggiori portate si hanno in giugno e in luglio e permangono cospicue anche in agosto. Le più modeste portate si registrano nell'inverno. Le piogge hanno meno importanza, essendo il regime dovuto essenzialmente al contributo dei serbatoi glaciali e nivali della Valle d'Aosta, regolati da regimi termici molto simili, come andamento, a quello delle portate. Si tratta quindi di un regime "nivoglaciale".

La rappresentazione della portata di un corso d'acqua in corrispondenza di una determinata sezione attraverso l'altezza della lama d'acqua uniformemente distribuita sul bacino sotteso (**deflusso; D**) permette un migliore confronto con la quantità d'acqua che giunge, attraverso le precipitazioni (**afflusso; A**), sul bacino stesso; afflussi e deflussi infatti sono quantificati con la stessa unità di misura [mm]. È pertanto possibile definire e confrontare alcuni termini del bilancio idrologico di un bacino. Si può utilizzare ancora il Tanaro come esempio (**fig. 22**). Nel diagramma la linea spezzata rappresenta gli afflussi meteorici medi mensili; essa è il regime pluviometrico del territorio nel quale si trova il bacino sotteso a Montecastello. Gli istogrammi neri rappresentano i deflussi meteorici medi mensili (regime idrologico). La differenza  $A - D$  è la quantità d'acqua che giunge con le precipitazioni sulla superficie del bacino, ma che non defluisce attraverso la sezione di Montecastello; essa costituisce le cosiddette "perdite apparenti", cioè acqua "persa" per evapotraspirazione.

Nei bacini permeabili molta acqua viene "persa" anche per via sotterranea e quindi le perdite apparenti risultano superiori all'acqua che ritorna all'atmosfera per evapotraspirazione; oppure i deflussi potrebbero essere alimentati anche da acque sotterranee provenienti dai bacini limitrofi e quindi le perdite apparenti

potrebbero risultare inferiori ai processi evapotraspirativi; si tratta di situazioni rare nel bacino occidentale del Po. Nei bacini con estese superfici glaciali (Alpi Nordoccidentali) le cose si complicano; infatti durante le fasi di ritiro dei ghiacci, molta acqua accumulata decenni o secoli prima, per effetto dell'incremento dell'ablazione, alimenta i deflussi facendo diminuire le perdite apparenti, tanto che, in alcuni casi, il coefficiente di deflusso medio annuo risulta superiore ad 1 (es. alto Toce e Rutor in Valle d'Aosta).

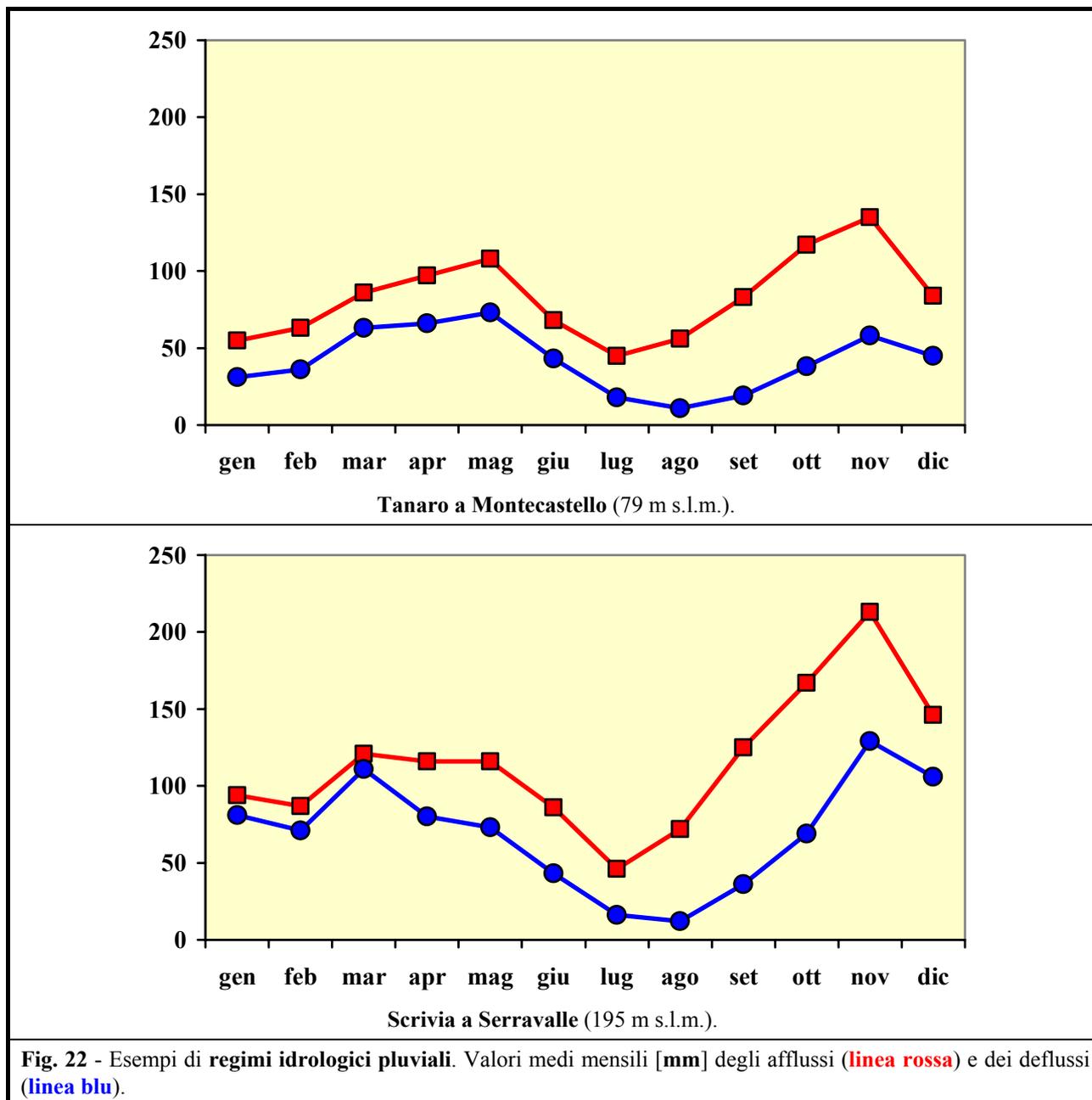
**Tab. 14** - Parametri morfometrici ed idrologici delle stazioni idrometriche del reticolo idrografico del bacino occidentale del Po (Servizio Idrografico Italiano, 1980) e di alcuni siti presso i quali sono disponibili le caratterizzazioni idrologiche di base (Cattai, 1999; C.R.E.S.T., 2002a-b, 2003b; Provincia di Torino, 2000).

Altitudine massima bacino sotteso (**Hmax**). Altitudine mediana bacino sotteso (**Hmed**). Altitudine sezione (**Hsez**). Superficie bacino sotteso (**Ab**). Numero di anni di osservazione (**N**). Coefficiente di deflusso medio annuo (**D/A**). Classificazione regime idrologico (**Clr**). Portata media annua (**Q**). Portate specifiche medie annue di durata pari a 182 giorni (**Q<sub>182s</sub>**) ed a 355 giorni (**Q<sub>355s</sub>**).

Fiume	Sezione	m s.l.m.			Ab km <sup>2</sup>	N	D/A	Clr	m <sup>3</sup> /s		
		Hmax	Hmed	Hsez					Q	Q <sub>182s</sub>	Q <sub>355s</sub>
		103101	<i>acque correnti a regime nivoglaciale permanenti</i>								
		103201	<i>acque correnti a regime nivopluviale permanenti</i>								
		103311	<i>acque correnti a regime pluviale tipo sub-litoraneo occidentale permanenti</i>								
		103321	<i>acque correnti a regime pluviale tipo sub-litoraneo padano permanenti</i>								
		103331	<i>acque correnti a regime pluviale tipo sub-litoraneo appenninico permanenti</i>								
		103341	<i>acque correnti a regime pluviale tipo sub-litoraneo alpino permanenti</i>								
Po	Crissolo	3.841	2.235	1.250	37	26	0,99	103101	1,5	27,1	10,8
Po	Moncalieri	3.841	950	214	4.885	44	0,53	103311	78,4	11,3	3,6
Po	S. Mauro T.se	3.841	1.097	201	7.408	11	0,62	103311	162	14,6	6,1
Po (*)	Casale M.to	4.810	1.260	107	13.940	11	0,64	103311	296	7,7	0,5
Po	Becca	4.810	?	55	36.770	23	0,59	103321	760	15,1	6,6
S.Bernardino	Santino	2.307	1.230	225	125	15	0,82	103201	6,9	30,0	7,6
Toce	Cadarese	4.633	2.146	729	183	15	1,08	103101	9,1	48,0	11,6
Toce	Candoglia	4.633	1.641	198	1.532	32	0,91	103201	67,1	30,5	13,4
Ticino	Miorina	4.633	1.283	190	6.599	50	0,82	103201	292	32,3	13,8
Mastallone	Ponte Folle	2.458	1.350	440	149	30	0,83	103201	7,6	23,8	4,6
Sesia	Campertogno	4.559	1.120	802	170	26	0,89	103101	6,9	24,6	4,1
Sesia	Ponte Aranco	4.559	1.480	336	695	24	0,82	103201	31,5	22,9	5,9
Sesia	Vercelli	4.559	925	177	2.274	-	0,5/7	103311	66,9	-	-
Cervo	Passobreve	2.556	1.495	580	74	13	0,81	103201	3,4	23,0	6,8
Rutor	Promise	3.486	2.616	1.483	50	31	1,25	103101	2,6	18,8	4,6
Artavanaz	St. Oyen	3.238	2.206	1.316	69	17	0,80	103201	2,3	21,6	9,9
Evancon	Champoluc	4.221	2.648	1.550	102	22	0,90	103101	3,2	17,4	4,2
Ayasse	Champorcher	3.186	2.392	1.420	42	21	1,07	103101	1,7	19,3	3,1
Dora Baltea	Tavagnasco	4.810	2.080	263	3.313	46	0,97	103101	96,4	18,8	7,1
Orco	Pont Can.se	3.865	1.930	430	617	39	0,82	103201	20,2	19,6	6,5
Stura Lanzo	Lanzo	3.632	1.751	447	582	39	0,84	103201	20,1	21,6	7,4
Stura Viù (*)	Usseglio	3.566	2.402	1.297	75	11	1,02	103101	3,2	31,6	11,2
Bardonechia	Beaulard	3.505	2.150	1.140	203	14	0,90	103201	5,4	18,7	8,7
Dora Riparia	Oulx	3.304	2.169	1.071	262	30	0,78	103201	5,5	12,9	6,5
Dora Riparia	S. Antonino	3.627	1.613	385	1.049	27	0,70	103201	19,6	14,0	8,2
Chisone	Souch.Basses	3.280	2.233	1.460	94	12	0,85	103201	2,4	15,1	5,4
Chisone	Fenestrelle	3.280	2.169	1.137	152	22	0,73	103201	3,2	12,2	4,5
Chisone	S. Martino	3.280	1.751	400	580	34	0,66	103201	12,8	12,7	4,9
Grana	Monterosso	2.647	1.540	710	102	37	0,71	103201	2,6	14,2	5,6
Tanaro	Ponte di Nava	2.651	1.623	804	148	35	0,80	103201	4,8	16,3	2,8
Tanaro	Nucetto	2.651	1.227	444	375	31	0,73	103201	10,7	15,0	3,6
Tanaro	Farigliano	2.651	938	235	1.522	28	0,69	103201	37,4	14,9	3,7
Tanaro	Montecastello	3.297	663	79	7.985	46	0,50	103321	127	10,0	1,4
St. Demonte	Gaiola	3.297	1.817	644	562	18	0,83	103201	18,0	22,6	9,7
Corsaglia	Centr.Molline	2.630	1.530	620	89	29	-	103311	2,9	17,0	3,5
Bormida	Cassine	1.386	493	120	1.483	12	0,56	103331	25,4	5,1	1,0
Scivia	Serravalle	1.699	695	195	605	25	0,60	103331	15,8	11,1	1,2
Borbera	Baracche	1.699	880	335	202	18	-	103331	4,9	9,9	2,3

Vobbia	Vobbietta	1.402	733	320	52	13	0,57	103331	1,4	17,1	1,2
Ceronda	Venaria	1.658	400	245	168	-	0,40	103311	2,4	9,4	2,8
Orba	Castellazzo	1.287	500	94	857	-	0,47	103331	13,4	7,4	0,5
Gorzente	Monte Piota	1.172	685	225	61	-	0,68	103331	2,0	15,6	2,0
Boesio	L.Maggiore	1.226	587	193	46	-	0,61	103341	1,8	23,1	8,7

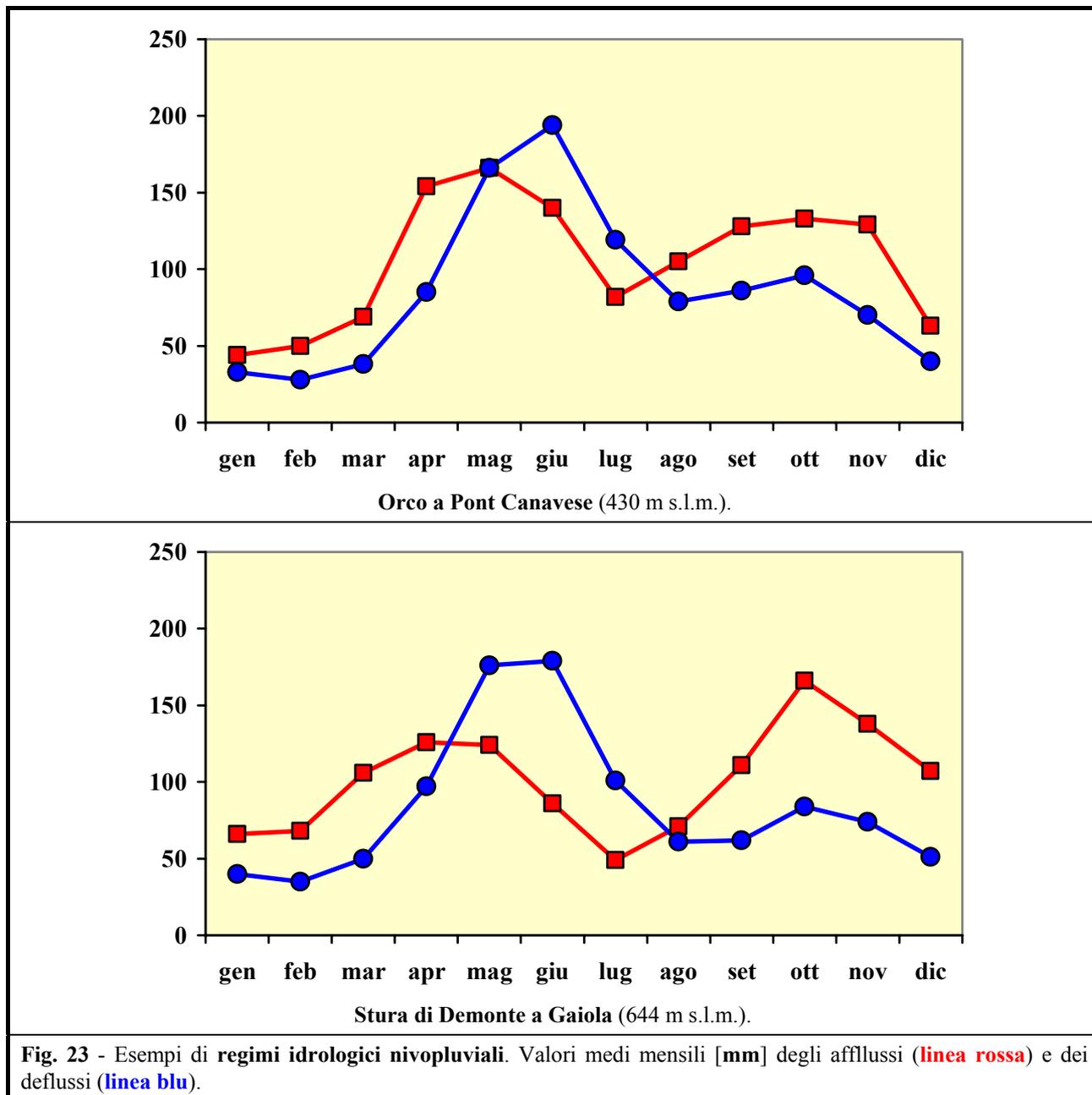
(\*) Portate fortemente alterate a causa di massicci prelievi idrici. In particolare il Po a Casale Monferrato risente in misura notevole della grade derivazione che alimenta il Canale Cavour.



**Fig. 22** - Esempi di regimi idrologici pluviali. Valori medi mensili [mm] degli afflussi (linea rossa) e dei deflussi (linea blu).

Il confronto fra i regimi degli afflussi e dei deflussi permette di interpretare meglio l'andamento idrologico medio di un corso d'acqua. Ritornando al Tanaro (fig. 22) si osserva che i due regimi hanno andamento quasi parallelo: le portate sono maggiori quando piove molto e viceversa, a confermare che si tratta di un regime francamente pluviale. Le maggiori perdite apparenti sono fra la fine dell'autunno e l'inizio dell'inverno, come accade anche per lo Scrivia. Infatti con l'inizio del periodo piovoso, la maggior parte dell'acqua va a rimpinguare le riserve del sottosuolo parzialmente prosciugate nell'estate. La situazione dell'Orco (fig. 23) presenta un aspetto peculiare; dalla fine della primavera all'inizio dell'estate i deflussi sono superiori agli afflussi, per lo scioglimento delle nevi nella parte alta del bacino. Vi è ancora un certo parallelismo tra i due andamenti per l'influenza del regime delle precipitazioni; anche in questo caso il

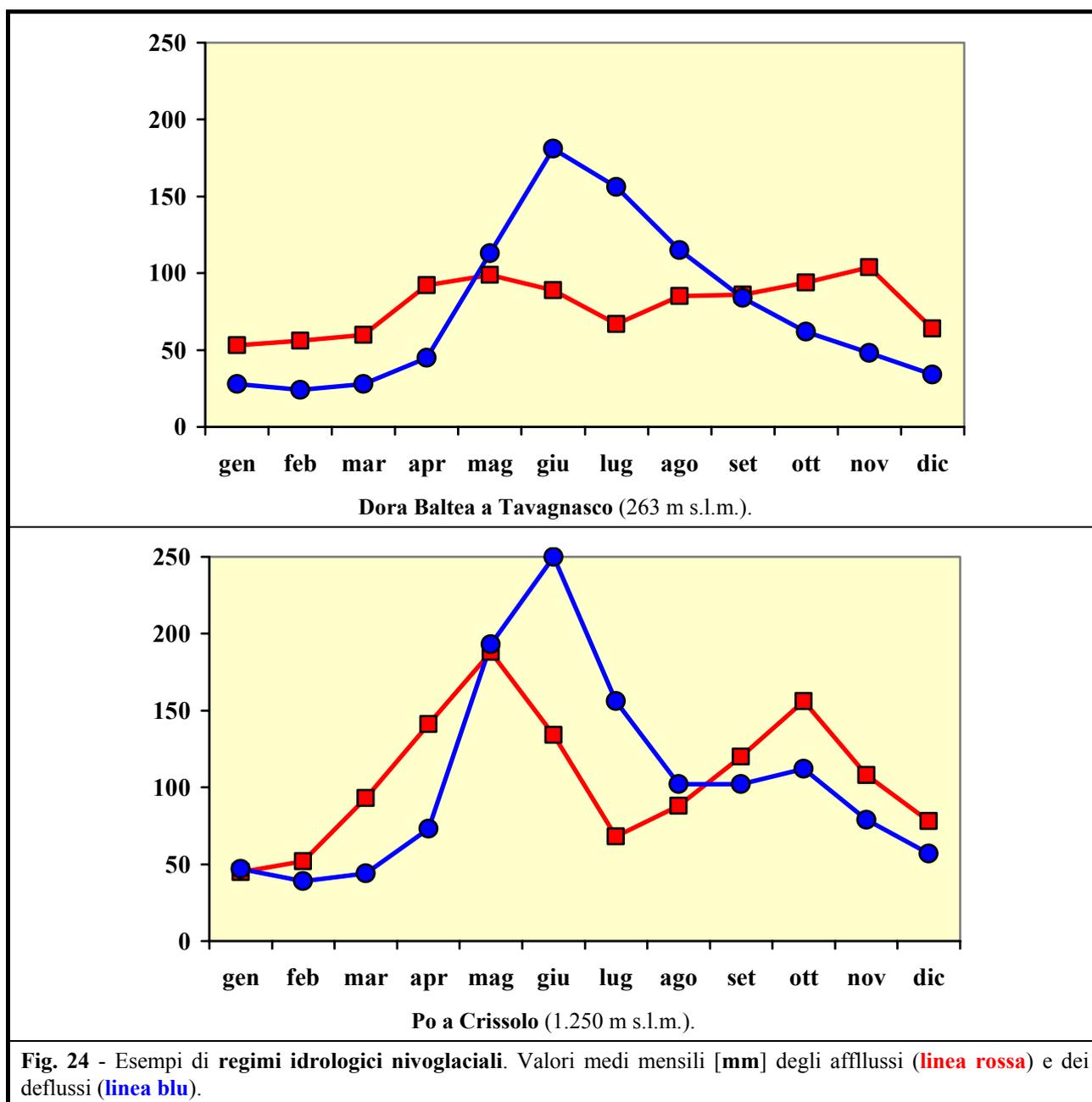
confronto fra afflussi e deflussi serve per interpretare meglio la classificazione del regime idrologico come nivopluviale. Nel caso della Dora Baltea (fig. 24) i due regimi presentano un andamento diverso. Il regime degli afflussi segue quello pluviometrico; il regime dei deflussi è invece simile a quello termico, con un massimo nell'estate ed un minimo nell'inverno; da maggio a settembre i deflussi si mantengono superiori agli afflussi per il contributo dell'ablazione delle nevi e dei ghiacciai; nella restante parte dell'anno gli afflussi sono superiori ai deflussi, ma i processi evapotraspirativi sono scarsi per le basse temperature.



Una sintesi del bilancio idrologico di un corso d'acqua è data dall'esame del rapporto fra deflussi (D) e afflussi (A). Il rapporto D/A, per una determinata sezione fluviale, di cui è tributario un certo bacino, rappresentativo di un determinato periodo di osservazione, su scala di tempo mensile o annua, prende il nome di **coefficiente di deflusso**. Esso è condizionato da:

- **Fattori meteorologici.** Le precipitazioni, per dar luogo a deflussi, devono essere superiori ad almeno pochi millimetri; altrimenti l'acqua verrebbe assorbita dal terreno e non più disponibile al ruscellamento; essa potrebbe poi evapotraspirare prima dell'apporto di piogge successive; se le precipitazioni fossero nell'anno frazionate in modo che ciascuna risulti di pochi millimetri, in teoria, non avverrebbe deflusso. Quindi esso dipende sia dalla quantità delle precipitazioni, sia dalla loro concentrazione nel tempo. Importante è la temperatura dell'aria; in pianura risulta più cospicua l'evapotraspirazione che sottrae

acqua ai deflussi. Alcuni bacini montani, caratterizzati da climi freddi e da precipitazioni concentrate in brevi periodi, i deflussi risultano pari agli afflussi; addirittura in certe situazioni caratterizzate dalla presenza di estesi ghiacciai in fase di ritiro i primi possono risultare superiori ai secondi.



**Fig. 24** - Esempi di regimi idrologici nivoglaciali. Valori medi mensili [mm] degli afflussi (linea rossa) e dei deflussi (linea blu).

- **Fattori geografici.** La collocazione geografica (vicina o distante dal mare, latitudine, altitudini mediana ed estreme, ecc....) determina le caratteristiche del clima (regimi termico e pluviometrico, intensità e direzione dei venti che aumentano i processi evapotraspirativi, ecc....). I caratteri morfometriche hanno influiscono sui deflussi; una maggiore pendenza dei versanti comporta un più veloce scorrimento delle acque e una minore evapotraspirazione. Importante è la distribuzione delle fasce altimetriche del bacino; nelle regioni montuose con creste elevate e sottili (Alpi) prevalgono le aree di minori altitudini; questi aspetti sono importanti in quanto la temperatura dell'aria diminuisce con la quota e quindi diminuisce l'evapotraspirazione ed aumenta il coefficiente di deflusso. Importante è anche l'orientamento del bacino e dei suoi versanti; questi, se esposti alle correnti (sopravvento), vengono "bagnati" da abbondanti precipitazioni, mentre i versanti sottovento sono più aridi.
- **Fattori geologici.** Nei bacini composti interamente o prevalentemente da rocce impermeabili (la situazione più frequente nella porzione occidentale del bacino del Po), i fattori geologici hanno scarsa influenza sul regime dei deflussi. Situazione opposta presentano i bacini con preponderanza di rocce

permeabili. Una porzione più o meno grande di acqua può essere sottratta ai deflussi a causa di perdite sotterranee o, al contrario, incrementata da apporti della stessa natura; inoltre la funzione idrogeologica delle formazioni permeabili si esplica con la formazione di una riserva sotterranea che passa con ritardo al deflusso. Gli afflussi vengono così ad essere smaltiti in due fasi: la prima come immediato deflusso superficiale, la seconda come deflusso ritardato delle acque di circolazione sotterranea.

- *Fattori biologici*. La copertura vegetale condiziona lo scorrimento superficiale ostacolando; lo sviluppo radicale e l'arricchimento del suolo di sostanza organica rendono igroscopico il terreno che acquista maggiore capacità di trattenere l'acqua a disposizione della stessa vegetazione. La traspirazione, per i bacini caratterizzati da una elevata copertura forestale, può costituire una voce importante nel bilancio idrologico. Fra i fattori biologici sono anche quelli antropici: disboscamenti e rimboschimenti e soprattutto opere di ritenzione (dighe) e di derivazione (per fini diversi).

I bacini idrologici italiani sono stati classificati in relazione al coefficiente di deflusso medio annuo (Pallucchini, 1934; Desio, 1973) nel modo seguente:

- bacini alpini con  $D/A > 0,70$  (costituiscono la maggior parte dei tributari di sinistra del Po, del Maira, del Varaita e dell'alto Tanaro; **tab. 14**);
- bacini dell'Appennino settentrionale e centrale, versante ligure padano e adriatico con  $D/A = 0,50 \div 0,70$  (fanno parte di questa categoria anche i corsi d'acqua che, nel bacino del Po, sono alimentati da bacini interamente impostati in collina e/o in pianura);
- bacini dell'Appennino centrale, versante tirrenico, dell'Appennino meridionale e delle isole con  $D/A = 0,30 \div 0,40$  (poco frequenti nel bacino del Po).

I corsi d'acqua possono essere classificati in funzione delle caratteristiche idrologiche. I criteri sono essenzialmente:

- *permanenza dell'acqua* (*permanenti*: con acqua sempre presente in alveo; *semipermanenti* e *temporanei*: con l'acqua presente in alveo rispettivamente per oltre e meno di metà anno);
- *regime idrologico* (*nivoglaciale*, *nivopluviale* e *pluviale* a seconda dei regimi degli afflussi e deflussi; i regimi pluviali possono essere ulteriormente suddivisi in funzione della classificazione climatica dei regimi pluviometrici);
- *coefficiente di deflusso* (a seconda del valore medio annuo  $D/A$ ).

Sulla base di tali criteri, nell'ambito del progetto della "Banca Dati delle Zone Umide" della Regione Piemonte (De Biaggi *et al.*, 1987; C.R.E.S.T., 1988), è stata proposta una classificazione e codificazione degli ambienti acquatici, successivamente adottata per la "Carta Ittica Relativa al Territorio Piemontese" (Regione Piemonte, 1991) che ha considerato, per l'analisi della distribuzione delle specie ittiche, le acque correnti permanenti: le tipologie considerate (**tab. 14**) sono le seguenti:

- 103101 - *acque correnti a regime nivoglaciale permanenti*;
- 103201 - *acque correnti a regime nivopluviali permanenti*;
- 103311 - *acque correnti a regime pluviale tipo sub-litoraneo occidentale permanenti*;
- 103321 - *acque correnti a regime pluviale tipo sub-litoraneo padano permanenti*;
- 103331 - *acque correnti a regime pluviale tipo sub-litoraneo appenninico permanenti*;
- 103341 - *acque correnti a regime pluviale tipo sub-litoraneo alpino permanenti*.

Si possono considerare un paio di esempi fra quelli riportati in **tab. 14**; utilizzando i criteri sopra citati, la Dora Baltea può essere definito un "corso d'acqua permanente a regime nivoglaciale di tipo alpino", e il Tanaro un "corso d'acqua permanente a regime pluviale sublitoraneo padano".

Molto utile è la valutazione del deflusso medio annuo espresso come contributo, cioè l'acqua che l'unità di superficie di bacino nell'unità di tempo concede come surplus idrico per alimentare la portata. Valgono due esempi. Se si indica con  $Q$  la portata media annua del Toce a Candoglia ( $67 \text{ m}^3/\text{sec} = 67.100 \text{ l}/\text{sec}$ ) e con  $S$  la superficie di bacino sotteso ( $1.532 \text{ km}^2$ ), il rapporto  $Q/S$  vale  $44 \text{ l}/\text{sec}/\text{km}^2$ ; il contributo medio annuo esprime la potenzialità idrica dell'areale contribuente il corso d'acqua; ogni kilometro quadrato del bacino del Toce "contribuisce" all'entità delle portate con  $44 \text{ l}/\text{sec}$ . Il Bormida a Cassine (**tab. 14**) ha una portata media annua inferiore ( $Q = 25,4 \text{ m}^3/\text{sec} = 17 \text{ l}/\text{sec}/\text{km}^2$ ), molto meno "generoso" del Toce; tuttavia il primo ha una superficie di bacino altrettanto grande ( $S = 1.483 \text{ km}^2$ ). La quota massima del bacino del Toce supera i  $4.600 \text{ m s.l.m.}$  e in corrispondenza delle fasce altimetriche più elevate sono presenti i ghiacciai del Massiccio del Rosa. L'altitudine mediana è oltre  $1.600 \text{ m s.l.m.}$ ; si tratta di un bacino prevalentemente di

montagna con clima relativamente rigido e scarsa evapotraspirazione. Il coefficiente di deflusso è elevato (0,91) e la maggior parte degli abbondanti afflussi meteorici che caratterizzano il clima del Piemonte Nord - orientale contribuiscono in modo rilevante ai contributi del bacino del Toce. L'altitudine massima del bacino del Bormida (1.386 m s.l.m.) è minore e non sono presenti isole glaciali; l'altitudine mediana è di appena 493 m s.l.m.; le estati sono calde e poco piovose e i processi evapotraspirativi notevoli. Il coefficiente di deflusso è più basso (0,56) e quindi una minor parte delle precipitazioni contribuiscono ai deflussi del bacino del Bormida.

I bacini che presentano le maggiori potenzialità idriche sono il Toce, l'alto Sesia (Piemonte Nord - orientale, area con precipitazioni medie annuali tra le più elevate del Nord Italia), lo Stura di Lanzo (in provincia di Torino), il Gesso e l'alto Po (in provincia di Cuneo), con valori superiori a 40 l/sec/km<sup>2</sup>. Le minori potenzialità idriche (meno di 25 l/sec/km<sup>2</sup>) si riscontrano per i bacini della Dora Riparia, del Chisone e del medio e basso Bormida. Considerando sezioni da monte a valle su uno stesso fiume, le potenzialità idriche tendono a diminuire; il Tanaro a Ponte di Nava ed a Ormea presenta valori superiori a 30 l/sec/km<sup>2</sup>; diminuiscono nel medio corso (25 l/sec/km<sup>2</sup>) fino a giungere ai valori più bassi ad Alessandria (15 l/sec/km<sup>2</sup>). Verso valle, il bacino acquisisce areali di bassa altitudine, con clima più caldo e più cospicui processi evapotraspirativi che sottraggono acqua ai deflussi. Nei bacini interamente impostati in collina e/o in pianura si riscontrano valori ancora più bassi dei coefficienti di deflusso e delle potenzialità idriche (es. Ceronda e basso Orba; **tab. 14**). Il bacino del Tepice (nel Chierese, in provincia di Torino) è caratterizzato da potenzialità idriche pari ad appena 5 l/sec/km<sup>2</sup> (Bruno *et Al.*, 1997).

La descrizione e quindi la classificazione dei regimi idrologici è importante anche ai fini della caratterizzazione biologica dei corsi d'acqua. Infatti la variabile disponibilità di acqua negli alvei condiziona in modo evidente le cenosi acquatiche, soprattutto nelle fasi di magra, durante le quali si possono instaurare condizioni di stress idrologico, anche piuttosto pronunciate. Per tale motivo si è ritenuto di proporre una classificazione dei regimi sulla base di quattro categorie e precisamente:

<b>nivoglaciale con massimo principale estivo</b>
<b>nivopluviale con minimo secondario tardo estivo</b>
<b>pluviale sublitoraneo con minimo principale estivo (<math>Q_{355s} &gt; 2 \text{ l/s/km}^2</math>)</b>
<b>pluviale sublitoraneo con minimo principale estivo molto scarso (<math>Q_{355s} \leq 2 \text{ l/s/km}^2</math>)</b>

In sostanza si propone di mantenere la distinzione tra i regimi nivoglaciali e nivopluviali, in quanto entrambi presentano il minimo idrologico nella stagione invernale, ma si distinguono nettamente per le elevate portate estive del primo. I regimi pluviali, come sopra illustrato, seguono quelli pluviometrici che, nella porzione occidentale del bacino del Po appartengono tutti al “**sublitoraneo**”, ma con quattro sottotipi (*occidentale, padano, alpino ed appenninico*; **tab. 14**) a seconda di come si collocano, nelle stagioni, i massimi ed i minimi stagionali (Mennella, 1967). Tuttavia, sotto il profilo idrologico, la magra estiva si evidenzia sempre nell'estate come minimo principale ed è proprio l'entità di tale magra che può costituire il riferimento principale per una distinzione in due categorie.

Nei regimi pluviometrici sublitoraneo occidentale ed alpino il minimo principale è invernale, quando minori sono le perdite per evapotraspirazione. Queste sono ovviamente molto più pronunciate in estate, stagione nella quale tuttavia le precipitazioni costituiscono il minimo secondario. Le portate specifiche di durata pari a 355 giorni, assimilabili alle magre normali (Perosino, 1989), difficilmente scendono sotto il valore di 2 l/s/km<sup>2</sup>. Nei regimi pluviometrici sublitoraneo padano ed appenninico invece il minimo principale è quello estivo, proprio in corrispondenza delle più accentuate perdite per evapotraspirazione. Tale situazione determina magre estive idrologiche significativamente più pronunciate, con valori delle portate specifiche di durata pari a 355 giorni quasi sempre inferiori a 2 l/s/km<sup>2</sup>.

## APPENDICE OTTO (indice fisico di produttività)

La produttività è funzione delle potenzialità trofiche di un corso d'acqua, la cui determinazione è importante ai fini della gestione dell'ittiofauna. Altrettanto importanti sono gli studi volti all'individuazione, lungo le aste fluviali, di zone più o meno omogenee per quanto riguarda le associazioni ittiche. È infatti utile classificare i corsi d'acqua in base a diverse tipologie, destinate a gestioni diversificate in funzione del tipo di comunità ittiche. Esistono relazioni fra produttività, zonazione longitudinale e ambiente fisico. Per la determinazione della produttività e della zonazione longitudinale sono state proposte diverse metodologie, quasi tutte basate su alcuni parametri tra i più significativi, quali il regime idrologico, la pendenza e la larghezza degli alvei, la temperatura delle acque e la loro qualità, la composizione delle comunità ittiche,... Considerando solo i fattori fisici e a parità di altre condizioni, per linee molto generali e schematiche, si può affermare che la produttività aumenta al crescere della portata, della temperatura delle acque e della superficie di fondo (larghezza degli alvei); diminuisce al crescere della velocità della corrente. Tali variabili non sono di facile determinazione, in quanto richiedono rilevazioni direttamente su "campo" in adatte e particolari condizioni ambientali. Altre sono invece già note o più facilmente misurabili direttamente su carte topografiche di dettaglio; esse sono legate alle precedenti per mezzo di funzioni empiriche i cui parametri possono essere determinati sperimentalmente, come suggerito da un'ampia letteratura idrologica. Alla luce delle precedenti considerazioni si possono formulare le seguenti considerazioni:

1. la produttività aumenta con la portata media annua;  $f(Q)$ ;
2. la produttività diminuisce al crescere della altitudine mediana del bacino imbrifero ( $H_{med}$ ) in conseguenza del gradiente verticale climatico termico negativo;  $f(1/H_{med})$ ;
3. la produttività è in funzione della pendenza media ( $K$ ) del corso d'acqua, in quanto all'aumentare di quest'ultima aumenta la velocità della corrente;  $f(1/K)$ .

Secondo quanto proposto da Perosino e Spina (1988) e successivamente applicato dalla Regione Piemonte (1991), si possono calcolare degli indici di produttività con i quali si cerca non tanto di fornire stime sulla produzione di biomassa ittica, ma di fornire valori numerici sintesi delle situazioni morfometriche ed idrologiche dei corsi d'acqua, da correlare con i dati relativi ad altre variabili ambientali in generale e con quelli relativi all'ittiofauna in particolare. Indicando con **A** l'indice fisico di produttività secondo la portata media annua  $Q$  ( $m^3/sec$ ) a livello di una determinata sezione, si propone la seguente relazione:

$$A = 3 + \text{Log}Q$$

La portata è espressa secondo il logaritmo decimale per ridurre l'eccessivo ambito di variabilità da valori minimi di  $0,001 m^3/sec$  (piccoli torrenti) a massimi di  $1.000 m^3/sec$  (grandi fiumi di pianura), con un rapporto di ben sei ordini di grandezza; il numero 3 evita valori negativi nel caso di logaritmi di dati inferiori all'unità; in tal modo l'indice **A** può variare tra 1 e 5. Indicando con **B** l'indice fisico di produttività secondo l'altitudine mediana  $H_{med}$  [m s.l.m.] del bacino sotteso ad una determinata sezione, si propone:

$$B = \frac{10}{\sqrt[3]{H_{med}}}$$

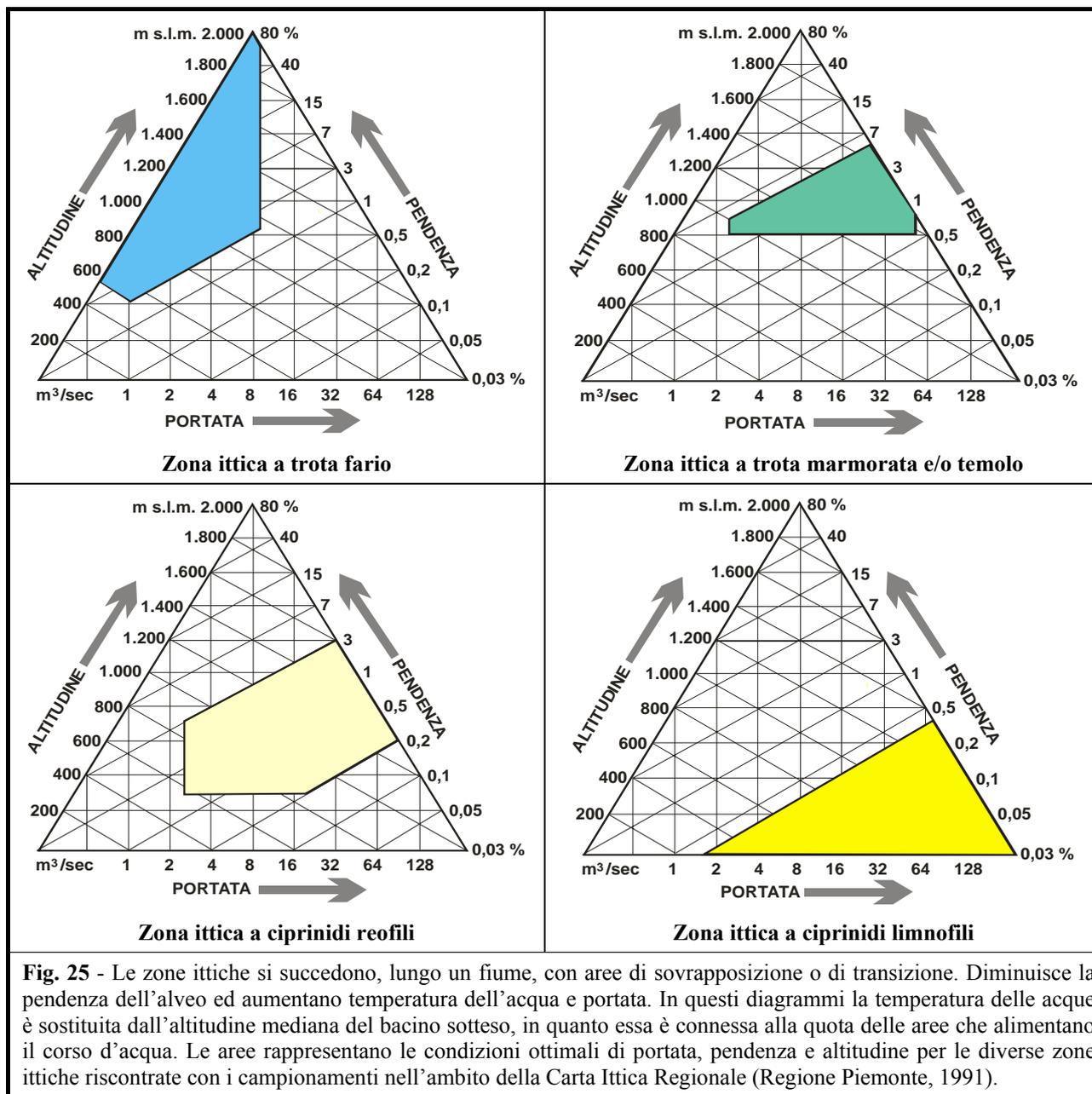
Con tale espressione i valori di **B** sono compresi tra 0,5 e 2 circa per altitudini comprese tra 100 m s.l.m. e 4.000 m s.l.m., limiti rappresentativi della variabilità nella porzione occidentale del bacino del Po. Indicando con **C** l'indice fisico di produttività secondo la pendenza media  $K$  dell'asta fluviale a monte di una determinata sezione:

$$C = \frac{1}{\sqrt[3]{K}}$$

Con tale espressione, considerando pendenze da 0,01 % al 50 %, i valori di **C** risultano compresi rispettivamente tra 4 e 0,1 circa. I valori dei tre suddetti indici (**A**, **B** e **C**) possono essere rappresentabili su un diagramma a tre assi ortogonali ad individuare, quindi, un prisma retto le cui dimensioni sono rappresentative di un indice fisico globale **I<sub>pf</sub>** definibile, quantitativamente, dal prodotto delle tre precedenti formulazioni:

$$I_{pf} = \frac{10 \cdot (3 + \text{Log}Q)}{\sqrt[3]{H_{med} \cdot K}}$$

Esso, nel bacino occidentale del Po, varia entro i limiti  $0,5 \div 30$  circa che, grosso modo, rappresentano i rapporti reali tra le produttività di un piccolo torrente di alta montagna e di un grande fiume di pianura. Le principali caratteristiche morfometriche ed idrologiche di un corso d'acqua possono essere così quantificate per mezzo di un unico valore che consente una visione immediata e sintetica dell'ambiente fisico.



Forneris e Perosino (1992) hanno analizzato i parametri relativi alla portata media annua ( $Q$ ), l'altitudine mediana ( $H_{med}$ ) e pendenza ( $K$ ) ed alla classificazione delle zone ittiche delle 300 stazioni considerate dalla "Carta Ittica Relativa al Territorio della Regione Piemontese" (Regione Piemonte, 1991), al fine di visualizzare la relazione tra le tre variabili considerate con la distribuzione delle comunità ittiche (fig. 25). Verificate tali relazioni, hanno correlato i valori degli indici di produttività fisica ( $I_{pf}$ ) delle stesse 300 sezioni con le relative classificazioni in zone ittiche. Tali Autori hanno quindi proposto i seguenti limiti:

zone ittiche	$I_{pf}$
trota fario	$< 3$
trota marmorata e/o temolo	$3 \div 5$
ciprinidi reofili	$5 \div 10$
ciprinidi limnofili	$> 9$

## BIBLIOGRAFIA (Autori citati)

- AUTORI VARI, 2000. I.F.F. *Indice di Funzionalità fluviale*. Agenzia Nazionale per la Protezione dell’Ambiente. Roma.
- AUTORI VARI, 2004. *recupero della trota marmorata nel Friuli Venezia Giulia*. Ente Tutela Pesca. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia. Udine.
- BADINO G., FORNERIS G., PASCALE M., PEROSINO G.C., 2002. *La fauna ittica della Provincia di Torino*. Riv. Piem. St. Nat., XXIV: 295 - 326 - Carmagnola (To).
- BADINO G., FORNERIS G., PEROSINO G.C., 1991. *Ecologia dei fiumi e dei laghi*. Assessorato Caccia e Pesca della Regione Piemonte. EDA, Torino.
- BIANCO P.G., 1990. *Proposta di impiego di indici e di coefficienti per la valutazione dello stato di degrado dell’ittiofauna autoctona delle acque dolci*. Atti III Conv. Naz. A.I.I.A.D. (Perugia, 28 - 30 settembre 1989). Riv. Idrobiol. 29,1: 131 - 149. Assisi (Pg).
- BOANO G., PEROSINO G.C., SINISCALCO C., 2003. *Sistemi di analisi naturalistiche relative alla redazione di rapporti di compatibilità ambientale ed alla predisposizione di strumenti per la pianificazione, tutela e gestione delle risorse naturali*. Settore Tutela della Fauna e della Flora della Provincia di Torino.
- BRUNO S., 1987. *Pesci e crostacei d’acqua dolce*. Giunti, Firenze.
- BRUNO L.G., PEROSINO G.C., TENANI P., 1997. *Le sorgenti e l’alto bacino del rio Tepice*. Associazione “Il Tuo Parco”. Presidio ecologico della VII Circoscrizione del Comune di Torino.
- CATTAI F., 1999. *Bacino del Ceronda: ambiente fisico, uso del suolo e delle risorse idriche*. Tesi di laurea inedita. Dipartimento di Biologia Animale dell’Università di Torino.
- C.R.E.S.T., 1988. *Banca Dati delle Zone Umide*. Assessorato Programmazione Economica e Parchi Naturali della Regione Piemonte - C.S.I., Torino.
- C.R.E.S.T., 1992. *Gestione delle risorse idriche superficiali del bacino dell’Orco (rapporto di sintesi)*. Provincia di Torino.
- C.R.E.S.T., 1999. *Piano di gestione delle risorse idriche del bacino del Po in Provincia di Cuneo (qualità chimica e biologica delle acque, carico antropico, ittiofauna e quadro di sintesi)*. Sistema delle Aree Protette della Fascia Fluviale del Po Cuneese (Regione Piemonte).
- C.R.E.S.T., 2001a. *Considerazioni circa la gestione, ai fini alieutici, di un ambiente ad acque stagnanti entro l’area di recupero ambientale in Casalgrasso*. Comune di Casalgrasso. Monviso s.p.a. di Casalgrasso (CN).
- C.R.E.S.T., 2001b. *Considerazioni circa la gestione, ai fini alieutici, di un ambiente ad acque stagnanti entro l’area di recupero ambientale “Regione Falè”*. Comuni di Faule e di Pancalieri. Fontane s.a.s. di Pancalieri (TO).
- C.R.E.S.T., 2002a. *Piano naturalistico della Riserva Naturale Speciale del Torrente Orba (morfometria, climatologia, idrobiologia, qualità biologica delle acque, funzionalità fluviale e ittiofauna)*. Sistema delle Aree Protette della Fascia Fluviale del Po (tratto alessandrino) e dell’Orba. In collaborazione con il C.R.E.A. (Centro Ricerche in Ecologia Applicata).
- C.R.E.S.T., 2002b. *Progetto fauna: studio idrobiologico del torrente Gorzente (settori morfometria, climatologia, idrologia, qualità biologica delle acque e ittiofauna)*. Parco Naturale Regionale Capanne di Marcarolo. In collaborazione con AQUAPROGRAM (Vicenza).
- C.R.E.S.T., 2003a. *Studio di impatto ambientale per il progetto di impianto termoelettrico in S. Michele Mondovì (CN). Flora, fauna terrestre ed idrobiologia (idrologia, qualità delle acque ed ittiofauna)*. I.C.L. - Industria Chimica del Legno SIMA. S. Michele di Mondovì (Cuneo).
- C.R.E.S.T., 2003b. *Le acque correnti superficiali naturali del reticolo idrografico del territorio della Comunità Montana Valcuvia*. Dipartimento di Produzioni Animali, Epidemiologia ed Ecologia dell’Università di Torino. Comunità Montana Valcuvia (Varese).
- DE BIAGGI E., PEROSINO G.C., FOIETTA F., SAINI R., STOPPA T., 1987. *L’eutrofizzazione dei bacini lacustri piemontesi e il progetto regionale di Banca Dati delle Zone Umide*. Riv. Piem. St. Nat., 8: 3 - 20. Carmagnola (TO).
- DELMASTRO G.B., 1982. *I pesci del bacino del Po*. CLESAB, Milano.
- DESIO A., 1973. *Geologia applicata all’ingegneria*. HOEPLI, Milano.
- DURIO P., MORI D., PEROSINO G.C., 1982. *Le variazioni climatiche, le glaciazioni, la morfogenesi glaciale (particolari riferimenti al Piemonte e alla Valle d’Aosta)*. Ce.Se.Di., Ass. Cult. Prov. Torino.

- EUROPEAN COMMUNITIES COMMISSION, 1991. *Corine biotopes manual*. Vol. 3: *Habitat of the European Community*. Office for Official Publication of the European Communities, Luxemburg (EUR 12587).
- FORNERIS G., 1989a. *Ambienti acquatici e ittiofauna*. Regione Piemonte, Edizioni EDA, Torino.
- FORNERIS G., 1989b. *Gli incubatoi di valle*. Amministrazione Provinciale di Torino.
- FORNERIS G., MERATI F., PASCALE M., PEROSINO G.C., 2004 (in stampa). *Proposta di indice ittico (I.I.) per il bacino occidentale del Po*. Atti X Conv. Naz. A.I.I.A.D. Pescara (28-29 marzo 2004).
- FORNERIS G., MERATI F., PASCALE M., PEROSINO G.C., 2005. *Proposta di indice ittico (I.I.) per il bacino occidentale del Po e prime applicazioni in Piemonte*. Riv. Piem. St. Nat., XXVI: 3 - 39. Carmagnola (To).
- FORNERIS G., PARADISI S., SPECCHI M., 1990. *Pesci d'acqua dolce*. Carlo Lorenzini Editore, Udine.
- FORNERIS G., PASCALE M., 2003. *Carta ittica della Provincia di Alessandria. Zona montana*. Provincia di Alessandria. EDA. Torino.
- FORNERIS G., PASCALE M., PALMEGIANO G. B., LODI E., BADINO G., 1996. *Attuale distribuzione dell'ittiofauna in provincia di Torino*. Atti VI Conv. Naz. A.I.I.A.D., Varese Ligure.
- FORNERIS G., PEROSINO G.C., 1992. *Indici fisici di produttività e zonazione ittica in Piemonte*. Riv. Piem. St. Nat., 13: 47 - 71. Carmagnola (TO).
- FORNERIS G., PEROSINO G.C., PINNA PINTOR. N., 1990. *Proposta di un modello di determinazione della qualità ambientale dei corsi d'acqua con parametri idrologici e biologici*. Assessorato Caccia e Pesca della Provincia di Torino.
- GANDOLFI G., ZERUNIAN S., TORRICELLI P., MARCONATO A., 1991. *I pesci delle acque interne italiane*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato. Roma.
- GHETTI P.F., 1986. *I macroinvertebrati nell'analisi biologica dei corsi d'acqua. Manuale di applicazione*. Stazione Sperimentale di Agraria Forestale, Servizio Protezione dell'Ambiente. Amministrazione Provinciale di Trento.
- GHETTI P.F. 1995. *Indice biotico Esteso (IBE)*. Notiziario dei Metodi Analitici. IRSA (CNR), ISSN: 0333392-1425: 1-24.
- GHETTI P.F., 1997. *Indice Biotico Esteso (i macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti)*. Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente. Amministrazione Provinciale di Trento.
- GIUFFRÀ E., FORNERIS G., GUJOMARD R., 1994. *Polimorfismo genetico e filogenia delle popolazioni di trota del bacino del Po*. Atti IV Conv. Naz. A.I.I.A.D. Riva del Garda: 21 - 32.
- GRIMALDI E., 1980. *I pesci d'acqua dolce*. Fabbri, Milano.
- GRIMALDI E., MANZONI P., 1990. *Specie ittiche d'acqua dolce*. Istituto Geografico De Agostini, Novara.
- HYDRODATA, 1999. *Progetto speciale 2.5. Azioni per la predisposizione di una normativa riguardante il minimo deflusso vitale negli alvei*. Autorità Di Bacino del Fiume Po. Parma.
- LADIGES W., VOGT D., 1965. *Die Süßwasserfische Europas*. Hamburg und Stuttgart.
- LINSLEY R.K., KOHLER M.A., PAULHUS J.L., 1949. *Applied hydrology*. Mc Graw Hill, New York.
- MARIANI G., 1988. *Pesci italiani d'acqua dolce*. Lucchetti, Milano.
- MARIANI G., BIANCHI I., 1991. *Il grande libro dei pesci d'acqua dolce d'Italia e d'Europa*. De Vecchi, Milano.
- MENNELLA C., 1967. *Il clima d'Italia nelle sue caratteristiche e varietà e quale fattore dinamico del paesaggio*. EDART, Napoli.
- NONNIS MARZANO F., TAGLIAVINI J., CHIESA D., PASCALE M., GANDOLFI G. 2003. “*Marcatori molecolari per la gestione e la conservazione di popolazioni appenniniche di trota fario*”. Atti del workshop “*Selezione e recupero della trota fario (Salmo trutta L.) di ceppo mediterraneo: esperienze a confronto*”: 25 - 30. Villalago di Piediluco (TN).
- MUUS B.J., DAHLSTRÖM P., 1970. *Europas ferskvandsfisk*. G.E.C. Gads Forlag, Copenhagen.
- PALLUCCHINI A., 1934. *Classifica dei fiumi italiani secondo il loro coefficiente di deflusso*. C.N.R. - Comit. per la Geogr., Delegazione ital. al Congr. Inter. Geogr. di Varsavia (agosto - settembre 1934).
- PASCALE M., 1999a. *La trota fario di ceppo mediterraneo: alcune problematiche legate alla gestione delle popolazioni autoctone di salmonidi*. Atti Conv.: Recupero e reintroduzione di ceppi autoctoni di trota fario, *Salmo (trutta) trutta L.*, di “ceppo mediterraneo” in ambienti appenninici tipici. Esperienze a confronto: 39 - 43. Provincia di Reggio Emilia.

- PASCALE M. 1999b. *L'ittiofauna dei corsi d'acqua della media valle Serchio - Bacino del fiume Serchio, sottobacini dei torrenti Corsonna, Loppora, Ania, Turrite Cava, Segone, Suricchiana*. Comune di Barga.
- PASCALE M., PALMEGIANO G. B. 1996. *Recupero di una popolazione autoctona di trota fario: l'esempio della Provincia di La Spezia*. Atti V Conv. Naz. A.I.I.A.D. Vicenza: 443 - 448.
- PASCALE M., PEROSINO G.C., ZACCARA P., 2005. *Idrobiologia, popolazioni ittiche degli ecosistemi fluviali nei parchi naturali regionali e portate idriche minime per la tutela dei corsi d'acqua, zone umide*. Progetto Interreg III A "Aqua" nella zona tra Italia Francia. Sistema Aree Protette Fascia fluviale del Po - Tratto Torinese. Regione Piemonte. Torino.
- PEDUZZI R., MENG H., 1976. *Introduzione alla pesca elettrica.2 - La reazione del pesce alla corrente elettrica*. Riv. It. Piscic. Ittiop. 11 (2): 55 - 63.
- PEROSINO G.C., 1989. *Portate minime per la conservazione dell'idrofauna dei corsi d'acqua soggetti a prelievi idrici*. Atti III Conv. Naz. A.I.I.A.D. (Perugia). Riv. Idrobiol. 1 (XXIX): 425 - 436.
- PEROSINO G.C., SPINA F., 1988. *Ricerca di modelli semplici con variabili morfometriche ed idrologiche per analisi di sintesi degli ambienti fisici delle acque correnti naturali e possibili applicazioni nei campi biologico e ittico*. Atti II Conv. Naz. A.I.I.A.D. (Torino 5 - 7 giugno 1987): 251 - 260. Ass. Prov. Caccia e Pesca, Torino.
- PROVINCIA DI PARMA, 2000. *La fauna ittica della Provincia di Parma. La Zona "D" - Salmonidi*. Assessorato caccia e Pesca.
- PROVINCIA DI TORINO, 2000. *Linee di gestione delle risorse idriche dei principali bacini idrografici affluenti del fiume Po in Provincia di Torino*. Area Ambiente, Parchi, Risorse Idriche e Tutela della Fauna. Servizio Gestione delle Risorse Idriche. Torino.
- PROVINCIA DI TORINO, 2005. *Fiume Po: miglioramento della fruibilità delle sponde e della capacità biogenica del corso d'acqua* (Censimento e distribuzione delle specie ittiche, esame delle dinamiche relative alle migrazioni trofiche e riproduttive, interazioni con le interruzioni della continuità biologica longitudinale ed ipotesi gestionali). Settore Tutela Fauna e Flora. Torino.
- REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA, 1997. *Carta ittica del bacino della Dora Baltea (seconda fase)*. Assessorato Agricoltura, Forestazione e Risorse Naturali.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 2002. *Carta ittica dell'Emilia-Romagna - Zona "D"*. Assessorato Attività Produttive, Sviluppo Economico e Piano Telematico. Il Digitale., Cesena.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 2005. *Carta ittica dell'Emilia-Romagna - Zona "C"*. Assessorato Attività Produttive, Sviluppo Economico e Piano Telematico. In preparazione.
- REGIONE PIEMONTE, 1991. *Carta Ittica Relativa Il Territorio della Regione Piemontese*. Assessorato Caccia e Pesca. Torino.
- REGIONE PIEMONTE, 1992. *Istruzioni integrative per l'applicazione del DMV - deflusso minimo vitale in un corso d'acqua naturale - e relative all'introduzione di uno standard di compatibilità ambientale per i prelievi da acque superficiali*. Settore Pianificazione e Gestione delle Risorse Idriche. Assessorato all'Ambiente. Torino.
- REGIONE PIEMONTE, 2002. *Monitoraggio ambientale dei corsi d'acqua in Piemonte. Atlante dei punti di campionamento*. Nuovo Bollettino MARIUS. Direzione Pianificazione Risorse Idriche. Torino.
- REGIONE PIEMONTE, 2005. *Monitoraggio della fauna ittica nei corsi d'acqua piemontesi*. Direzione Pianificazione delle Risorse Idriche. Torino.
- REMENIERAS G., 1972. *L'hydrologie de l'ingenieur*. Eyrolles, Parigi.
- SERVIZIO IDROGRAFICO ITALIANO, 1980. *Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani*. Ministero Lavori Pubblici, Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.
- SIMPO, S.p.A., 1980. *Studio e progettazione di massima delle sistemazioni idrauliche dell'asta principale del Po, dalle sorgenti alla foce, finalizzata alla difesa ed alla conservazione del suolo e nella utilizzazione delle risorse idriche*. Magistrato del Po. Parma.
- TORTONESE E., 1970. *Osteichthyes - Pesci ossei*. Fauna d'Italia, vol. X. Calderini Bologna.
- TORTONESE E., 1975. *Osteichthyes - Pesci ossei*. Fauna d'Italia, vol. XI. Calderini Bologna.
- VOSTRADOVSKY J., 1975. *I pesci d'acqua dolce*. Teti, Milano.
- ZERUNIAN S., 2002. *Condannati all'estinzione*. Edagricole. Bologna.
- ZERUNIAN S., 2004. *Proposta di un Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche viventi nelle acque interne italiane*. Biologia Ambientale, 18 (2): 25 - 30.