

Centro
Italiano
Studi di
Biologia
Ambientale

BIOLOGIA AMBIENTALE

Volume 21

Numero 1

Maggio 2007



ISSN 1129-504X



BIOLOGIA AMBIENTALE

Pubblicazione del C.I.S.B.A., vol. 21, n. 1/2007

Autorizzazione del Tribunale di Reggio Emilia n. 837 del 14 maggio 1993

PROPRIETÀ: **Rossella Azzoni**, Presidente del C.I.S.B.A.

DIRETTORE RESPONSABILE: **Rossella Azzoni**

REDAZIONE:

Giuseppe Sansoni	sansoni@infinito.it	resp. di redazione
Roberto Spaggiari	info@cisba.it	resp. di segreteria
Gilberto N. Baldaccini	gilbaldaccini@virgilio.it	redattore
Pietro Genoni	p.genoni@arpalombardia.it	redattore

Comitato Scientifico

Roberto ANTONIETTI

Dip. Scienze Ambientali, Univ. di Parma

Natale Emilio BALDACCINI

Dip. di Etologia, Ecologia, Evoluzione, Univ. di Pisa

Roberto BARGAGLI

Dip. Scienze Ambientali, Univ. di Siena

Antonio DELL'UOMO

Dip. di Botanica ed Ecologia, Univ. di Camerino

Silvana GALASSI

Dip. di Biologia, Università di Milano

Pier Francesco GHETTI

Dip. Scienze Ambientali, Univ. Cà Foscari, Venezia

Stefano LOPPI

Dip. Scienze Ambientali, Univ. di Siena

Sergio MALCEVSCHI

Ist. Ecologia del territorio e degli ambienti terrestri,
Univ. di Pavia

Maurizio G. PAOLETTI

Dip. di Biologia, Univ. di Padova

Luciano SANTINI

Dip. C.D.S.L. Sez. Entomologia agraria, Univ. di Pisa

Paolo Emilio TOMELI

Dip. Agronomia e gestione agroecosistema, Univ. di Pisa

Mariagrazia VALCUVIA PASSADORE

Dip. Ecologia del territorio e degli ambienti terrestri,
Univ. di Pavia

Pierluigi VIAROLI

Dip. Scienze Ambientali, Univ. di Parma

Luigi VIGANÓ

IRSA - CNR, Brugherio MI

Sergio ZERUNIAN

Parco Nazionale del Circeo, Sabaudia (LT)

Aldo ZULLINI

Dip. di Biotecnologie e Bioscienze, Univ. Milano Bicocca

Biologia Ambientale raccoglie e diffonde informazioni sulle tematiche ambientali, con particolare attenzione ai seguenti campi di interesse:

- Bioindicatori e biomonitoraggio
- Ecotossicologia
- Depurazione delle acque reflue
- Ecologia delle acque interne e dell'ambiente marino
- Gestione dell'ambiente
- Igiene ambientale
- Ecologia urbana
- Impatto ambientale
- Ingegneria naturalistica
- Rinaturazione e riqualificazione ambientale
- Conservazione della natura
- Ecologia del paesaggio

Biologia Ambientale è articolata in due sezioni:

Lavori Originali, in cui vengono pubblicati articoli e rassegne bibliografiche originali;

Informazione & Documentazione – sezione volta a favorire la circolazione di informazioni e di idee tra i soci – in cui vengono riportate recensioni di libri, riviste e altre pubblicazioni nonché notizie e lavori già pubblicati ritenuti di particolare interesse o attualità.

Biologia Ambientale, viene inviata ai soci del Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale (C.I.S.B.A).

Per iscriversi o per informazioni: Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale, C.P. 4010 Poste Rivalta, 42100 Reggio Emilia

Segretario: Roberto Spaggiari, tel. 334 9262826; fax 0522 363006; e-mail: info@cisba.it

www.cisba.it

info@cisba.it

Quote annuali di iscrizione al Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale: socio ordinario: Euro 40,00; socio collaboratore Euro 30,00; socio sostenitore Euro 310,00. Conto corrente postale n. 10833424 intestato a: CISBA, RE. Conto corrente bancario: BIPOP CARIRE C/C 446653 coord. G 05437 12807 000000446653

Tipografia NUOVA FUTURGRAF, Via Soglia 1, REGGIO EMILIA

BIOLOGIA AMBIENTALE

Volume 21
Numero 1
Dicembre 2007

SOMMARIO

LAVORI ORIGINALI

- CIUFFARDI L., MARIOTTI M.G. - **Monitoraggio qualitativo del popolamento di anfibi presente presso lo Stagno di Roccagrande (GE)** 3
- PINI PRATO E. - **Descrittori per interventi di ripristino della continuità fluviale: Indici di Priorità di Intervento** 9
- CARAVELLO G., PIVOTTO B. - **Individuazione di confini ecologici per un paesaggio fluviale nel tratto ritrale de "La Brenta": Bassano del Grappa-Tezze sul Brenta** 17
- SAVORELLI F., PALAZZI D., GORBI G., INVIDIA M., SEI S., MAGALETTI E., MANFRA L., GELLI F. - **Messa a punto di una metodologia di saggio a 14 giorni su *Artemia franciscana* e *A. parthenogenetica*** 27
- BARONE E., DI PARDO L., MELLONI A., CHIARETTI G., BONADONNA L., MANUPPELLA A. - **Attendibilità di metodi utilizzati per la determinazione di coliformi ed *Escherichia coli* in acque da destinare al consumo umano** 37
- FORNERIS G., MERATI F., PASCALE M., PEROSINO G.C. - **Indice Ittico - I.I.** 43

INFORMAZIONE & DOCUMENTAZIONE

- CARRADORI R., POZZI D. - **Il Cervo Nobile in Italia (*Cervus elaphus*, L. 1758). Biologia, gestione e conservazione** 61
- CARRADORI R., POZZI D. - **La gestione del Cervo Nobile (*Cervus elaphus*, L. 1758) nelle aree protette. Il caso dell'ANPIL del Monteferrato (Prato)** 68
- Recensioni 78

Foto di copertina

Stagno di Roccagrande (GE).

Monitoraggio qualitativo del popolamento di anfibi presente presso lo Stagno di Roccagrande (GE)

Luca Ciuffardi^{1*}, Mauro Giorgio Mariotti²

¹ Università degli Studi di Genova Dip.Te.Ris. – Corso Europa, 26 – 16132 Genova

² Università degli Studi di Genova Dip.Te.Ris. Sede Botanica – Corso Dogali, 1M – 16136 Genova

* Referente per la corrispondenza: luca.ciuffardi@unige.it

Pervenuto il 9.1.2006, accettato il 18.11.2006

Riassunto

Nell'ambito del progetto "Roccagrande: la storia dell'uomo e della natura", cofinanziato con fondi europei per lo sviluppo regionale (FESR), la presente ricerca ha studiato la composizione qualitativa del popolamento di anfibi presente presso lo Stagno di Roccagrande (GE). Le attività di monitoraggio hanno permesso di accertare come *Bombina variegata pachypus* risulti la specie più minacciata, a causa degli impatti legati soprattutto al calpestio e all'eutrofizzazione indotti dai numerosi capi di bestiame al pascolo brado. Al fine di contenere i fattori limitanti la sussistenza della comunità, appare necessaria l'installazione di una recinzione (o in alternativa di un pastore elettrico) lungo il perimetro della zona umida, nonché la costruzione di appositi abbeveratoi per il bestiame al di fuori della superficie cintata.

PAROLE CHIAVE: anfibi / Stagno di Roccagrande / monitoraggio

Qualitative monitoring of the amphibian populations of Stagno di Roccagrande (Province of Genova)

In the context of the project "Roccagrande: the history of the man and the nature", funded by the European Regional Development Fund (ERDF), a research aimed at studying the qualitative composition of the amphibian populations of Stagno di Roccagrande (Province of Genova) was carried out. The monitoring allowed to value that *Bombina variegata pachypus* is the most threatened species owing to the impacts of the pounding and the eutrophication caused by many individuals of wild grazing livestock. Making a close or an electric close along the perimeter of the wet area and making troughs outside from the closed zone to restrict the limitant factors are necessary.

KEY WORDS: amphibian / Stagno di Roccagrande / monitoring

INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni le popolazioni di anfibi presenti in Italia hanno conosciuto una fase di graduale e costante declino, da imputarsi essenzialmente alla distruzione e alla frammentazione degli habitat vitali, all'inquinamento, all'introduzione di specie esotiche ed al prelievo in natura (SCALERA, 2003; SCOCCIANI, 2001).

Anche la batracofauna ligure sta attraversando ormai da alcuni anni una fase di evidente contrazione, legata soprattutto alla graduale scomparsa di ambienti umidi idonei a soddisfarne le necessità biologiche. Il rapido interrimento delle raccolte d'acqua (legato al

generalizzato abbandono delle campagne) nonché la loro eventuale sostituzione con strutture di differente tipologia (come bidoni in plastica, vasche da bagno interrato, ecc.) hanno comportato infatti un'importante riduzione delle popolazioni di anfibi, instaurando così seri rischi di estinzione locale tra le specie più esigenti e minacciate.

In vista di queste problematiche, a partire dalla fine del 2003 la Comunità Montana "Val Petronio" (GE) ha intrapreso il progetto Docup Obiettivo 2 2000-2006 Misura 2.6 B per la Realizzazione Rete Natura 2000

“Roccagrande: la storia dell’uomo e della natura” (co-finanziato con fondi europei per lo sviluppo regionale), volto in particolare al mantenimento e al miglioramento dello stato di conservazione della zona umida dello Stagno di Roccagrande (detto anche Lago di Bargone) nonché delle popolazioni di anfibio che in esso vivono.

Tra le varie azioni di intervento, nell’ambito del suddetto progetto è stata realizzata la presente ricerca, finalizzata ad individuare le specie di anfibio tuttora presenti nel sito ed a formulare le indicazioni gestionali conseguenti.

MATERIALI E METODI

Area di studio

La presente ricerca ha interessato il Sito di Importanza Comunitaria IT1342806 “Monte Verruga – Monte Zenone – Roccagrande – Monte Pu” localizzato a cavallo tra le Province di Genova e La Spezia. In particolare le attività di monitoraggio, protrattesi da marzo a ottobre 2005, si sono concentrate sull’analisi qualitativa delle specie di anfibio presenti presso lo Stagno di Roccagrande (Fig. 1), situato in Comune di Casarza Ligure (GE).

Il piccolo specchio d’acqua è soggetto a forti variazioni di portata stagionali, tanto da risultare addirittura completamente asciutto durante le estati più siccitose. Le formazioni igrofile prevalenti costituiscono una zonazione su depositi fangosi e lembi frammentari di torbiere basse alcaline con prati semisommersi domi-

nati da giunco di Desfontaine (*Juncus fontanesii*), carice cespitosa (*Carex caespitosa*) o molinia (*Molinia coerulea*) alle quali si uniscono diverse altre specie di *Cyperaceae*.

In base agli studi sui depositi pollinici, la torbiera risulta quella che conserva testimonianze più antiche per la Liguria orientale (CRUISE e MAGGI, 2000).

La vegetazione delle aree limitrofe si contraddistingue per la presenza di formazioni a ginestra di Salzmänn (*Genista salzmannii*) e a bosso (*Buxus sempervirens*), aspetti vegetazionali che nella Liguria di Levante si presentano esclusivamente su rocce ofiolitiche (MARIOTTI, 1994; MARIOTTI *et al.*, 2002).

Oltre agli anfibio la componente faunistica vede presenti diversi taxa di particolare interesse, alcuni riportati da MARIOTTI *et al.* (2002): sono segnalate infatti numerose specie di invertebrati come *Euplagia quadripunctaria*, *Bidessus muelleri*, *Haliplus fulvus*, *Porhydrus obliquesignatus*, *Haliplus mucronatus*, *Guignotus pusillus*, *Colymbetes fuscus*, *Dytiscus marginalis*, *Argna bourguignatiana*, *Avenionia ligustica*, *Limax dacampoi*, *Retinella olivetorum*, *Zerynthia polyxena* e di uccelli come *Circus cyaneus*, *Dendrocopos major*, *Lanius senator*.

Metodi del monitoraggio e specie considerate

Tra le tecniche di monitoraggio suggerite da APAT e approvate dalla *Societas Herpetologica Italica*, per la realizzazione della presente ricerca sono state impiegate le seguenti metodiche:



Fig. 1. Lo Stagno di Roccagrande in primavera.

- rilevamento mediante osservazione diretta;
- rilevamento attraverso i canti;
- cattura temporanea mediante l'impiego di trappole a nassa galleggianti.

Il rilevamento mediante osservazione diretta è stato realizzato percorrendo a piedi con metodica standardizzata il perimetro dello Stagno di Roccagrande: durante ogni sessione di osservazione venivano effettuati tre giri completi attorno alle sponde della zona umida, e ciascuna sessione veniva ripetuta per tre volte, ad intervalli regolari di 15 minuti l'una dall'altra.

Il rilevamento attraverso l'ascolto dei canti (dedicato al monitoraggio dagli anuri) è stato condotto attraverso il confronto dei vocalizzi uditi sul campo con i richiami di svariate specie di anfibio contenuti in un apposito CD audio (TRILAR, 2003).

Le catture temporanee degli anfibio urodela in fase acquatica (regolarmente autorizzate dalla Provincia di Genova ai sensi della L.R. 4/92 "Tutela della fauna minore") sono state condotte attraverso l'impiego di due trappole a nassa galleggianti secondo il modello di CALDONAZZI e ZANGHELLINI (2000), successivamente modificato da AMBRIOGIO *et al.* (2003) (Fig. 2). Grazie al pannello galleggiante, l'estremità superiore del tubo rimaneva sopra il pelo dell'acqua, in modo da consentire agli animali presenti all'interno gli scambi respiratori di superficie. Le trappole sono state "ancorate" a qualche metro dalla riva mediante un cordino fissato alla sponda, tramite il quale veniva effettuato il recupero. Al fine di aumentare l'attrattività delle attrezzature

nei confronti degli animali, all'interno di ogni trappola venivano regolarmente inserite frattaglie di carne, precedentemente sminuzzate in maniera grossolana in modo da favorire l'emissione in acqua di sostanze ed effluvi adescanti. Tutti gli esemplari catturati sono stati prontamente determinati, sottoposti a misurazione e quindi nuovamente liberati nelle acque dello stagno.

Le attività di ricerca sono state indirizzate principalmente al monitoraggio qualitativo (secondo le tecniche indicate) delle seguenti specie target, inserite nell'Allegato II della Direttiva 92/43/CEE "Habitat":

- *Bombina variegata pachypus* (ululone dal ventre giallo): osservazione diretta e, soprattutto, ascolto dei canti;
- *Speleomantes strinatii* (geotritone di Strinati): osservazione diretta;
- *Triturus carnifex* (tritone crestato italiano): osservazione diretta e cattura temporanea con trappole a nassa galleggianti.

Si è comunque proceduto anche all'accertamento della presenza e alla valutazione delle popolazioni di altre specie di anfibio, non inserite nell'Allegato II della Direttiva "Habitat" ma potenzialmente presenti nell'area in accordo con DORIA e SALVIDIO (1994):

- *Triturus alpestris* (tritone alpestre): osservazione diretta e cattura temporanea con trappole a nassa galleggianti;
- *Rana dalmatina* (rana agile): osservazione diretta e ascolto dei canti;
- *Rana kl. esculenta* (rana verde); osservazione diretta



Fig. 2. La trappola a nassa galleggiante impiegata per la cattura degli anfibio urodela.

- e ascolto dei canti;
- *Salamandra salamandra* (salamandra pezzata): osservazione diretta;
- *Bufo bufo* (rospo comune): osservazione diretta e ascolto dei canti.

RISULTATI

Nell'area di indagine è stata accertata la presenza di tutte le specie target di anfibio precedentemente elencate. Le misurazioni degli esemplari di ciascuna specie hanno fornito risultati che rientrano nella variabilità nota in letteratura per le popolazioni italiane (LANZA, 1983).

Triturus carnifex (tritone crestato italiano)

Presso lo Stagno di Roccagrande la popolazione risulta abbondante e in buono stato di conservazione, al punto da essere nettamente predominante rispetto all'altra specie di tritone rilevata nello stagno (*Triturus alpestris*). La percentuale di cattura con le trappole a nassa di *Triturus carnifex* rispetto a *Triturus alpestris* oscilla infatti tra il 78,57 % ed il 100 % (Fig. 3).

Le ragioni della predominanza di *Triturus carnifex* rispetto a *Triturus alpestris* sono da attribuire soprattutto alle peculiarità ecologiche del sito: le caratteristiche prettamente termofile ed eutrofiche dello stagno durante i mesi primaverili ed estivi (incrementate ulteriormente in senso peggiorativo dalla presenza non regolamentata di bestiame allo stato brado) favoriscono infatti l'innalzamento della temperatura dell'acqua e lo sviluppo di una fitta vegetazione spondale e sommersa, creando così condizioni ambientali "mature" sicuramente più vocate alla presenza del tritone crestato italiano.

Bombina variegata pachypus (ululone dal ventre giallo)

Della specie è stato possibile accertare la presenza nel periodo compreso tra la metà di maggio e la fine di luglio: sebbene le modalità di campionamento impiegate non abbiano permesso di pervenire a una stima degli individui presenti, in base al numero di "contatti" accertati si può presumere che la popolazione sia composta da pochi individui.

Speleomantes strinatii (geotritone di Strinati)

A causa delle abitudini prettamente cavernicole e notturne della specie (legate soprattutto alla particolare biologia respiratoria), nell'ambito della presente ricerca è stato possibile solamente verificare la presenza/assenza di *Speleomantes strinatii* nell'area limitrofa allo Stagno di Roccagrande, senza poter pervenire alla formulazione di dati semi-quantitativi o quantitativi circa l'abbondanza degli individui.

Il geotritone di Strinati risulta presente nei pressi

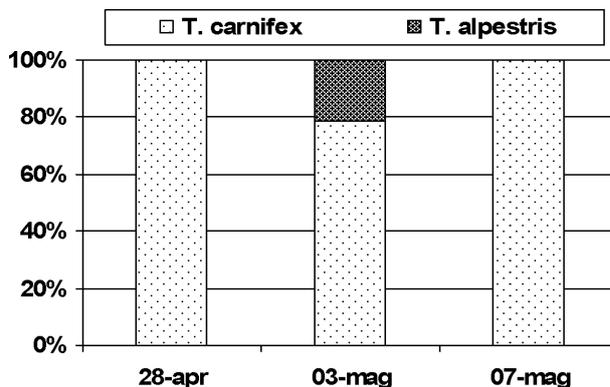


Fig. 3. Percentuali di presenza di *Triturus carnifex* e *Triturus alpestris* sul totale degli esemplari di tritone in fase acquatica catturati con le trappole a nassa galleggianti.

dell'area oggetto della ricerca, dove frequenta soprattutto le zone rocciose caratterizzate dalla presenza di grotte o antri naturali o legati all'antico sfruttamento minerario. Poiché il Sito di Importanza Comunitaria è collocato in una zona che funge da naturale confine di distribuzione tra *Speleomantes strinatii* e *Speleomantes ambrosii*, non si può escludere la presenza simpatica di entrambe le specie all'interno dell'area di studio, verificabile però con certezza solo mediante studi mirati e più approfonditi, che esulano dall'obiettivo del presente lavoro.

Triturus alpestris (tritone alpestre)

Nello Stagno di Roccagrande la popolazione di *Triturus alpestris* appare composta da un numero limitato di individui, essenzialmente a causa della scarsa idoneità ecologica dell'habitat: il tritone alpestre predilige infatti ambienti meno evoluti, caratterizzati da acque più fresche e ossigenate e da un minore sviluppo di vegetazione sommersa.

Rana dalmatina (rana agile)

All'interno del Sito di Importanza Comunitaria IT1342806 "Monte Verruga – Monte Zenone – Roccagrande – Monte Pu" la specie risulta piuttosto diffusa; nell'area dello Stagno di Roccagrande la popolazione di rana agile appare addirittura abbondante, rivelando inoltre un buon successo riproduttivo.

Rana kl. esculenta (rana verde)

Nell'area dello Stagno di Roccagrande *Rana kl. esculenta* (ibrido stabilizzato tra *Rana lessonae* e *Rana ridibunda*) è presente; nell'ambito della presente ricerca non è stato però possibile determinare con certezza la specie parentale.

Salamandra salamandra (salamandra pezzata)

La specie risulta diffusa in tutto il territorio del Sito

di Importanza Comunitaria IT1342806 “Monte Verruga – Monte Zenone – Roccagrande – Monte Pu” limitrofo allo Stagno di Roccagrande, dove frequenta soprattutto ambienti di tipo boschivo e forestale in prossimità di ruscelli, pozze e abbeveratoi.

***Bufo bufo* (rospo comune)**

La specie risulta diffusa nelle aree adiacenti allo Stagno di Roccagrande, dove occupa una grande varietà di ambienti; non è presente però nelle acque dello stagno oggetto di studio.

DISCUSSIONE

Ad oggi l'intera area dello Stagno di Roccagrande costituisce un sito di straordinaria valenza naturalistico-scientifica, minacciato però da alcuni fattori impattanti che potrebbero, nel giro di pochi anni, portare la zona umida verso una condizione di degrado irreversibile.

Lo Stagno di Roccagrande costituisce infatti un ambiente umido già “maturo” (come testimoniato, per esempio, dalla prevalenza numerica di *Triturus carnifex* rispetto a *Triturus alpestris*), caratterizzato da un avanzato processo di interrimento legato essenzialmente al trasporto di materiale di erosione dai versanti rocciosi che ne delimitano il bacino (soprattutto lungo la sponda settentrionale). L'esposizione dello stagno verso sud favorisce inoltre l'innalzamento della temperatura dell'acqua nonché un cospicuo sviluppo della vegetazione sommersa, in particolar modo per quel che riguarda la componente algale. L'insieme di questi fattori naturali contribuisce così a generare condizioni ecologiche prettamente eutrofiche, caratterizzate da un ambiente acquatico complessivamente stagnante e asfittico: la carenza di ossigeno è rivelata anche dalla presenza di chiazze “oleose” iridescenti sulla superficie dell'acqua, legate al metabolismo di microrganismi anaerobi che (attraverso processi fermentativi) producono idrocarburi, anidride carbonica, acido solfidrico e ammoniacale.

In un quadro ambientale complessivo già così “evoluto”, particolarmente negativo appare quindi l'impatto di numerosi animali (sia equini sia bovini) al pascolo brado nell'area dello stagno. Lo Stagno di Roccagrande costituisce infatti un sito di frequentazione privilegiato per questi animali, che ne utilizzano le acque per espletare le proprie funzioni vitali (bere, fare bagni di fango, ecc.). La concentrazione di un numero elevato di animali in un'area così ristretta comporta però l'accumulo, lungo le sponde e in acqua, di elevati quantitativi di escrementi, tali da causare un ulteriore incremento dei processi eutrofici già naturalmente in atto nel sito. Ad oggi, durante il periodo tardo primaverile ed estivo, le acque dello Stagno di Roccagrande

evidenziano la presenza di un notevolissimo carico organico: questa situazione, se non arginata, potrebbe portare nei prossimi anni ad un rapido declino delle condizioni chimico-fisiche dello Stagno di Roccagrande, tale da rendere le acque dello stagno addirittura incompatibili con le esigenze vitali della fauna oggi presente.

Un altro fattore di impatto legato al pascolo consiste nel prolungato calpestio a cui sono sottoposte le sponde e le zone sommerse a minore profondità: nel periodo primaverile ed estivo il passaggio del bestiame arreca notevole disturbo alle specie tipiche di questi ambienti (prima fra tutte l'ululone dal ventre giallo) e danneggia irreparabilmente numerose ovature (sia per calpestio diretto, sia per asfissia indotta dalla movimentazione e dalla successiva rideposizione di materiale inerte molto fine). Analoghi effetti negativi sono provocati inoltre dal transito “abusivo” di mezzi fuoristrada (auto- e moto-veicoli), i quali alterano anche i delicati equilibri idro-geologici che regolano l'intera area.

Le principali conseguenze negative dovute al calpestio e al transito dei mezzi finiscono per incidere soprattutto sulla piccola popolazione di *Bombina variegata pachypus*, taxon stenotopo e stenotermo endemico dell'Italia peninsulare (da taluni autori elevato al rango di specie) che sta conoscendo una fase di contrazione in tutto il suo areale di distribuzione a causa della distruzione o del prosciugamento degli habitat vitali e riproduttivi (BARBIERI *et al.*, 2004).

A fronte dei numerosi impatti negativi sopra indicati, si possono segnalare, tuttavia, effetti positivi sulla diversità degli habitat legati all'attività di alimentazione delle mandrie presenti nella zona. Queste eliminano gran parte delle specie legnose impedendo o rallentando i processi evolutivi che tendono a sostituire le praterie e altri ambienti aperti con comunità arboreo-arbustive; il pascolo delle mandrie ha contribuito quindi al mantenimento di ambienti spondali e retro-spondali a prato, rallentando così il naturale processo di interrimento legato anche al rapido sviluppo della vegetazione arbustiva e arborea.

CONCLUSIONI

Poiché la presenza di numerosi capi bovini ed equini nell'area dello Stagno di Roccagrande rappresenta il principale fattore di minaccia per l'esistenza e la qualità dell'intera zona umida, considerato il valore naturalistico dell'area e i risultati ottenuti dallo studio, è opportuno adottare criteri gestionali e realizzare alcuni interventi di conservazione attiva.

Al fine di scongiurare l'accelerazione dei processi eutrofici che già interessano il bacino nonché per evitare il disturbo legato al calpestio appare necessario

un periodico “allontanamento” del bestiame dall’area dello stagno, ottenibile attraverso la costruzione di una staccionata in legno di castagno scortecciato che delimita tutto il perimetro del sito. Per limitare l’impatto visivo dell’opera, sarà opportuno collocarla ai margini delle formazioni a bosso che circondano la zona umida, in posizione piuttosto arretrata rispetto alle sponde dello stagno. Oltre che per il bestiame, la nuova struttura permetterà di precludere l’accesso al sito anche ai mezzi fuoristrada, il cui impatto è particolarmente distruttivo sia per le componenti viventi sia per quelle abiotiche.

Sebbene la recinzione in legno rappresenti la soluzione migliore, un’alternativa alla costruzione della staccionata (o una sua integrazione) potrebbe essere costituita dall’installazione di un pastore elettrico: l’impianto dovrebbe essere costituito da almeno due “fili” elettrificati e posizionato scegliendo i “corridoi” di terreno più liberi dalla vegetazione. L’efficacia del pastore elettrico dipende infatti dalla mancanza di vegetazione lungo i tratti elettrificati: il contatto tra una pianta (anche erbacea) e i fili elettrificati comporterebbe una rapida inattivazione del sistema. Proprio per questo motivo l’installazione del pastore elettrico necessita di costanti e costosi interventi di manutenzione, idonei a limitare lo sviluppo delle piante lungo il perimetro dell’impianto.

La gestione dell’area interna alla recinzione dovrebbe essere di tipo “attivo”: qualora non venissero effettuati regolari interventi futuri di controllo della vegetazione, infatti, la mancanza di grandi erbivori nelle zone di sponda e retro-sponda porterebbe ad una rapida espansione delle essenze arbustive o arboree, con una

nuova accelerazione dei naturali processi di interrimento dello stagno. Come già accade in altre realtà liguri di pregio (es. nella Riserva Naturale Orientata delle Agorae di Sopra e Moggetto in Val d’Aveto), si dovrà valutare se intervenire con periodici interventi di sfalcio della vegetazione al fine di assicurare la permanenza di estese zone a prato, di fondamentale importanza per il mantenimento di un’elevata biodiversità. L’attività di sfalcio potrebbe avvenire mediante l’impiego di mezzi meccanici a ridotto impatto sulle comunità biotiche (es. decespugliatore a spalla) oppure essere condotta (sperimentalmente e con verifiche in corso d’opera) attraverso il pascolo controllato.

Sia al fine di consentire l’approvvigionamento idrico al bestiame presente in zona (allontanandolo, nel contempo, dall’area limitrofa allo stagno), sia per incrementare il numero di ambienti umidi “pionieri” congeniali alla vita degli anfibi (in particolar modo di *Triturus alpestris*), nel territorio esterno alla recinzione dovrebbero essere installati appositi abbeveratoi costruiti in pietra e legname. Sul fondo di tali manufatti andrebbero collocate alcune pietre raccolte in loco, al fine di ricreare un microhabitat favorevole alla colonizzazione da parte dei tritoni. Tali strutture dovrebbero essere posizionate nei pressi delle principali sorgenti d’acqua, fra le numerose della zona.

Ringraziamenti

Si ringraziano sentitamente il Prof. Attilio Arillo e il Dott. Sebastiano Salvidio dell’Università degli Studi di Genova, l’Ispettore Superiore Italo Franceschini del Corpo Forestale dello Stato, il Sig. Remo Bernardello e il Sig. Bruno Ciuffardi per la collaborazione prestata, a vario titolo, nella realizzazione della ricerca.

BIBLIOGRAFIA

- AMBROGIO A., GILLI L., CORRADI M., 2003. *Anfibi e Rettili nel Parco Regionale Boschi di Carrega*. Collana Naturalistica, vol. 2. Edizione Grafiche STEP, Parma.
- BARBIERI F., BERNINI F., GUARINO F.M., VENCHI A., 2004. Distribution and conservation status of *Bombina variegata* in Italy (Amphibia, Bombinatoridae). In: Bologna M.A., La Posta S. (eds.), The conservation status of threatened Amphibian and Reptile species of Italian fauna. *Ital. J. Zool.* 71 (suppl.1): 83-90.
- CALDONAZZI M., ZANGHELLINI S., 2000. Una trappola galleggiante per tritoni e larve di anfibi. *Atti I Congresso Nazionale Societas Herpetologica Italica (Torino, 1996)*, *Mus. Reg. Sci. Nat. Torino*: 265-267.
- CRUISE G.M., MAGGI R., 2000. Pian del Lago (Bargone). Paesaggio costruito e paesaggio naturale tra la fine della glaciazione e il Medioevo. In: Figone F., Franceschini I., Stagnaro A. (curatori) - *Museo Parma Gemma, vent’anni di attività culturali e di ricerche*: 10-13.
- DORIA G., SALVIDIO S., 1994. *Atlante degli Anfibi e Rettili della Liguria*. Catalogo dei Beni Naturali 2, Servizio Beni Ambientali e Naturali, Regione Liguria, Genova.
- LANZA B., 1983. *Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane. 27: Anfibi, Rettili (Amphibia, Reptilia)*. Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- MARIOTTI M.G., 1994. Osservazioni sulle formazioni a *Buxus sempervirens* e a *Genista salzmannii* della Liguria orientale. *Mem. Acc. Lunig. Sc.* 59 (1989): 77-123.
- MARIOTTI M.G., ARILLO A., PARISI V., NICOSIA E., DIVIACCO G., 2002. *Biodiversità in Liguria. La Rete Natura 2000*. Regione Liguria Assessorato Ambiente e Territorio, Microart’s.
- SCALERA R., 2003. *Anfibi e rettili italiani. Elementi di tutela e conservazione*. Collana Verde, 104. Corpo Forestale dello Stato. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali. Roma.
- SCOCCIANI C., 2001. *Amphibia: aspetti di ecologia della conservazione*. WWF Italia, Sezione Toscana. Editore Guido Persichino Grafica, Firenze.
- TRILAR T., 2003. *Frogs and toads of Slovenia*. Slovenian Museum of Natural History.

Descrittori per interventi di ripristino della continuità fluviale: Indici di Priorità di Intervento

Enrico Pini Prato

Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale, Università di Firenze, Via S. Bonaventura, 13 - 50145 Firenze. E-mail: enrico.pini@unifi.it

Pervenuto il 7.3.2007; accettato il 24.4.2007

Riassunto

La diffusione delle briglie nei corsi d'acqua italiani è talmente elevata che non è possibile pensare, almeno a breve termine, alla realizzazione di passaggi per pesci per ognuna di esse; è perciò opportuno collocarli primariamente in quelle zone maggiormente interessate da migrazioni ittiche o da particolare valenza biologica ed ambientale. Ne deriva la necessità di strumenti che –tramite un criterio oggettivo, sintetico e di facile applicabilità– consentano di individuare i siti maggiormente vocati. Gli indici di intervento per la progettazione di passaggi per pesci utilizzati in paesi all'avanguardia nel settore non sono però applicabili alla realtà italiana. Vengono perciò proposti nuovi Indici di Priorità di Intervento, di facile applicazione, rivolti soprattutto alle Amministrazioni preposte alla manutenzione e tutela dei corsi d'acqua. L'impiego degli indici di priorità fornisce utili indicazioni pratiche da adottare nella pianificazione di interventi finalizzati al ripristino della libera circolazione dell'ittiofauna, nell'intero bacino idrografico o in parte di esso.

PAROLE CHIAVE: passaggi per pesci / indici di priorità / continuità fluviale / riqualificazione fluviale

Descriptors for rehabilitation interventions of river connectivity: the Priority Indexes

The present research originates and revises some important concepts contained in a previous paper of the Author, titled "Una proposta di valutazione indicizzata delle priorità di intervento nella realizzazione di passaggi per pesci". As evidenced on the preceding paper, it isn't actually possible the total restoration of river connectivity in all the Italian rivers, because of the very high number of weirs, dams and other obstacles. Anyway, it is very important the correct collocation of fish passes at environment of high ecological and biological value, for example for the upstream movements of diadromous migratory fish. It is very clear the necessity of comparison criteria to establish the correct scenarios for fishpasses planning. In other Countries, priority indexes are used to establish river basin connectivity rehabilitation, but they aren't usable in Italy. Concluding, the aims of the present work is the realization of instruments of easy applicability, called Priority Indexes, usable by Administrations involved in river basin management. The use of the Priority Indexes permits the planning of interventions of river restoration for migratory species as fish passes at weirs and dams, for whole river basin or its segments.

KEY WORDS: fishpasses / priority indexes / river connectivity / river restoration

INTRODUZIONE

La stragrande maggioranza dei corsi d'acqua italiani è fortemente frammentata da opere trasversali, realizzate per i più disparati motivi, che ne interrompono la continuità longitudinale. Generalmente i tratti montani sono frammentati soprattutto da opere di sistemazione idraulico-forestale (ma anche da ostacoli naturali come cascate e salti) e quelli pedemontani e collinari da sbarramenti per uso idroelettrico, mentre i tratti di fondovalle e di pianura sono interessati da sbarramenti per uso irriguo e da opere volte a contrastare l'incisio-

ne dell'alveo (oltre che da opere di difesa dal rischio idraulico).

Questi ostacoli, spesso insormontabili, impediscono gli spostamenti di rimonta migratoria della fauna ittica, con conseguenze gravissime e spesso irreversibili sulla biodiversità (ZERUNIAN, 2002). Considerato il limitato numero di specie che possono essere considerate sedentarie (GANDOLFI, 1984), la realizzazione di passaggi per pesci è un intervento della massima importanza per ristabilire la continuità e consentire lo

svolgimento dei cicli vitali della fauna ittica (PINI PRATO *et al.*, 2006).

Tuttavia la diffusione delle briglie nei corsi d'acqua italiani è talmente elevata da rendere impensabile – quanto meno dal punto di vista economico – la costruzione generalizzata di passaggi per pesci per ognuna di esse. Tutt'oggi, d'altronde, i passaggi per pesci sono spesso realizzati in un contesto avulso da uno studio preliminare che individui le priorità per la conservazione delle specie e con progetti non calibrati alle singole specifiche realtà (FERRI, 1999). Da qui la necessità, per massimizzare l'efficacia dell'investimento economico, di individuare quelle zone che – ospitando specie con spiccato comportamento migratorio o di particolare interesse conservazionistico – risultano prioritarie per la costruzione di passaggi per pesci (miglior risultato al minor costo).

Indici di priorità d'intervento per la progettazione di passaggi per pesci sono ampiamente utilizzati in paesi all'avanguardia nel settore (WDFW, 2000), ma non sono applicabili alla realtà italiana per vari motivi, tra i quali la carenza di dati (es. censimento dei letti di frega, produttività ittica per ogni specie in ogni tratto di corso d'acqua).

Scopo del lavoro è presentare due Indici di Priorità di Intervento che – tramite criteri oggettivi, sintetici e di facile applicabilità – consentano di individuare i siti maggiormente vocati alla realizzazione di passaggi per pesci. Tali indici, rivolti soprattutto alle Amministrazioni preposte alla manutenzione e tutela dei corsi d'acqua, possono risultare strumenti di grande efficacia pratica per la pianificazione di interventi finalizzati al ripristino della libera circolazione dell'ittiofauna, nell'intero bacino idrografico o in parte di esso.

Partendo dall'osservazione che, nella maggior parte dei casi, la frammentazione è maggiore nei tratti montani e tende a decrescere nei tratti di pianura e nelle zone di estuario, per misurare lo stato di frammentazione di un corso d'acqua e compararlo con altri (PINI PRATO 2004), al fine di pianificare gli interventi di ripristino della continuità fluviale, viene qui proposto il *Rapporto di continuità (RC)*

$$RC = L_t / N \quad (1)$$

dove L_t è la lunghezza di un dato tratto di corso d'acqua (km) ed N è il numero di sbarramenti gravanti su di esso.

Il cuore della proposta metodologica si identifica in due Indici di Priorità di Intervento:

1. IP_s : indice di priorità di intervento sul singolo sbarramento. Si utilizza per valutare la priorità di intervento su uno sbarramento rispetto ad un altro (sullo stesso o su differenti corsi d'acqua);
2. IP_t : indice di priorità di intervento totale. Si utilizza per valutare la priorità di intervento su un singolo

bacino (o tratto fluviale) rispetto ad altri bacini (o tratti).

Entrambi sono indici numerici adimensionali nei quali un valore più elevato indica una maggiore priorità di intervento (su quello sbarramento o su quel tratto o bacino). La loro ispirazione di fondo parte dalla considerazione che la priorità di realizzazione di passaggi per pesci sia da attribuire a corsi d'acqua:

- con scarsa frammentazione longitudinale (poiché è più agevole il ripristino della continuità fluviale);
- frammentati, ma con il tratto a monte dello sbarramento più lungo di quello a valle (poiché, a parità di costi, si riconnette un tratto più lungo);
- con opere di sbarramento di modesta altezza (poiché l'intervento è più semplice e meno costoso rispetto ad opere di grande altezza);
- con specie ittiche dotate di spiccate esigenze migratorie, autoctone e protette (rispetto a specie stanziali, alloctone, indesiderate e non protette).

La presente proposta è una rielaborazione, con alcuni approfondimenti, di quella già citata (PINI PRATO, 2004). Un aspetto di particolare interesse pratico risiede nel fatto che, per le loro stesse modalità di costruzione, gli indici sono adattabili ai differenti distretti ittico/idrografici presenti sul territorio nazionale (modificando semplicemente i valori attribuiti alle singole specie ittiche o aggiungendo le eventuali specie mancanti). Inoltre, pur essendo di semplice calcolo, è stato sviluppato un apposito software (Priority Index 1.1) su piattaforma Windows che lo rende ancora più speditivo, oltre a permettere l'esportazione dei parametri e dei risultati.

MATERIALI E METODI

Dati richiesti

Per il calcolo degli indici di priorità di intervento è necessaria la conoscenza dei seguenti dati:

- lunghezze dei tratti continui di corso d'acqua da raccordare (km);
- altezze (m) degli sbarramenti esistenti e loro numero;
- specie ittiche presenti e relative caratteristiche biologiche (indicizzate con un coefficiente k_i tipico di ogni singola specie).

Tali dati sono di raccolta relativamente facile in quanto sono sufficienti una cartografia dell'area di studio in scala almeno 1:10.000, il rilievo dell'altezza degli sbarramenti e la carta ittica (se il popolamento ittico non è noto occorre, invece, il campionamento).

Calcolo degli indici

L'Indice di Priorità di Intervento sul singolo sbarramento è calcolato con la formula:

$$IP_s = M_s \cdot I \quad (2)$$

Ove:

$$M_S \text{ (fattore morfologico)} = (L_v + L_m) \cdot L_m / L_v \cdot 1/H$$

$$I \text{ (fattore ittico)} = Sk_i$$

con:

L_v = lunghezza del tratto continuo a valle dello sbarramento;

L_m = lunghezza del tratto continuo a monte dello sbarramento;

H = altezza dello sbarramento;

Sk_i = sommatoria dei coefficienti di priorità k_i delle specie presenti.

Il fattore morfologico contiene i parametri fisici caratterizzanti il sito di intervento, ovvero la lunghezza fluviale totale che si raggiunge unendo i due tratti, nonché l'altezza dello sbarramento da superare. Questo fattore tiene conto inoltre del rapporto dimensionale dei due tratti, ovvero della lunghezza relativa del tratto di monte rispetto a quello di valle che ad esso verrebbe ricollegato grazie al passaggio per pesci.

Il fattore ittico tiene conto invece delle specie presenti nel corso d'acqua, dal punto di vista sia della loro attitudine migratoria, sia del loro valore naturalistico (specie protette) nel contesto specifico in cui è localizzato l'intervento.

Un esempio elementare del significato dell'indice è

mostrato in figura 1.

L'Indice di Priorità di Intervento totale è calcolato con la formula:

$$IPt = Mt \cdot I \quad (3)$$

Ove:

$$Mt \text{ (fattore morfologico)} = (L_t) \cdot 1/NSh_i$$

$$I \text{ (fattore ittico)} = Sk_i$$

con:

L_t = lunghezza totale dell'asta fluviale raccordata;

N = numero degli sbarramenti da superare;

$Sh_i = (h_1 + h_2 + \dots + h_n)$ = sommatoria delle altezze di tutti gli sbarramenti da superare;

Sk_i = sommatoria dei coefficienti di priorità (k_i) delle specie presenti.

Il fattore morfologico contiene i parametri fisici caratterizzanti il tronco fluviale di intervento, ovvero la lunghezza totale che si raggiunge unendo tutti i tratti, nonché il numero degli sbarramenti da dotare di passaggio per pesci e la sommatoria delle loro altezze. Questo fattore esprime il rapporto di continuità della (I) poiché $L_t / N = RC$. Il fattore ittico ha significato identico a quello dell'indice IP .

Un esempio elementare del suo significato è mostrato in figura 2.

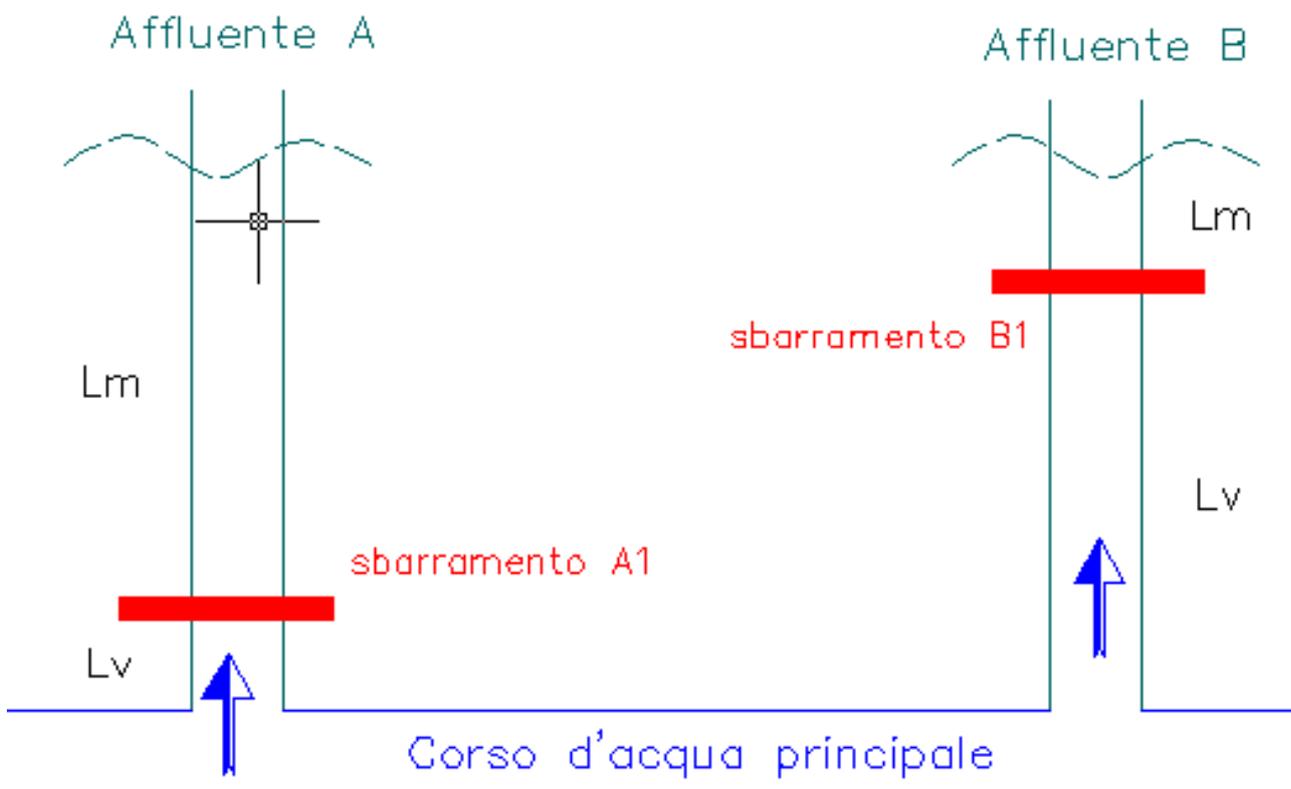


Fig. 1. A parità di lunghezza totale ($L_v + L_m$), altezza dello sbarramento (H) e fattore ittico I , è favorito l'intervento sull'affluente A, dato che il tratto raccordabile, a monte dello sbarramento, è significativamente più lungo di quello a valle.

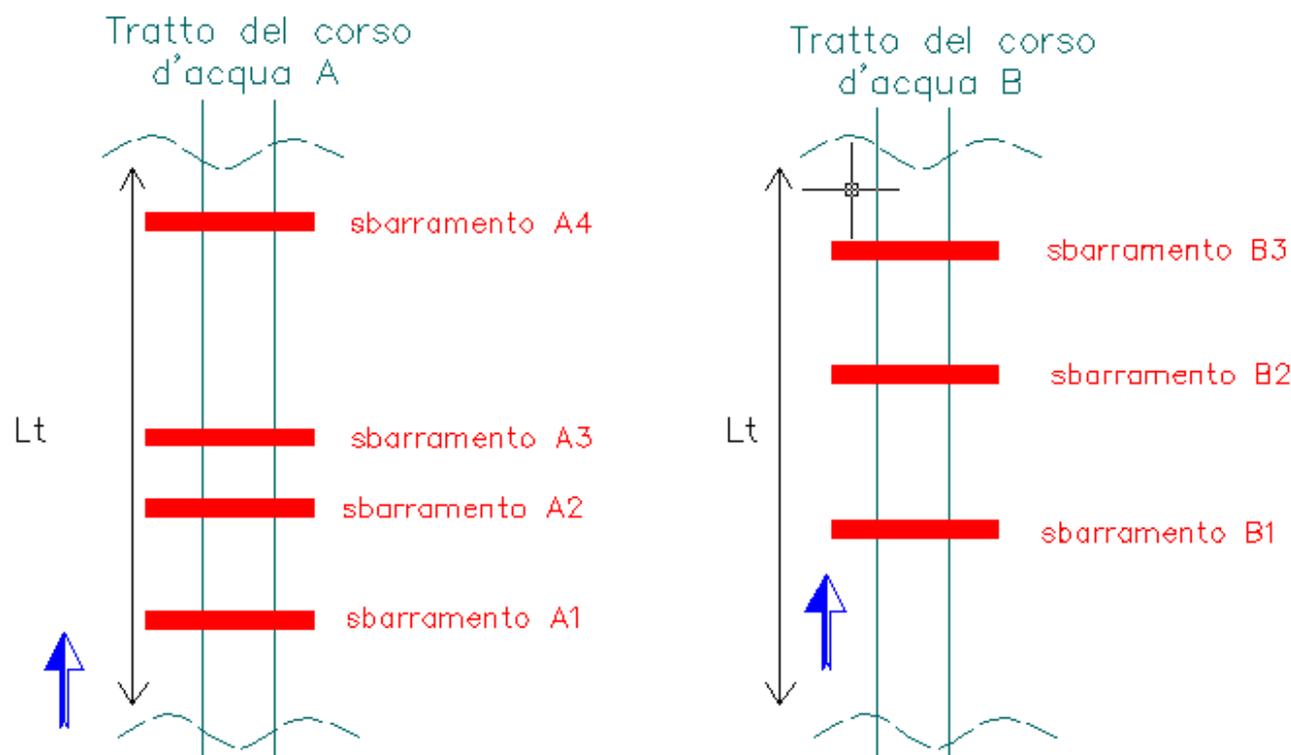


Fig. 2. A parità di lunghezza totale (L_t), di sommatoria delle altezze degli sbarramenti (Sh) e fattore ittico I, è favorito l'intervento sull'affluente B, dato che il numero di sbarramenti su cui intervenire è minore (tratto B $N=3$, tratto A $N=4$).

Determinazione del coefficiente di priorità della specie ittica

Il k_i esprime l'importanza della singola specie all'interno del distretto ittico, o comunque del territorio in studio; pertanto è stato ideato per essere flessibile ed adattabile a qualsiasi contesto geografico. Nel presente lavoro sono stati calcolati e proposti i k_i per le acque della Toscana che, pertanto, possono non essere validi per altri bacini (per i quali vanno ricalcolati secondo i criteri di seguito indicati). La valutazione del k_i è principalmente rivolta alla attitudine migratoria delle specie e, solo secondariamente, al loro valore conservazionistico.

La sua determinazione si basa su due parametri – Mobilità (M_{ob}) e Valore naturalistico (V_n) – ai quali viene attribuito un punteggio secondo la scala riportata in tabella I. La somma dei due parametri, elevata al quadrato, costituisce il coefficiente di priorità per la specie ittica. La scelta di una funzione non-lineare nel calcolo del k_i è dovuta alla volontà di dare maggior peso ai grandi migratori diadromi e alle specie protette, rispetto a specie con esigenze migratorie limitate e di ridotto interesse naturalistico, oppure alloctone.

$$k_i = (M_{ob} + V_n)^2 \quad (4)$$

Ove:

M_{ob} = mobilità, rappresenta la capacità, se non la neces-

sità, di compiere spostamenti migratori più o meno lunghi sull'asta fluviale per motivi trofici o riproduttivi. Tale valore è massimo per i grandi migratori diadromi, ridotto per le specie stanziali e nullo per le specie alloctone. La scala è ripartita in 6 classi con punteggio da 0 a 5 (Tab.I). Questo parametro è quello di maggior peso nel calcolo del k_i .

V_n = valore naturalistico, tiene conto del pregio naturalistico di una specie, a seconda della sua appartenenza o meno ad un inquadramento legislativo specifico che ne garantisce la tutela e la conservazione. Nel presente lavoro, la scala può assumere valori compresi tra 0 ed 1. È assegnato $V_n=1$, ovvero punteggio pieno, alle specie protette inserite in liste di livello sia nazionale che regionale (ad esempio a livello nazionale nella Lista Rossa Nazionale delle Specie a Rischio ed a livello regionale in apposita legislazione sulla tutela della biodiversità). È assegnato $V_n=0,5$ alle specie protette inserite in una sola delle due liste (o a livello nazionale, o a livello regionale); $V_n=0$ alle specie non protette.

Tali valori vengono proposti a scopo dimostrativo, per esemplificare come ad ogni specie ittica possa essere attribuito un "peso" commisurato alla sua importanza conservazionistica. Tuttavia il parametro k_i è stato appositamente concepito come uno strumento

Tab. I. Calcolo del k_i con la formula (4) per le principali specie ittiche della Toscana.

categoria	specie	M_{ob}	V_n	k_i
grandi migratori diadromi	anguilla (<i>Anguilla anguilla</i>)	5	1	36
	cheppia (<i>Alosa fallax</i>)		1	36
	lampreda di mare (<i>Petromyzon marinus</i>)		1	36
specie con spiccate esigenze migratorie (Ciprinidi reofili, Salmonidi, Ciclostomi non diadromi)	barbo canino (<i>Barbus caninus</i>)	4	1	25
	barbo comune (<i>Barbus plebejus</i>)		1	25
	barbo tiberino (<i>Barbus tyberinus</i>)		0,5	20,25
	cavedano etrusco (<i>Leuciscus lucumonis</i>)		1	25
	cavedano (<i>Leuciscus cephalus</i>)		0,5	20,25
	lampreda di fiume (<i>Lampetra fluviatilis</i>)		1	25
	lampreda di ruscello (<i>Lampetra planeri</i>)		1	25
	lasca (<i>Chondrostoma genei</i>)		1	25
	pigo (<i>Rutilus pigus</i>)		0,5	20,25
	rovella (<i>Rutilus rubilio</i>)		1	25
	savetta (<i>Chondrostoma soetta</i>)		0,5	20,25
	trota fario (<i>Salmo trutta trutta</i>)		0,5	20,25
vairone (<i>Leuciscus souffia</i>)	1	25		
specie senza spiccate esigenze migratorie (Ciprinidi fitofili, Esocidi, Percidi, ecc.)	carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)	3	0	9
	luccio (<i>Esox lucius</i>)		1	16
	persico reale (<i>Perca fluviatilis</i>)		0,5	12,25
	persico trota (<i>Micropterus salmoides</i>)		0	9
	tinca (<i>Tinca tinca</i>)		0,5	12,25
specie con spostamenti migratori ridotti oppure stanziali (piccoli Ciprinidi fitofili, Gobidi, Cottidi, ecc.)	alborella (<i>Alburnus alburnus</i>)	2	0,5	6,25
	cobite (<i>Cobitis taenia</i>)		0,5	6,25
	gobione (<i>Gobio gobio</i>)		1	9
	ghiozzo di ruscello (<i>Gobius nigricans</i>)		1	9
	ghiozzo padano (<i>Padogobius martensii</i>)		0,5	6,25
	scardola (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)		0,5	6,25
	scazzone (<i>Cottus gobio</i>)		1	9
	triotto (<i>Rutilus erythrophthalmus</i>)		0,5	6,25
specie eurialine facoltative (Mugillidi, Percidi, ecc.)	muggini (<i>Chelon, Liza, Mugil</i>)	1	0,5	2,25
	orata (<i>Sparus auratus</i>)		0,5	2,25
	nono (<i>Aphanius fasciatus</i>)		1	4
	spigola (<i>Dicentrarchus labrax</i>)		0,5	2,25
	spinarello (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)		1	4
specie alloctone per il territorio italiano	abramide (<i>Abramis brama</i>)	0	0	0
	aspio (<i>Aspius aspius</i>)		0	0
	barbo europeo (<i>Barbus barbus</i>)		0	0
	blicca (<i>Blicca bjorkena</i>)		0	0
	carassio (<i>Carassius carassius</i>)		0	0
	carpa erbivora (<i>Ctenopharyngodon idellus</i>)		0	0
	lucioperca (<i>Stizosteidon lucioperca</i>)		0	0
	ido (<i>Leuciscus idus</i>)		0	0
	persico sole (<i>Lepomis gibbosus</i>)		0	0
	pesce gatto (<i>Ictalurus melas</i>)		0	0
	pesce gatto americano (<i>Ictalurus punctatus</i>)		0	0
	pesce gatto africano (<i>Clarias gareipinus</i>)		0	0
	pseudorasbora (<i>Pseudorasbora parva</i>)		0	0
	rodeo amaro (<i>Rhodeus sericeus</i>)		0	0
	rutilo (<i>Rutilus rutilus</i>)		0	0
	siluro (<i>Silurus glanis</i>)		0	0

flessibile: qualora si intenda attribuire all'importanza conservazionistica un peso maggiore o un maggior livello di dettaglio, è infatti sufficiente assegnare punteggi diversi al parametro V_n o ampliarne o modificarne la scala tenendo conto di altre liste, come quelle della Direttiva Habitat e della IUCN.

La sommatoria dei k_i permette di prendere in considerazione, ai fini della priorità di realizzazione di passaggi artificiali, tutte le specie presenti nel corso d'acqua in esame, escludendo però quelle indesiderate come le alloctone, per favorire le quali non avrebbe senso intervenire; per tali specie, infatti, essendo = 0 sia M_{ob} che V_n (e quindi il k_i), il contributo alla sommatoria è nullo. Si noti che nell'algoritmo di calcolo degli indici proposti è implicita l'attribuzione di una scarsa priorità dei passaggi per pesci per le specie protette, ma stanziali, rispetto a quella delle specie con effettive esigenze migratorie: per esse il valore cresce notevolmente arrivando al massimo punteggio nei grandi migratori diadromi che, generalmente, sono comunque anche protetti.

La tabella I riporta i valori del k_i calcolati per le principali specie della Toscana appartenenti alle liste del Piano Regionale per la Pesca nelle Acque interne 2007-2015 e relativo allegato A approvato con D.G.R. 3792/2006.

Il particolare il parametro V_n è assegnato a seconda dell'appartenenza alle liste: a livello nazionale *Lista Rossa Nazionale delle Specie a Rischio* (ZERUNIAN, 2004); a livello regionale L.R.T. n°56/2000 *Tutela della Biodiversità* e successive Indicazioni Tecniche approvate con D.G.R. 1148 del 2002 (REGIONE TOSCANA, 2002). Si tenga conto che la lista è ovviamente aperta, aggiornabile e comunque adattabile al contesto ambientale ed al distretto ittico in cui si collocano gli interventi.

RISULTATI

Sono riportati di seguito alcuni semplici esempi di calcolo degli indici di priorità di intervento in differenti contesti fluviali.

Esempio di valutazione di priorità di intervento sul singolo sbarramento (IPs)

La tabella II mostra un esempio di calcolo di IPs per due interventi alternativi, l'uno su singolo sbarramento in un corso d'acqua planiziale A con popolamento ittico a Ciprinidi reofili e l'altro su un corso d'acqua pedecollinare B a popolamento misto di Salmonidi e Ciprinidi reofili, partendo dal presupposto di poter intervenire su uno solo dei due, per la mancanza di sufficienti risorse economiche. Come indica il maggior valore dell'indice, risulta prioritario l'intervento sullo sbarramento del corso d'acqua B.

Esempio di valutazione di priorità di intervento totale (IPt)

La tabella III mostra un esempio di calcolo di IPt per due interventi alternativi di ripristino della continuità, l'uno su un tratto terminale di corso d'acqua A con presenza di grandi migratori diadromi e Ciprinidi fitofili e l'altro su un tratto di corso d'acqua planiziale B con popolamento misto di Ciprinidi reofili e Salmonidi, partendo dal presupposto di poter intervenire su uno solo dei due, per la mancanza di sufficienti finanziamenti.

Come rivela il maggior valore dell'indice, risulta prioritario l'intervento sul tratto di corso d'acqua A.

CONCLUSIONI

Gli Indici di Priorità di Intervento possono rivelarsi validi strumenti di pianificazione territoriale per Amministrazioni ed Enti preposti alla gestione dei corsi d'ac-

Tab. II. Esempio di calcolo di IPs.

Sbarramento	L_v (km)	L_m (km)	H (m)	specie presenti	k_i	IPs
A	3,5	4,5	3,6	barbo comune barbo tiberino cavedano vairone lasca cobite ghiozzo di ruscello	25 20,25 20,25 25 25 6,25 9	373,57
B	2,9	4,9	3,1	trota fario barbo tiberino vairone rovella ghiozzo di ruscello	20,25 20,25 25 25 9	423,01

Tab. III. Esempio di calcolo di IPt.

Corso d'acqua	L_t (km)	N	h_i (m)	specie presenti	k_i	IPt
A	19,7	5	1,2	anguilla	36	48,78
			2,3	cheppia	36	
			3,0	cavedano	20,25	
			2,5	cavedano etrusco	25	
			1,7	carpa	9	
				carassio	0	
				muggine calamita	2,25	
B	15,5	4	2,8	trota fario	20,25	41,66
			3,4	barbo tiberino	20,25	
			2,6	barbo comune	25	
			1,5	cavedano	20,25	
				vairone	25	

qua poiché la limitatezza delle risorse economiche a loro disposizione –mai sufficienti a soddisfare il reale fabbisogno– rende pressante l'esigenza di disporre di uno strumento oggettivo di supporto alle decisioni di gestione del territorio.

Particolarmente interessante è la flessibilità dello strumento proposto: per specifiche finalità conservazionistiche, infatti, il peso del valore naturalistico può essere aumentato, attribuendo ad ogni specie un valore di V_n commisurato alla sua importanza conservazionistica.

Oltre alla loro specifica finalità gestionale, gli indici proposti possono essere utilizzati per la realizzazione di carte tematiche della frammentazione dei corsi d'ac-

qua e delle priorità d'intervento per ristabilirne la continuità, da affiancare alle mappe di altri indici, quali l'IFF, l'IBE, l'Indice Ittico, ecc. al fine di una più esaustiva indagine ambientale.

Infine la realizzazione del software Priority Index 1.1, di agevole installazione ed utilizzo, ne rende immediato il calcolo (Fig. 3). Su richiesta, il software è distribuito gratuitamente dall'Autore.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il dr. Maurizio Barneschi del Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale dell'Università di Firenze per aver realizzato il software Priority Index 1.1. Si ringrazia inoltre la dr.ssa Annamaria Nocita per alcuni validi suggerimenti.

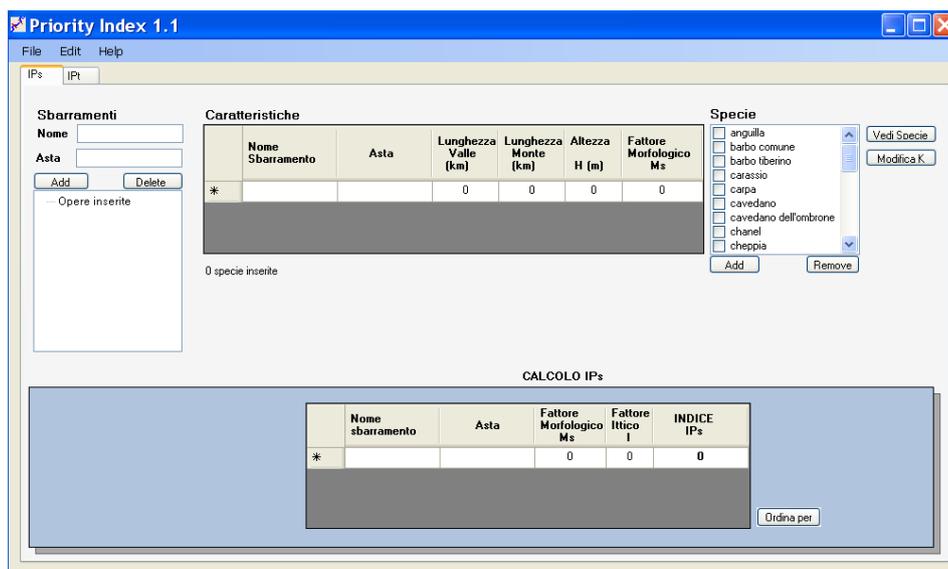


Fig. 3. Interfaccia grafica del software Priority Index 1.1.

BIBLIOGRAFIA

- FERRI M., 1999. I passaggi per i pesci in Italia, un tema ancora difficile. In: Atti Conv. Scient. "7° Convegno Nazionale AIAD", Codroipo (UD), 29-30 GIUGNO 1999: 39-47.
- GANDOLFI G., 1984. Aspetti biologici delle migrazioni dei pesci. In: Atti Conv. Scient. "1° Seminario Tecnico di Modena sui passaggi per pesci", Modena 7 dicembre 1984. Ed. Provincia di Modena: 12-14.
- PINI PRATO E., 2004. Una proposta di valutazione indicizzata delle priorità di intervento nella realizzazione di passaggi per pesci. In: Atti Conv. Scient. "6° Seminario nazionale di aggiornamento sui passaggi per pesci", Modena 25 gennaio 2002. Ed. Provincia di Modena: 33-43.
- PINI PRATO E., GIANAROLI M., FERRI M., COMOGLIO C., MARCONATO E., MAIO G., MARMULLA G., LARINIER M., 2006. *Linee guida per il corretto approccio metodologico alla progettazione di passaggi per pesci*. Ed. Provincia di Modena, 135 pp. + appendice.
- REGIONE TOSCANA, 2002. *Indicazioni tecniche per l'individuazione e la pianificazione delle aree di collegamento ecologico (L.R.T. 56/2000). Informazioni a livello regionale sugli effetti della frammentazione sull'ittiofauna*. Regione Toscana, Deliberazione di Giunta Regionale n. 1148 del 21-10-2002.
- WDFW (WASHINGTON DEPARTMENT OF FISH AND WILDLIFE), 2000. *Fish passage Barrier and Surface Water Diversion – Screening Assessment and Prioritisation Manual*, 81 pp.
- ZERUNIAN S., 2002. *Condannati all'estinzione? Biodiversità, biologia, minacce e strategie di conservazione dei Pesci d'acqua dolce indigeni in Italia*. Edagricole, Bologna, X + 220 pp.
- ZERUNIAN S., 2004. *Pesci delle acque interne d'Italia*. Quaderni Conservazione Natura, Ministero Ambiente – Istituto Nazionale Fauna Selvatica, 259 pp.

Individuazione di confini ecologici per un paesaggio fluviale nel tratto ritrale de “La Brenta”: Bassano del Grappa-Tezze sul Brenta

Gianumberto Caravello*, Bianca Pivotto

Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Medicina Ambientale e Sanità Pubblica, Sede di Igiene, Via Loredan 18 - 35131 Padova

* Referente per la corrispondenza: gianumberto.caravello@unipd.it

Pervenuto il 13.12.2006; accettato il 28.3.2007

Riassunto

Il tratto del fiume Brenta oggetto di questo studio è compreso tra Bassano del Grappa e Tezze sul Brenta (Provincia di Vicenza), ed è parte del Sito di Importanza Comunitaria (SIC) “IT3260018 - Grave e Zone umide della Brenta” proposto come area destinata alla conservazione della biodiversità e, quindi, alla creazione della Rete Natura 2000.

Nel passato il Fiume Brenta è stato per l'uomo una via di comunicazione, un contenitore di risorse e un paesaggio ricreativo ed estetico. L'azione di disturbo antropico, dovuta allo sfruttamento delle risorse e all'urbanizzazione, ha determinato la frammentazione del paesaggio fluviale ed ha instaurato un gradiente di naturalità variabile lungo la direzione che va dal fiume verso il territorio circostante. Sulla base di queste considerazioni, sono state rilevate precise modalità di distribuzione degli elementi tipici del paesaggio fluviale che hanno permesso di tracciare una possibile delimitazione del sito da tutelare, secondo criteri oggettivi, capaci di includere le aree importanti dal punto di vista naturalistico e di escludere quelle ecologicamente meno significative.

Al fine di individuare precisamente tale delimitazione e di verificare l'adeguatezza dei confini proposti dalla Regione Veneto per il sito SIC, è stata condotta un'analisi della struttura del mosaico ambientale ospitata dal territorio dell'alta pianura veneta in cui scorre “La Brenta”, attraverso la ricostruzione cartografica dell'uso del suolo, digitalizzata mediante l'utilizzo del G.I.S. L'analisi tramite la metodologia dei transetti fluviali e l'impiego degli indici statistico-matematici proposti dall'Ecologia del Paesaggio hanno permesso, infine, di evidenziare la composizione e la distribuzione spaziale degli elementi presenti e di individuare, secondo criteri ecologici, dei possibili confini del paesaggio fluviale.

PAROLE CHIAVE: Natura 2000 / SIC / Ecologia del Paesaggio / transetti fluviali / indici SED e DDB

Location of ecological borders for a zone of the river landscape between Bassano del Grappa and Tezze sul Brenta

The zone of the *Brenta* river, between the two towns of Bassano del Grappa and Tezze sul Brenta (Vicenza district, Veneto, Italy), is included in the SIC (*Sito di Importanza Comunitaria*) site “IT3260018 - Grave e Zone umide della Brenta”. This site has been proposed as biodiversity conservation area inside of the ecological network *Natura 2000*.

Often the borders of these areas are traced out on account of economic and urban demands, disregarding the ecological processes. Historically the *Brenta* river has been a very important trade and transport route, a natural resources supply, a recreational and aesthetical landscape. Human disturbances, such as the urbanization and the agriculture, have caused the fragmentation of the river landscape and have established a natural gradient varying from the river to the neighbouring rural lands.

In the fragmented landscapes the development of a biodiversity conservation planning should pay attention to the composition and to the spatial structure of the territory because these factors can critically affect life, richness and functions of the local flora and fauna, or the system of ecosystems that forms the river landscape. By using mathematical-statistic indices proposed by Landscape Ecology an analysis of landscape mosaic of the mentioned river area has been accomplished. By the application of the SED (*Indice di Discontinuità e Contrasto*) index, DDB (*Indice di Biopotenzialità territoriale Trasformata*) index, and the GBA (gliding box algorithm) along transects guidelines taken at regular intervals on the area, gaps between patch types within the landscape has been located. This analytic approach has permitted to find variation points useful to define new plausible ecological borders.

KEY WORDS: *Natura 2000* / SIC / Landscape Ecology / transects guidelines / SED and DDB index

INTRODUZIONE

Il 21 maggio 1992 viene emanata la Direttiva Europea 92/43/CEE relativa alla *Conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche*, comunemente denominata Direttiva "Habitat", il cui principale obiettivo consiste nella creazione di un sistema coordinato e coerente di aree, denominato *Rete NATURA 2000*, destinate alla conservazione della diversità biologica presente nel territorio dell'Unione Europea. Tale Direttiva, recepita dalla legislazione nazionale con il D.P.R. 357/97, rappresenta un passo importante nel percorso di tutela e riqualificazione dei territori antropizzati, poiché cerca di integrare la conservazione di habitat e specie animali e vegetali, sia con le attività economiche, sia con le esigenze sociali e culturali delle popolazioni che vivono all'interno delle aree della Rete NATURA 2000, considerando la natura come elemento diffuso (SANTOLINI, 2002). Attualmente la rete è composta da due tipi di aree: le Zone di Protezione Speciale (ZPS) previste dalla Direttiva 79/409/CEE e i Siti di Importanza Comunitaria (pSIC/SIC). L'individuazione dei siti è stata realizzata in Italia dalle singole Regioni e Province Autonome in un processo coordinato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio. La vigente normativa nazionale attribuisce a questi Enti le competenze relative alla gestione dei siti, attraverso la realizzazione di appropriati piani di gestione specifici o integrati ad altri piani di sviluppo.

Il passaggio dal concetto di territorio, inteso principalmente come mero supporto geografico-economico per le attività umane, al concetto di paesaggio, cioè di entità vivente alla quale l'uomo deve adeguarsi, cambia radicalmente sia i metodi che gli obiettivi della pianificazione (INGENGLI e GIGLIO, 2005). La gestione dell'ambiente non deve continuare a suddividere il territorio in aree di dominio naturale ed aree di dominio antropico, ma capire quali attività naturali e quali attività antropiche siano di reciproco interesse, quali compatibili o incompatibili con l'esistenza degli habitat presenti, per poi individuare trasformazioni in sintonia con le potenzialità del sistema considerato (GIBELLI, 2000). Ancora oggi, però, la pianificazione territoriale è caratterizzata da una predominanza pesante dei concetti urbanistici e guidata da scelte socio-politico-economiche che non sempre prendono in seria considerazione i processi ecologici. Risulta così indispensabile che essa sia preceduta da un'analisi e da una diagnosi dell'area di interesse che non ignori la composizione e la disposizione del territorio circostante perché può avere un forte effetto sulla presenza, sull'abbondanza e sulle attività delle specie floristiche e faunistiche presenti ovvero sul sistema di ecosistemi che crea il paesaggio.

AREA DI STUDIO

Nella cultura popolare il fiume è sempre stato nominato al femminile. *La Brenta* è il nome che affettuosamente indica la sua dolcezza e bellezza, ma è anche un segno di rispetto e timore poiché un detto popolare ricorda: *Tempo, done e siori, i fa tuti come i vol lori!* (Al tempo, alle donne e ai signori non si comanda!).

Il fiume Brenta nasce nel Trentino orientale a 450 m s.l.m., come emissario del lago di Caldonazzo e sfocia, dopo 174 km, nel Mare Adriatico in località Brondolo di Chioggia (Fig. 1).

Il tratto di Fiume da Bassano del Grappa (Provincia di Vicenza) alla città di Padova proposto come sito SIC (Fig. 2) percorre una pianura alluvionale caratterizzata dall'elevata permeabilità dei sedimenti grossolani che permette la connessione tra i corpi idrici superficiali e le falde acquifere sotterranee. Uscito dal bacino montano, il letto fluviale che attraversa l'alta pianura padana orientale è solcato da numerosi canali intrecciati, larghi da pochi metri a decine di metri e profondi al massimo uno o due metri, che rimodellano continuamente i banchi di ghiaia e di ciottoli e le lenti di sabbia depositati dal corso d'acqua. Qui le acque superficiali ricaricano la falda freatica ospitata a qualche decina di

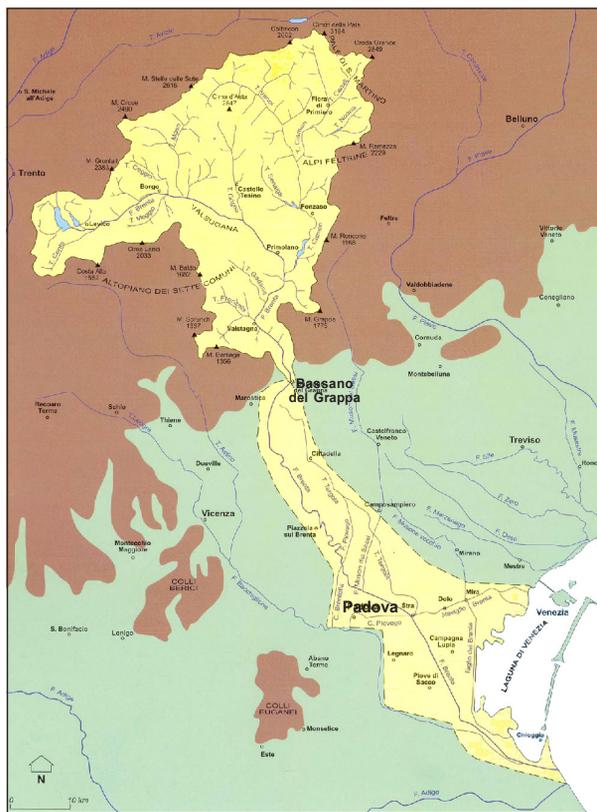


Fig. 1. Il bacino idrografico montano del fiume Brenta e le sue pertinenze fluviali in pianura (BONDESAN *et al.*, 2003).

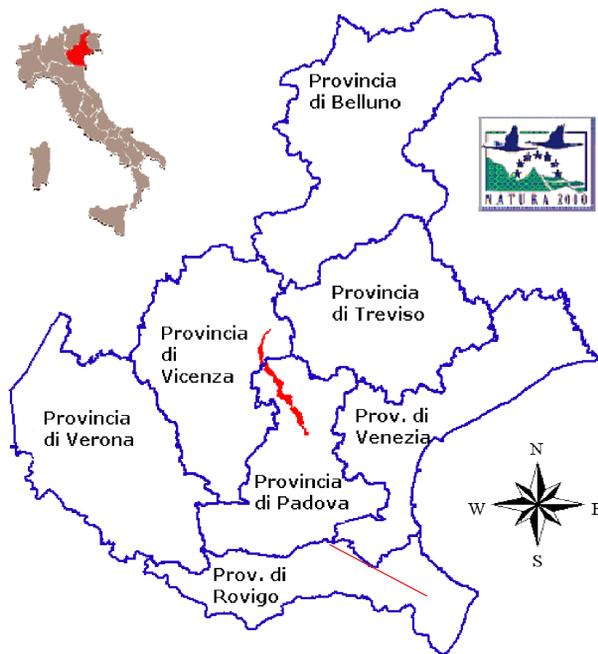


Fig. 2. Il Sito di Importanza Comunitaria SIC IT3260018 "Grave e zone umide della Brenta" (fascia allungata tra le Province di Vicenza e Padova).

metri nel sottosuolo tanto che, nel periodo di magra estivo, il letto del fiume può risultare praticamente asciutto. Entrando nella Provincia di Padova il fiume attraversa la cosiddetta *fascia delle risorgive* lungo la quale, sia in destra che in sinistra idrografica, si allineano dei sistemi di fontanili che restituiscono al deflusso superficiale parte delle acque freatiche permettendo così al fiume di aumentare la portata e assumere gradualmente un andamento meandriforme.

L'area del Medio Brenta è stata fin da tempi lontanissimi sede di popolazioni e civiltà, che hanno tratto vantaggio dal fatto di avere a disposizione una fonte idrica e un sicuro mezzo di trasporto per i propri traffici commerciali, oltre a distese di terreno ampie e fertili. La navigazione e la fluitazione del legname furono praticati sul Brenta fin dall'epoca pre-romana, costituendo spesso il fiume l'unico mezzo per superare i frequenti acquitrini e gli stagionali impaludamenti che si formavano nella pianura. La natura molto permeabile e drenante del terreno ha reso necessaria la creazione di un complesso sistema di derivazioni d'acqua e canali di irrigazione, che ancora oggi portano il nome delle antiche famiglie patrizie della Repubblica di Venezia che li realizzarono: rogge Dolfin, Vica, Cappella, Balbi, Grimana, Contarina, Morosina e altre (BONDESAN *et al.*, 2003).

Tra gli anni '50 e '70, l'evoluzione della struttura economica, da agricola ad industriale, ha influito pe-

santemente sulla tipologia dell'insediamento poiché ha favorito la crescita dei centri urbani nell'ambito di un territorio la cui caratterizzazione storica era costituita da dimore rurali strettamente legate al fondo coltivato. Oggi il paesaggio rurale si presenta come un'unica area verdeggiante dovuta alla coltura del mais che si confonde con quella dei prati, permanenti e avvicendati, a sostegno della vocazione zootecnica della zona. In quegli stessi anni ebbe inoltre luogo un massiccio e sregolato sfruttamento dell'alveo ghiaioso del medio Brenta che ha determinato un approfondimento dello stesso di circa 7/8 metri, causando l'abbassamento della falda freatica e l'alterazione della circolazione idrica sotterranea. Profondo è stato l'intervento dell'uomo anche nelle aree golenali di questo tratto di fiume, oggi costellate da numerosi laghi di cava affiancati da cumuli di materiali di scarto della setacciatura delle ghiaie, perlopiù grossi ciottoli (Mozzi, 2003). Si tratta di zone umide disperse, caratterizzate dalla presenza dell'acqua che può scorrere lentamente o ristagnare e di un suolo torboso e acquitrinoso perché costantemente imbevuto dall'acqua di risorgiva. Piccoli bracci del fiume rimasti isolati e depressioni marginali dell'alveo perennemente allagate permettono l'insediamento di specie come la mazzasorda (*Typha latifolia* L.) e la cannuccia di palude (*Phragmites australis* (Cav.) Trin.). Dove si trovano invece piccoli specchi d'acqua alimentati dalle risorgive l'acqua si presenta limpida, con una temperatura pressoché costante nel corso dell'anno ed una buona ossigenazione, condizioni che favoriscono la presenza del crescione (*Nasturtium officinale* R. Br.), della sedanina (*Berula erecta* (Hudson) Coville) e della veronica d'acqua (*Veronica anagallis aquatica* L.) (PROVINCIA DI VICENZA, 2005). Questi ambienti umidi ospitano diverse specie di anfibi, come il rospo smeraldino (*Bufo viridis* Laurenti) e rettili come la biscia tassellata (*Natrix tassellata* Laurenti) (NISORIA, 2000). Molto ampia è la componente faunistica degli uccelli che trovano rifugio e nidificano tra il salice bianco (*Salix alba* L.), il pioppo nero (*Populus nigra* L.) presenti in forma arbustiva nel greto e in forme arboree nell'ambiente ripario assieme ad altre essenze legnose come gli ontani bianchi e neri (*Alnus incana* e *Alnus glutinosa* L.) e le robinie (*Robinia pseudoacacia* L.). Da segnalare diverse specie sinantropiche infestanti come l'indaco bastardo (*Amorpha fruticosa* L.), la buddleja (*Buddleja davidii* Franchet), il topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) e la verga d'oro maggiore (*Solidago gigantea* Aiton) sviluppate soprattutto dove sono presenti fenomeni di degrado.

Questo fiume veneto, quindi, pur attraversando un paesaggio risultante da una umanizzazione secolare dell'ambiente naturale che l'ha allontanato sempre più

da quello originario, è un ambiente di transizione importantissimo ai fini della conservazione della biodiversità.

MATERIALI E METODI

L'Ecologia del Paesaggio (Landscape Ecology) nasce nella seconda metà del secolo scorso (1940-1980), quando diverse discipline mostrano, nello studio, nella gestione e nella pianificazione del territorio, la necessità di individuare ed operare su aree spazialmente definite. In questo passaggio da una unità di studio funzionale, quale l'ecosistema, all'analisi ecologica di un'area geograficamente perimetrata, cominciano ad essere necessarie informazioni relative alla scala, alla forma, alla distribuzione delle componenti ambientali e alle relazioni geometrico-spaziali che tra di esse intercorrono. Il nuovo approccio suggerito da questa disciplina è caratterizzato da:

- *transdisciplinarietà*, secondo cui tutte le varie scienze coinvolte nello studio del paesaggio cooperano per una interpretazione complessiva ed integrata;
- *logica sistemica*, che considera l'insieme degli elementi componenti del paesaggio, i loro processi di interazione, di scambio, di elaborazione e i meccanismi di autoregolazione;
- *visione olistica*, che considera il territorio nella sua totalità strutturale, spaziale e temporale.

La Landscape Ecology quindi, si propone di studiare il paesaggio come "un'area eterogenea composta da sistemi di ecosistemi interagenti e disposti secondo pattern spazialmente ripetibili" (FORMAN e GODRON, 1986) o ancora, come "un'entità fisica, ecologica e geografica, che integra tutti i processi e tutti i pattern naturali e umani" (NAVEH, 1987). Ecco che il concetto di paesaggio si evolve da una visione puramente estetico-percettiva ad una scientifica, che introduce l'uomo non più come osservatore esterno, bensì come parte integrante del sistema ambientale in grado di interagire con le componenti naturali. In questo contesto l'Ecologia del Paesaggio può rappresentare uno strumento efficace per "individuare, rappresentare, analizzare e cartografare tanto i sistemi naturali che i sistemi antropici in forma olistica al fine di favorire la pianificazione, la gestione e la conservazione delle risorse e dei processi naturali che determinano gli alti livelli di biodiversità" (NAVEH e LIEBERMAN, 1984).

Gli strumenti di indagine territoriale messi a disposizione dalla tecnologia nell'ultimo secolo, hanno permesso una lettura del territorio su vasta scala e hanno contribuito a mettere in luce i *rapporti gerarchici intercorrenti tra le diverse scale spazio-temporali* (GIBELLI, 2000). Il presente studio è stato riferito a:

- la *scala superiore di riferimento* 1:60.000, scelta per inquadrare il territorio che comprende l'area di studio

e rilevare i vincoli che si impongono all'oggetto di osservazione;

- la *scala intermedia di interesse* 1:10.000, scelta per definire il funzionamento dell'oggetto di osservazione e realizzare lo studio;
- la *scala inferiore di controllo* 1:3.000, scelta per definire con maggiore precisione i dettagli strutturali e funzionali degli elementi insiti nell'oggetto di osservazione.

Per la scala intermedia la cartografia dell'uso del suolo del 2003 è stata realizzata attraverso l'interpretazione delle foto aeree n. 104010, 104050, 104090, a scala 1:10.000, della Provincia di Vicenza, le cui riprese sono state realizzate nel periodo maggio-novembre 2003 dalla Compagnia Generale Riprese aeree S.p.A. di Parma nell'ambito del programma Terraltaly™ NR 2003 - ortofoto digitali a colori del territorio italiano.

La digitalizzazione dei dati cartografici è stata realizzata mediante l'utilizzo del G.I.S. (*Geographic Information System o Sistema Informativo Geografico*) e, in particolare, del software ArcView 3.1 della ESRI che ha consentito la rappresentazione delle informazioni spaziali in una mappa vettoriale in cui sono stati individuati 19 elementi strutturali del mosaico ambientale (Tab. I).

Il successivo impiego dei software Idrisi 3.2 e Adobe Photoshop 6.0 ha permesso la trasformazione della mappa vettoriale nel modello raster, sul quale sono stati applicati, con il software Fragstats 3.3, i seguenti indici statistico-matematici di analisi:

- gli indici di Dimensione e Numero: Area totale (TA), Area delle classi (CA), Percentuale del paesaggio occupata dalle classi (PLAND), che descrivono la composizione del paesaggio; Numero delle macchie (NP), Densità delle macchie (PD) e Area media delle macchie (AREA_MN) che descrivono la configurazione del paesaggio;
- l'indice di Diversità di Simpson (SIDI) (SIMPSON, 1949), che indica l'incidenza della diversità di elementi, intesa come il diverso numero di macchie presenti e dà una misura indiretta della prevalenza di una classe, per estensione o numerosità di macchie, rispetto ad un'altra (KREBS, 1972);
- l'indice di Dispersione-Giustapposizione (IJI) (MCGARIGAL e MARKS, 1994), che viene utilizzato per valutare il livello di dispersione e di raggruppamento delle macchie di elementi diversi del mosaico ambientale;
- l'indice di Distanza Euclidea media (Euclidean nearest neighbor distance) (ENN_MN) (MCGARIGAL e MARKS, 1995), che quantifica l'isolamento delle macchie misurando la distanza media tra le macchie appartenenti alla stessa classe;
- l'indice di Biopotenzialità territoriale (Btc), che per-

mette di valutare il grado di metastabilità del sistema paesistico (FORMAN e GODRON, 1986; INGEGNOLI, 1993).

L'evoluzione di un paesaggio fluviale sottoposto ad un disturbo antropico, soprattutto di tipo agronomico, determina quasi sempre l'instaurarsi di un pattern detto *stream corridor*, che presenta un orientamento nella distribuzione dei vari elementi, nel quale si individuano, in posizione prossimale, le componenti a più elevata naturalità che, allontanandosi dall'asse fluviale, lascia-

no il posto alle componenti più legate all'azione antropica, come coltivazioni, siepi e filari alberati, abitazioni sparse e piccoli agglomerati urbani (FORMAN e GODRON, 1986). La descrizione di un gradiente ambientale, lungo la direzione che dal fiume va verso il territorio circostante, può essere efficacemente condotta tramite l'applicazione del metodo dei transetti lineari, definiti come sezioni operate sulle macro aree, finalizzati a mettere in luce la variabilità paesistica (GIBELLI, 2003). Sulla base di studi precedentemente effettuati (REVER-

Tab. I. Elementi del mosaico ambientale.

ID	Elementi	Descrizione
1	corpo idrico principale: Fiume Brenta	Corso del fiume a canali intrecciati; è stato considerato nell'elemento anche il canale Medoaco che prende origine dal Brenta 240 m a valle del Ponte Vecchio di Bassano e scorre parallelo al fiume e in sinistra dello stesso per circa 2 km, andando ad alimentare le centrali idroelettriche di San Lazzaro.
2	forme d'acqua	Torrente Silan-Longhella, rogge di irrigazione, zone umide (bracci del fiume rimasti isolati, depressioni marginali all'alveo allagate, sacche d'acqua ferma e risorgive).
3	greto	Ambiente dinamico del letto fluviale poiché legato alle variazioni di portata del fiume. È costituito da materiali di vario tipo e dimensione (banchi ghiaiosi, sabbia, fango e limo) in condizioni di aridità nei periodi di magra.
4	greto vegetato	Ambiente dinamico del letto fluviale dove la corrente rallenta e si depositano i sedimenti più fini che permettono alla vegetazione di formare una copertura discontinua costituita da specie in grado di compiere il loro ciclo vegetativo in tempi brevi.
5	aree ripariali: vegetazione igrofila	Ambiente di transizione tra il fiume e la pianura circostante, con vegetazione costituita da specie arboree, arbustive ed erbacee.
6	nuclei boscati	Macchie costituite da alberi e arbusti, inserite in una matrice prevalentemente agricola; filari alberati che separano due campi o affiancano una strada. Le specie che più frequentemente si incontrano sono il platano ibrido, la robinia, l'ontano nero, l'acero campestre, il pioppo bianco, il gelso, il noce e le specie di salice.
7	golene alberate: pioppeto	Area destinata alla coltivazione del pioppo.
8	adiacenze rurali: frutteto	Area destinata alla frutticoltura con produzione prevalente di pere, mele, ciliegie e olive.
9	adiacenze rurali: vigneto	Area destinata alla viticoltura; filari di alberi che fungono da sostegno alle viti e separano due campi (elemento residuale della piantata padana).
10	adiacenze rurali: coltivazioni erbacee	Campi di mais; prati permanenti e avvicendati a sostegno della vocazione zootecnica del territorio.
11	adiacenze rurali: incolti	Aree lottizzate non costruite; terreni non coltivati.
12	interventi produttivi: cave	Aree di estrazione; aree in cui si svolgono attività di macinazione, lavaggio, separazione e deposito dei materiali inerti.
13	interventi produttivi: serre	Aree destinate alla coltivazione degli ortaggi e in particolare del radicchio e dell'asparago bianco.
14	aree seminaturali: parco faunistico	Parco faunistico Cappeller nel Comune di Cartigliano.
15	interventi produttivi: allevamenti	Allevamenti di bovini, polli e tacchini.
16	interventi produttivi: allevamento ittico	Allevamento nel Comune di Nove.
17	infrastrutture civili: depuratori	Depuratore di Bassano del Grappa; depuratore di Tezze sul Brenta.
18	aree urbane	Abitazioni con giardino e annessi; edifici rurali; edifici multipiano; negozi; aree pubbliche; impianti sportivi; negozi; parcheggi, strade incluse in tali aree.
19	aree industriali	Zone industriali; capannoni artigianali; autofficine; centrali idroelettriche; strutture del Consorzio di Bonifica Pedemontano Brenta, strade incluse in tali aree.

si, 1996; CARAVELLO e GIACOMIN, 2000), per evitare ridondanze o semplificazioni di informazioni, si è scelto così di collocare nell'area di studio 44 transetti lineari, paralleli fra di loro ed equidistanti 250 metri (Fig. 3).

È stata inoltre individuata, attraverso la fotointerpretazione, un'asta fluviale mediana che fungesse da punto di partenza per ciascun transetto, sviluppato per 1.000 m a sinistra e 1.000 m a destra del fiume, al fine di cogliere la zona ecotonale tra le aree fluviali nella loro totalità di estensione verso le aree agricole (Fig. 4). Ogni transetto è stato suddiviso in intervalli regolari di celle quadrate di 50 x 50 m e per ogni cella è stato individuato l'elemento paesistico presente per maggiore estensione e quindi caratterizzato la cella (FORMAN e GODRON, 1986; INGEGNOLI, 1993) (Fig. 5).

Le informazioni sono state raccolte in un formato alfa-numerico corrispondente ai codici attribuiti a ciascun elemento e quindi riportate su foglio elettronico sotto forma di matrici 44 x 22 funzionali alla applicazione dei seguenti indici di analisi:

- l'indice di Discontinuità e Contrasto (SED), che individua le discontinuità nella distribuzione degli elementi lungo il transetto e perciò risulta particolarmente appropriato per dati mono-dimensionali (FARINA, 2001). L'indice è calcolato impiegando la tecnica della finestra mobile, *moving split window* (MSW), e confrontando i dati raccolti in ciascuna metà (A e B) di questa finestra (FARINA, 1993), (Fig. 6).

In questo studio, una finestra di 6 stazioni (6 celle) è stata spostata lungo il transetto, partendo dall'asta fluviale, di una stazione alla volta (1 cella) ed è stata applicata la seguente formula:

$$SED_{mw} = \sum_{i=1}^a (\bar{X}_{iAw} - \bar{X}_{iBw})^2$$

dove

- n = stazione del punto mediano della finestra w
- w = ampiezza della finestra
- a = numero delle variabili campionate in ciascuna stazione
- i = variabile considerata

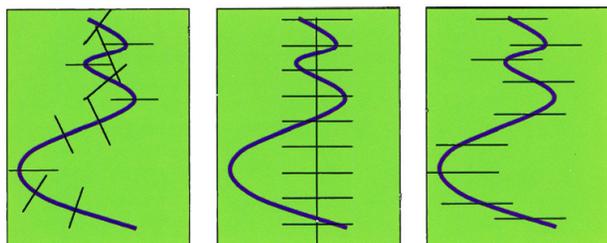


Fig. 3. Metodi di posizionamento dei transetti (CARAVELLO e GIACOMIN, 2000).

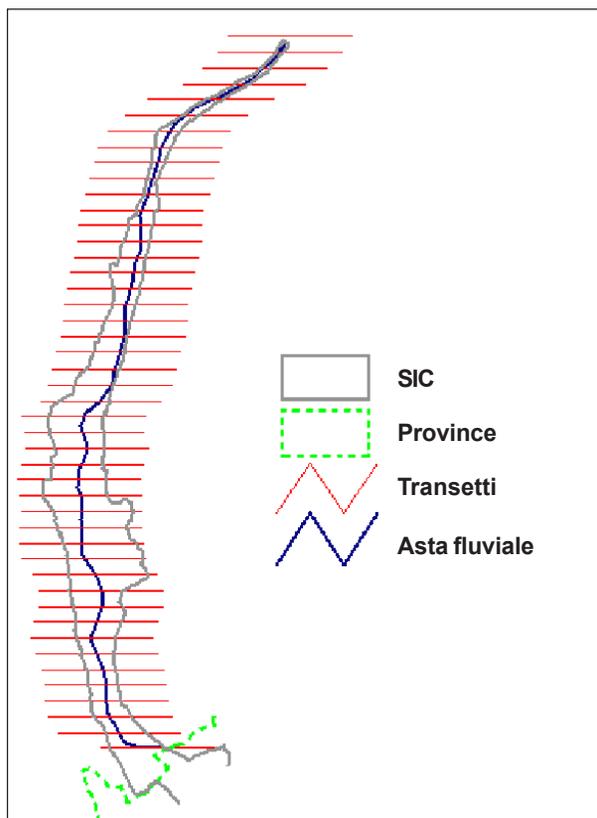


Fig. 4. Distribuzione dei transetti nell'area di studio.

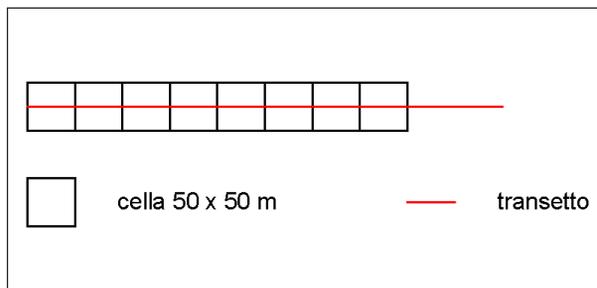


Fig. 5. Suddivisione del transetto in intervalli regolari.

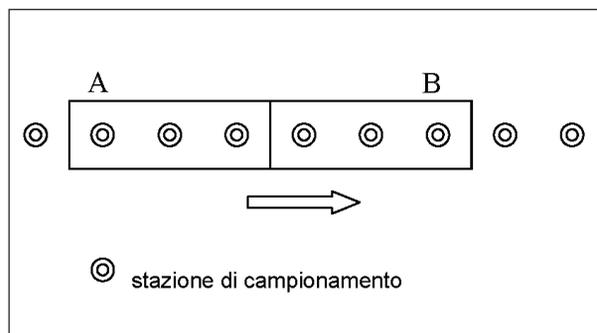


Fig. 6. Rappresentazione della finestra mobile.

L'indice è stato calcolato sui codici identificativi assegnati agli elementi del paesaggio in base al loro maggiore o minore condizionamento antropico (ID nella tabella I). I valori dell'indice sono stati rappresentati in istogrammi ed interpolati con il metodo dei minimi quadrati per mezzo di un polinomio di quarto grado utilizzando il software Microsoft Excel (REVERSI, 1996; CARAVELLO e GIACOMIN, 2000). L'analisi dell'andamento della curva ottenuta per ogni singolo transetto ha permesso di calcolare i punti di minimo, assoluti e relativi, indicanti le variazioni di paesaggio presenti lungo il transetto stesso (Fig. 7).

- l'indice di Biopotenzialità trasformata (DDB), che riabora i valori della Biopotenzialità territoriale (Btc) fornendo informazioni sulla posizione, lungo il transetto, delle componenti a più elevata naturalità e delle componenti più legate all'azione antropica. Agli elementi, caratterizzanti le diverse celle costituenti il transetto, sono stati assegnati dei valori unitari di Btc,

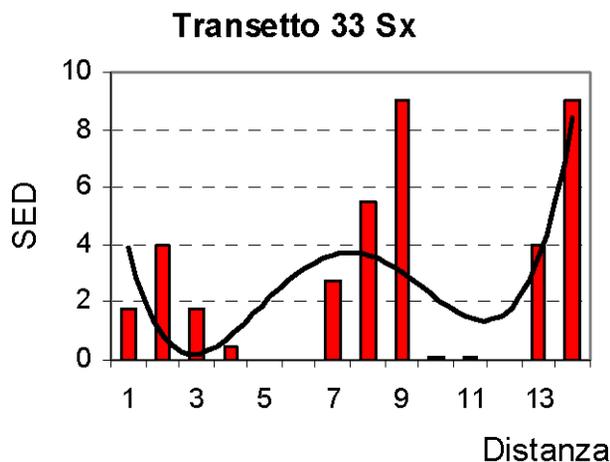


Fig. 7. Punti di minimo SED nelle celle 3 e 11 corrispondenti alle variazioni di paesaggio.

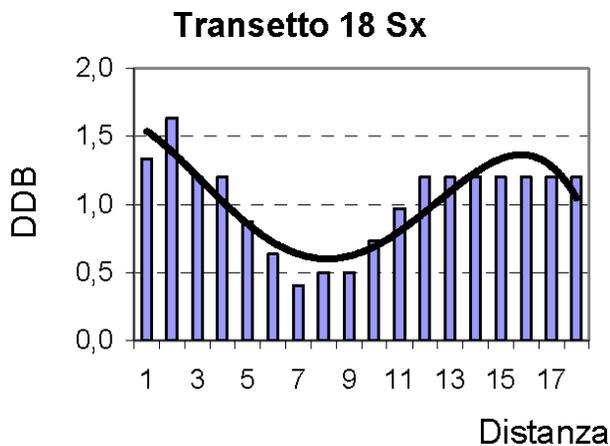


Fig. 8. Punto di minimo DDB nella cella 8 corrispondente alla variazione di naturalità.

prendendo come riferimento i valori calcolati per i principali tipi di elementi paesistici dell'Europa centro-meridionale e i valori applicati in altri studi (INGENGLI, 1993; GIBELLI, 2003). All'interno di ogni singola finestra mobile, fatta scorrere lungo il transetto, è stata calcolata la somma dei valori assoluti di Btc degli elementi del paesaggio presenti moltiplicati per la frequenza assoluta degli stessi. La formula applicata è stata la seguente:

$$DDB_{ij} = \sum_{amb=1}^N val(amb) \cdot freq(amb) \text{ [Mcal/m}^2\text{/anno]}$$

dove:

N = numero degli elementi

i = finestra di indagine

j = transetto considerato

val = valore unitario di Btc attribuito all'elemento

$freq$ = frequenza dell'elemento nella finestra i

amb = elemento del paesaggio nella finestra i

Anche i valori di questo indice sono stati rappresentati in istogrammi ed interpolati con il metodo dei minimi quadrati. L'analisi dell'andamento della curva ottenuta per ogni singolo transetto ha permesso di individuare il punto in cui c'è il passaggio da un ambiente a più elevata naturalità ad uno più legato all'azione antropica, ossia la posizione lungo il transetto in cui si ha una variazione di naturalità (Fig. 8).

RISULTATI E DISCUSSIONI

La ricostruzione cartografica, l'analisi fotointerpretativa e i risultati ottenuti con l'applicazione degli indici di analisi della struttura e della funzionalità del paesaggio, condotte nella prima parte di questo studio, hanno individuato un'area che si sviluppa su una superficie complessiva di 2.527,65 ettari in cui sono inclusi i 697,49 ettari occupati dal sito SIC "IT3260018 Grave e zone umide della Brenta" nella Provincia di Vicenza. I 19 elementi che vanno a costituire il mosaico ambientale sono distribuiti in 1.436 macchie aventi una superficie media di 1,76 ettari.

Il calcolo dell'indice di Diversità di Simpson ha restituito un valore ($SIDI = 0,79$) che, approssimandosi a 1, indica che il paesaggio non presenta elementi fortemente dominanti in quantità e/o estensione anche se, allo stesso tempo, è caratterizzato dalla presenza di numerose e diverse classi. Tale risultato sembra, quindi, indicare una ricchezza nella composizione del mosaico ambientale e una tendenza all'equidistribuzione degli elementi.

In particolare, dall'applicazione degli indici di dimensione e numero a livello di classe si osserva che l'area è composta dal 36,69% dell'elemento coltivazioni erbacee e dal 21,07% delle aree urbane, mentre gli elementi strettamente legati all'ambiente fluviale (Fiu-

me Brenta, greto, greto vegetato e vegetazione igrofila) occupano complessivamente il 24% dell'area di studio. La loro distribuzione segue il profilo longitudinale del fiume andando a costituire una fascia naturale, particolarmente ridotta nel tratto iniziale a Nord a causa dell'espansione dell'area urbana di Bassano del Grappa, ma che si amplia scendendo lungo il corso d'acqua, anche se visibilmente interrotta in diversi punti dalle aree caratterizzate dall'elemento cave.

Il sistema paesistico, secondo il valore della Btc

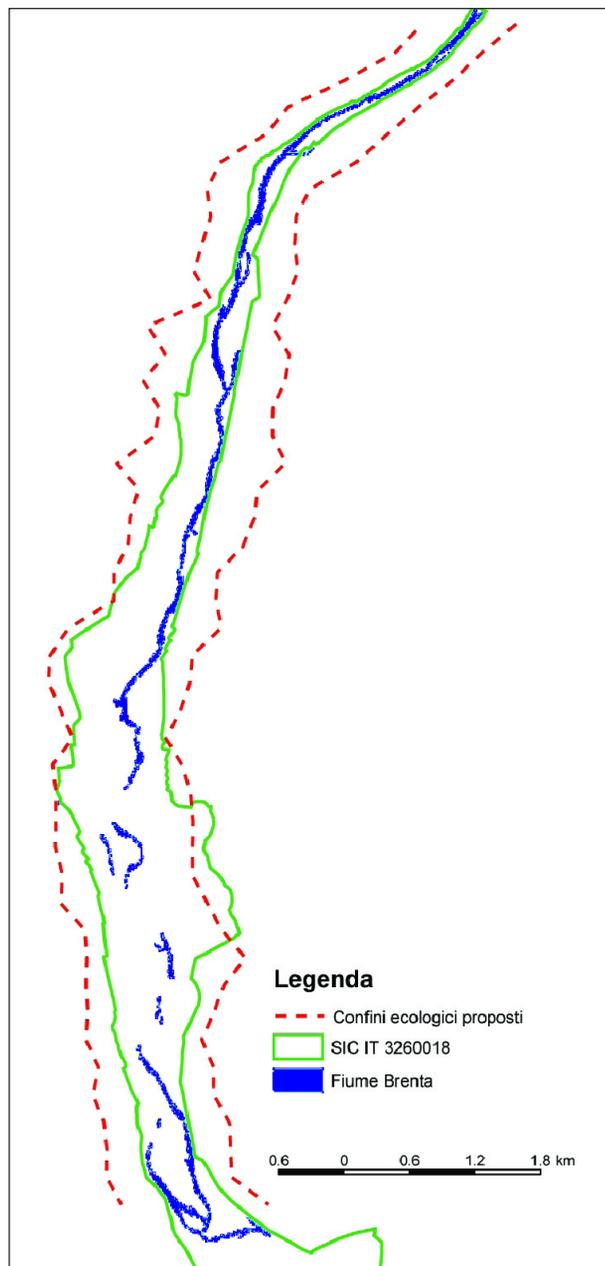


Fig. 9. Confronto tra i confini del sito SIC ed i confini ecologici proposti.

media, è caratterizzato da campi agricolo-tecnologici, ecotopi naturali e/o degradati, ma capaci di resilienza naturale, ossia capaci di recupero dopo essere stati soggetti ad un disturbo.

Nella seconda parte di questo studio, l'applicazione della metodologia dei transetti, della finestra mobile e degli indici SED e DDB, hanno permesso l'analisi della modalità di distribuzione degli elementi e l'individuazione di un possibile confine ecologico del paesaggio fluviale studiato. L'interpolazione dei valori degli indici SED e DDB ha fornito tre serie di punti lungo i transetti che, una volta rappresentati sulla cartografia, hanno permesso la definizione di due linee:

- un confine prossimale al fiume, corrispondente al tracciato interno proposto dall'indice SED, delimitante una fascia che potrebbe essere considerata l'*ecocore* del paesaggio fluviale analizzato, perché rappresenta l'ambiente più stabilmente legato al corso d'acqua. Si tratta di una linea dinamica su scala spazio-temporale perché, essendo contigua all'alveo, è soggetta alle variazioni morfologiche e idrologiche caratteristiche della Brenta e ciò la rende non molto idonea a rappresentare il confine di un'area protetta;
- un confine distale al fiume, proposto come linea che unisce i punti ricavati dalla media dei valori che hanno evidenziato il tracciato esterno dell'indice SED e l'unico tracciato dell'indice DDB. Esso delimita quella fascia che potrebbe essere considerata l'*ecotone* del mosaico ambientale, in quanto assume un'importanza fondamentale sia come zona di transizione, tra l'ambiente strettamente fluviale e l'ambiente rurale, sia come filtro e barriera di protezione dell'*ecocore* funzionando da "cuscinetto" contro eventuali disturbi provenienti dalla fascia esterna.

Ne consegue che quest'ultimo tracciato risulta essere il confine ecologico proponibile che, oltre a contenere quasi completamente il sito SIC in esame, include una parte marginale delle aree antropizzate contigue agli argini fluviali, dimostrando come i rigidi vincoli amministrativi non tengano in considerazione le realtà ecologiche e sottolineando, invece, l'importanza di una graduale sfumatura dell'ambiente naturale verso la pianura circostante (Fig. 9).

CONCLUSIONI

Il paesaggio fluviale è senza dubbio il paesaggio acquatico più diffuso nell'ambiente pianiziale padano, ma anche il più difficile da definire nei suoi limiti ecogeografici. Questo paesaggio, infatti, è dominato da due tipi di processo, uno legato esclusivamente al fluire per gravità delle acque convogliate dai suoli e alla ricarica della falda sotterranea, l'altro è connesso alle influenze laterali della vegetazione e soprattutto all'uso

del suolo da parte dell'uomo.

Un corso d'acqua può essere considerato come una successione di ecosistemi che, creando continui cambiamenti al mosaico ambientale, producono una varietà di ecotoni ad elevata dinamicità e ricchi in biodiversità. Proprio la tutela di questo aspetto rende fondamentale, nella delimitazione delle aree da proteggere, l'analisi della struttura e della funzionalità del paesaggio e della modalità di distribuzione degli elementi che lo compongono.

La metodologia impiegata in questo studio vorrebbe proporsi come un modello da includere nei processi

decisionali di protezione ambientale, poiché, mettendo in evidenza il passaggio tra il paesaggio naturale e quello antropico, ha individuato nel tracciato distale un possibile confine ecologico che, pur mostrando alcune aree di contatto e sovrapposizione, nel complesso tende ad allargare l'attuale confine amministrativo del sito SIC. Il modello sperimentato andrebbe comunque affinato ricercando il polinomio di grado più sensibile, ossia quel polinomio che, per ogni singolo transetto, meglio interpoli i valori ad esso correlati. A completamento dello studio, si potrebbero inoltre georeferenziare le celle che individuano il confine.

BIBLIOGRAFIA

- BONDESAN A., CANIATO G., GASPARINI D., VALLERANI F., ZANETTI M. (a cura di), 2003. *Il Brenta*. Cierre edizioni, Sommacampagna.
- CARAVELLO G., GIACOMIN F., 2000. Applicazioni di Ecologia del Paesaggio (Landscape Ecology) per la pianificazione di aree fluviali protette: metodologie applicate all'ecologia del paesaggio per affrontare le tematiche del recupero e del ripristino ambientale. In: Bon M. *et al.* (a cura di) *Il Sile l'ansa a San Michele Vecchio*. Edizioni A.S.T.E.A. Papergraf, Piazzola sul Brenta (PD).
- FARINA A., 1993. *L'ecologia dei sistemi ambientali*. CLEUP, Padova.
- FARINA A., 2001. *Ecologia del paesaggio, principi, metodi e applicazioni*. UTET Libreria S.r.l., Torino.
- FORMAN R.T.T., GODRON M., 1986. *Landscape ecology*. Wiley & Sons, New York.
- GIBELLI M.G., 2000. *I principi dell'ecologia del paesaggio applicabili alla pianificazione territoriale*. In: Gibelli M.G., Padoa-Schioppa E. (a cura di), *SIEP-IALE 1990-2000. 10 anni di ecologia del paesaggio in Italia: ricerca, scopi e ruoli*. Atti VI Congresso Nazionale SIEP-IALE, 1-2 Giugno 2000, Milano.
- GIBELLI M.G., 2003. *Il paesaggio delle frange urbane*. Quaderni del Piano Territoriale n. 19, Provincia di Milano, FrancoAngeli, Milano.
- INGEGNOLI V., 1993. *Fondamenti di ecologia del paesaggio*. CittàStudiEdizioni, Milano.
- INGEGNOLI V., GIGLIO E., 2005. *Ecologia del paesaggio. Manuale per conservare, gestire e pianificare l'ambiente*. Gruppo Editoriale Esselibri, Napoli.
- KREBS C.J., 1972. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. Harper International Edition, New York.
- MCGARIGAL K., MARKS B.J., 1994. *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure (version 2.0)*. Corvallis OR: Oregon State University, Forest Sciences Department.
- MCGARIGAL K., MARKS B.J., 1995. *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. Portland OR: USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, General Technical Report PNW-GTR-351.
- MOZZI P., 2003. L'alta e media pianura del Brenta. In: Bondesan A., Caniato G., Gasparini D., Vallerani F., Zanetti M. (a cura di), *Il Brenta*. Cierre edizioni, Sommacampagna.
- NAVEH Z., 1987. Biocybernetic and thermodynamic perspectives of landscape functions and land use patterns. *Landscape Ecology*, **1**: 180-189.
- NAVEH Z., LIEBERMAN A.S., 1984. *Landscape ecology. Theory and application*. Springer, New York.
- NISORIA (Gruppo Vicentino di Studi Ornitologici), Museo Naturalistico Archeologico di Vicenza, 2000. *Atlante degli anfibi e dei rettili della Provincia di Vicenza*. Gilberto Padovan Editore, Vicenza.
- PROVINCIA DI VICENZA, 2005. *La biodiversità delle aree SIC/ZPS della Provincia di Vicenza*, Parte II. Amministrazione Provinciale di Vicenza, inedito.
- REVERSI G., 1996. *L'ambito fluviale del Mincio. Il Parco Naturale da Peschiera a Valeggio*. Tesi di Laurea in Scienze Biologiche, Facoltà di Scienze MM.FF.NN., A.A. 1995/1996, Università di Padova.
- SANTOLINI R., 2002. *Ecologia del Paesaggio e conservazione*. In: Gibelli M.G., Padoa-Schioppa E. (a cura di), *Aspetti applicativi dell'Ecologia del Paesaggio: conservazione, pianificazione, Valutazione Ambientale Strategica*. Atti VII Congresso Nazionale SIEP-IALE, 4-5 luglio 2002, Milano.
- SIMPSON E.H., 1949. *Measurement of diversity*. *Nature* **163**: 688.

Messa a punto di una metodologia di saggio a 14 giorni su *Artemia franciscana* e *A. parthenogenetica*

Federica Savorelli^{1*}, Donatella Palazzi², Gessica Gorbi³, Marion Invidia³, Sandra Sei³, Erika Magaletti⁴, Loredana Manfra⁴, Fernando Gelli²

1 Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica Applicata al Mare (I.C.R.A.M.), Roma
c/o A.R.P.A. E.R., sez. prov.le di Ferrara, C.so Giovecca, 169 - 44100 Ferrara

2 Laboratorio Ittiologico - A.R.P.A. E.R., sezione prov.le di Ferrara, C.so Giovecca, 169 - 44100 Ferrara

3 Dipartimento di Scienze Ambientali, Università di Parma, Parco Area delle Scienze 11/A - 43100 Parma

4 Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica Applicata al Mare (I.C.R.A.M.), Via di Casalotti 300 - 00166 Roma

* Referente per la corrispondenza: fsavorelli@arpa.emr.it

Pervenuto il 7.2.2007; accettato il 20.3.2007

RIASSUNTO

Obiettivo di questo lavoro è stata la messa a punto di una metodologia di saggio a 14 gg. di semplice applicazione e da poter effettuare a domanda, su crostacei del genere *Artemia*. Per i saggi sono stati utilizzati naupli (II-III stadio) di *Artemia franciscana*, ottenuti da cisti reperibili in commercio, e della specie autoctona *A. parthenogenetica*, allevata in laboratorio. La prima fase della sperimentazione è stata finalizzata all'individuazione di un'acqua artificiale idonea e della minima densità algale in grado di assicurare sopravvivenza e crescita degli organismi. La metodologia definita in questa fase (acqua artificiale Instant Ocean, salinità 35±1 ‰; densità dell'alga *Dunaliella tertiolecta* 1x10⁵ cell/mL; rinnovo del mezzo e dell'alimento tre volte a settimana) è stata applicata alla valutazione della tossicità di una sostanza di riferimento, Sodio Dodecil Solfato (SDS), e del prodotto disperdente Safety Sea Cleaner 2, considerando come *end-point* mortalità e accrescimento (valutato in termini di lunghezza corporea). È stata valutata, inoltre, la sensibilità relativa delle due specie di *Artemia* al tossico di riferimento. Sono stati eseguiti test semistatici a 7 e 14 giorni, effettuando per ogni trattamento e per il controllo almeno 3 repliche (10 naupli per replica). Per entrambe le specie, l'*end-point* letale è risultato più sensibile dell'*end-point* subletale (accrescimento) sia dopo 7 che dopo 14 giorni di esposizione. Prolungando il tempo di esposizione a 14 giorni, aumenta la sensibilità del test con *A. franciscana* basato sull'*end-point* letale. I risultati ottenuti con SDS sembrano indicare una maggior sensibilità di *A. franciscana* rispetto ad *A. parthenogenetica*.

PAROLE CHIAVE: saggi ecotossicologici / *Artemia franciscana* / *Artemia parthenogenetica* / Sodio Dodecil Solfato / Safety Sea Cleaner 2

Set up of a standard methodology for 14-day bioassay on *Artemia franciscana* and *A. parthenogenetica*

The objective of this study was to set up a standard methodology for "on demand" 14-day bioassay on the brine shrimp *Artemia*. Nauplii of *Artemia franciscana* and *A. parthenogenetica* at the 2nd-3rd larval stage were used. A first experimental phase was devoted to identify a suitable artificial sea water and the lowest algal density able to assure survival and development of the organism. The defined procedures (Instant Ocean artificial sea water, 35±1 ‰ salinity; density of the alga *Dunaliella tertiolecta* 1x10⁵ cells/mL; renewal of water and food three times a week) were then applied to evaluate toxicity of a reference toxicant, Sodium Dodecylsulfate (SDS), and of the oil dispersant Safety Sea Cleaner 2. Semi-static bioassays (7 and 14-day exposure) were realized on the two *Artemia* species, and the relative sensitivity was evaluated. Mortality and negative effects on somatic growth (i.e. carapace length after 7 and 14-day exposure) were considered as end-points. Three replicate chambers for concentration and control (10 nauplii per test chamber) were run and solutions and food were renewed three times a week. In both *Artemia* species, mortality was more sensitive than the sublethal end-point "growth" after 7 and 14 days of exposure. The increase of the exposure time to 14 days increased the sensitivity of the test on *A. franciscana* based on the lethal end-point. The results of the test with SDS suggest that *A. franciscana* is slightly more sensitive than *A. parthenogenetica*.

KEY WORDS: ecotoxicological bioassay / *Artemia franciscana* / *Artemia parthenogenetica* / Sodium Dodecylsulfate / Safety Sea Cleaner 2

INTRODUZIONE

L'utilizzo di specie del genere *Artemia* (Crustacea, Anostraca) in ecotossicologia è ben documentato: negli ultimi 20 anni il genere è stato largamente impiegato per valutare la tossicità acuta di contaminanti organici ed inorganici e dettagliate rassegne sono riportate da PERSOONE e WELLS (1987) e da NUNES *et al.* (2006). Più limitato è stato invece l'uso di *Artemia* spp. nella valutazione della tossicità subletale cronica. Le prime ricerche risalgono alla metà degli anni '70 e sono state condotte su una specie classificata allora come *A. salina*: GEBHARDT (1976) ha studiato gli effetti di alcuni metalli pesanti su riproduzione, crescita e sopravvivenza e CUNNINGHAM (1976) gli effetti di un insetticida sulla riproduzione. Nuovi studi sono stati realizzati soltanto in anni recenti: BRIX *et al.* (2003, 2004) hanno effettuato test di tossicità cronica su *A. franciscana* valutando l'impatto di arsenico e selenio su sopravvivenza degli adulti, crescita e riproduzione; SARABIA *et al.* (2003) hanno condotto ricerche sugli effetti del cadmio su schiusa delle uova, riproduzione e tratti del ciclo vitale di *A. parthenogenetica*.

Nella legislazione italiana, l'utilizzo di *A. salina* per i test di tossicità acuta sugli scarichi di acque salate è stato disposto dal D. Lgs n. 152/99. Inoltre la lettera del Ministero dell'Ambiente N. DPN/3M/2003/8319 del 16/12/2003 dispone, in via transitoria, la sostituzione di *Mysidopsis bahia* (Crustacea, Mysidacea) con *A. salina* al fine di garantire l'applicabilità del Decreto Direttoriale (D.D. 23/12/2002) recante norme sulla classificazione tossicologica di prodotti disperdenti per la bonifica da idrocarburi petroliferi. *M. bahia* è infatti assente dagli ambienti costieri del Mediterraneo, non facilmente reperibile e specie potenzialmente invasiva. Il D.D. prevede che la classificazione tossicologica sia effettuata mediante test di tossicità sia acuta che cronica, tuttavia non sono attualmente disponibili procedure standardizzate per la valutazione della tossicità cronica di sostanze e campioni ambientali su specie del genere *Artemia*.

Obiettivo di questo lavoro è stata la messa a punto di una metodologia di saggio a 14 gg che risulti di semplice applicazione e da poter effettuare a domanda. Sono state prese in considerazione due specie: *A. franciscana*, specie bisessuale originaria del continente americano e facilmente reperibile in commercio, e *A. parthenogenetica*, specie autoctona. In Mediterraneo sono infatti presenti due specie autoctone: la specie bisessuale *A. salina* e *A. parthenogenetica*. In Italia *A. parthenogenetica* è segnalata lungo le coste adriatiche dell'Emilia Romagna e della Puglia, in particolare nelle saline di Cervia e Comacchio (STAGNI *et al.*, 1994) e di Torre Colimena e Margherita di Savoia, (BARIGOZZI, 1980; MURA, 1999; MOSCATELLO *et al.*, 2002) mentre

A. salina è dominante lungo le coste tirreniche di Lazio, Sicilia e Sardegna, con l'unica eccezione della salina di Santa Gilla (Cagliari), dove coesiste con *A. parthenogenetica* (BARIGOZZI, 1974, 1980; MURA, 1987, 1999; MOSCATELLO *et al.*, 2002). Un recente studio sulla distribuzione delle specie del genere *Artemia* nell'area mediterranea (AMAT *et al.*, 2005), segnala *A. franciscana*, come specie invasiva in espansione, dominante nelle saline di Portogallo e Marocco e lungo le coste di Francia e Spagna.

Allo scopo di verificare la possibilità di utilizzare la specie autoctona nei test ecotossicologici, è stata valutata la sensibilità relativa di *A. parthenogenetica* e *A. franciscana* ad un tossico di riferimento, considerando un *end-point* letale e uno subletale.

MATERIALI E METODI

Colture algali

Durante i test entrambe le specie di *Artemia* sono state alimentate con la microalga *Dunaliella tertiolecta*, specie scelta tra quelle consigliate da D'AGOSTINO (1980) per l'alimentazione di *Artemia* sp., utilizzando colture in crescita esponenziale con densità comprese tra $1,3$ e $2,0 \times 10^6$ cellule/mL. La stessa alga è stata utilizzata anche per l'allevamento di *A. parthenogenetica*.

È stato utilizzato il mezzo colturale f/2 Guillard addizionato ad acqua marina artificiale *Instant Ocean* al 30‰ di salinità. Le colture algali sono state mantenute in beute da 500 mL chiuse con tampone di garza sterile e cotone idrofobo, poste in una camera termostata a $20 \pm 1^\circ\text{C}$, illuminate con lampade a fluorescenza (3000 lux) ad un fotoperiodo di 16h luce:8h buio.

Allevamento di *Artemia parthenogenetica*

Adulti di *Artemia parthenogenetica* prelevati dalle saline di Cervia sono stati utilizzati per allestire l'allevamento nel Laboratorio Ittiologico ARPA-FE.

Gli organismi sono stati mantenuti in vaschette di cm 35x30x5, ciascuna contenente 3 litri di acqua di mare artificiale *Instant Ocean*[®] ($20 \pm 1^\circ\text{C}$, salinità 35 ± 1 ‰, 16h luce:8h buio, assenza di aerazione), alla densità di circa 30 individui/litro.

Giornalmente si è provveduto alla pulizia delle vaschette e alla somministrazione di una sospensione di *Dunaliella tertiolecta* in quantità tale da assicurare una densità di $0,6 \times 10^5$ cell/mL.

Messa a punto delle metodologie di saggio

Le metodologie per l'esecuzione dei saggi sono state messe a punto su *Artemia franciscana*. Gli stessi metodi sono poi stati applicati nei test con *A. parthenogenetica*.

Valutazione dell'idoneità di diverse acque artificiali

Allo scopo di identificare un'acqua artificiale idonea alla sopravvivenza e alla crescita di *Artemia franciscana*, sono stati testati 5 diversi tipi di acqua marina artificiale al 35‰ di salinità:

- ASPM: acqua preparata secondo la ricetta riportata da GUZZELLA (1997), (NaCl 26,4 g/L, KCl 0,84 g/L, CaCl₂·H₂O 1,67 g/L, MgCl₂·6H₂O 4,6 g/L, MgSO₄·7H₂O 5,58 g/L, NaHCO₃ 0,17 g/L, H₃BO₃ 0,03 g/L in acqua MilliQ).
- ASW: acqua preparata aggiungendo ad acqua MilliQ soluzioni di sali già pronte, fornite con il kit ARTO-XKIT. I sali sono gli stessi indicati nel punto precedente per la preparazione della soluzione ASPM, ma la concentrazione nelle soluzioni non è riportata dalla ditta produttrice.
- Instant Ocean 1: acqua preparata aggiungendo ad 1 litro di acqua MilliQ 35 g della miscela di sali *Instant Ocean*® reperibile in commercio, consigliata anche da VIGANÒ (1996) per l'esecuzione dei test cronici con *Mysidopsis bahia*.
- Instant Ocean 2: acqua preparata aggiungendo ad 1 litro di acqua MilliQ 35 g della miscela di sali *Instant Ocean*® e condizionata su filtri biologici per almeno una settimana prima del suo impiego.
- Standard Methods (SM): acqua preparata secondo A.P.H.A., A.W.W.A., W.P.C.F. (1989), sciogliendo in acqua MilliQ i sali indicati in tabella I, risultata idonea per l'esecuzione di saggi a lungo termine con il crostaceo *Acartia tonsa* (INVIDIA *et al.*, 2004; GORBI *et al.*, 2006; SAVORELLI *et al.*, 2006).

Tutte le acque sono state aerate per 48 ore, filtrate su filtri a porosità di 0,45µm e conservate al buio a 4 °C. Prima dell'uso sono state nuovamente aerate per 24 ore.

Cisti (100 mg) di *A. franciscana* sono state

Tab. I. Composizione dell'acqua marina artificiale Standard Methods (A.P.H.A., A.W.W.A., W.P.C.F., 1989).

	Concentrazione finale g/L
NaF	0,003
SrCl ₂ · 6H ₂ O	0,02
H ₃ BO ₃	0,03
KBr	0,1
KCl	0,7
CaCl ₂ · 6H ₂ O	2,1896
Na ₂ SO ₄	4,0
MgCl ₂ · 6H ₂ O	10,78
NaCl	23,5
Na ₂ SiO ₃ · 5H ₂ O	0,0149
Na ₄ EDTA	0,001
NaHCO ₃	0,2

distribuite in 5 capsule Petri (20 mg per capsula) e attivate utilizzando per l'idratazione 12 mL delle diverse acque artificiali. Le capsule sono state chiuse, mantenute per circa un'ora a 25±1°C alla intensità luminosa di 3000 lux e successivamente incubate al buio alla stessa temperatura. Dopo 24 ore, le capsule sono state poste al binoculare ed è stata posizionata una fonte luminosa in modo da radunare per fototassia le larve schiuse ed eliminare da ciascuna capsula le cisti e le larve ancora parzialmente o totalmente incluse nella membrana. Il contenuto di ogni Petri (acqua e naupli) è stato versato in cristallizzatori (Ø 90 mm) contenenti 200 mL della stessa acqua utilizzata per la attivazione e i naupli sono stati alimentati *ad libitum* con una sospensione della microalga *Dunaliella tertiolecta*. Per 7 giorni le larve sono state mantenute in cella climatizzata (temperatura di 25 ± 1 °C, fotoperiodo 14 h luce:10 h buio, intensità luminosa di 1000 lux), senza effettuare alcun cambio del mezzo; ciò ha consentito di evitare la manipolazione degli organismi durante lo sviluppo naupliare, fase ritenuta da VANHAECKE *et al.* (1980) più sensibile agli stress rispetto allo stadio di metanauplio.

Successivamente gli organismi sono stati distribuiti in beaker da 100 mL contenenti 50 mL di acqua di mare sintetica (densità: 1 ind/5 mL) e alimentati con *D. tertiolecta* alla densità di 0,6x10⁵ cell/mL. I beaker sono stati trasferiti in cella termostata alla temperatura di 25 ± 1 °C e mantenuti in queste condizioni sperimentali per 17 giorni. Ogni 3 giorni è stato effettuato il rinnovo del mezzo trasferendo gli organismi in beaker contenenti acqua artificiale ed alimento freschi. La sopravvivenza è stata controllata ogni 24 ore mediante osservazione allo stereomicroscopio. Sono state considerate morte le larve che, anche a seguito di stimolazione con uno specillo, non presentavano alcun movimento. Per ognuna delle 5 acque sono state effettuate 4 repliche (10 organismi per replica = 40 organismi per ciascun tipo di acqua marina sintetica).

Standardizzazione dell'alimentazione

I saggi di standardizzazione dell'alimentazione hanno avuto lo scopo di identificare la più bassa densità di alghe capace di assicurare sopravvivenza e sviluppo (in termini di incremento della lunghezza) dell'organismo.

Cisti di *A. franciscana* (20 mg) sono state indotte alla schiusa come descritto nel paragrafo precedente. Come acqua di idratazione sono state usate, in parallelo, le acque artificiali scelte sulla base dei risultati ottenuti dai saggi sopra descritti. Dopo 24 ore, le larve schiuse sono state trasferite in nuove capsule Petri riempite con le diverse acque artificiali e mantenute per altre 24 ore al buio, alla stessa temperatura. I naupli al II-III stadio, così ottenuti, sono stati trasferiti in be-

aker (100 mL) contenenti 50 mL della stessa acqua artificiale utilizzata per l'attivazione delle cisti (densità: 1 ind/5 mL), alimentati con *D. tertiolecta* alle densità di 0,25 - 0,5 - 0,75 - 1,0 e $1,25 \times 10^5$ cell/mL e mantenuti in cella climatizzata (25 ± 1 °C, 14 h luce:10 h buio, 1000 lux) per 9 giorni. Per ogni densità algale e per ciascun tipo di acqua sintetica sono state effettuate 4 repliche (10 organismi per replica = 40 organismi per trattamento).

Per valutare l'accrescimento degli organismi, all'inizio della prova è stato sacrificato un campione di naupli, usando formalina tamponata al 40% (conc. finale 4%), e ciascun individuo è stato misurato allo stereomicroscopio dalla sommità anteriore del capo alla base della furca caudale (AMAT DOMENECH, 1980; GODÍNEZ *et al.*, 2004). Dopo 2, 5 e 7 giorni dall'inizio della sperimentazione è stato effettuato il rinnovo del mezzo e dell'alimento. Ad ogni rinnovo, una replica è stata sacrificata per la misurazione degli organismi. Al termine della prova gli organismi sopravvissuti sono stati contati e misurati.

I dati sono stati analizzati mediante ANOVA e il test di confronto multiplo di Tukey, utilizzando il pacchetto statistico SPSS. La densità di alghe più idonea è stata definita sulla base della lunghezza media degli organismi dopo 7 e 9 giorni di allevamento.

Test di tossicità

Per la messa a punto delle metodologie di saggio su *Artemia* sono state testate due sostanze: Sodio Dodecil Solfato (SDS) e il prodotto disperdente Safety Sea Cleaner (SSC2).

Per entrambe le sostanze sono stati effettuati test a 7 giorni su *A. franciscana*. Per verificare se un aumento del tempo di esposizione potesse comportare un aumento della sensibilità del test, è stato effettuato un saggio con SDS a 14 giorni con *A. franciscana*. Il test a 14 giorni con SDS è stato successivamente ripetuto, utilizzando in parallelo *A. franciscana* e *A. parthenogenetica* allo scopo di valutare la sensibilità relativa delle due specie.

La scelta delle concentrazioni da saggiare è stata fatta sulla base di risultati ottenuti precedentemente da test acuti su *A. franciscana*, ipotizzando per le NOEC valori di un ordine di grandezza inferiori rispetto alle LC_{10} a 24 ore (21,3 mg/L per SDS e 40,6 mg/L per SSC2). In funzione delle serie di concentrazioni da saggiare, per ogni sostanza sono state preparate soluzioni madre di 1 g/L in acqua bidistillata, dalle quali, per diluizione in acqua Instant Ocean 1, sono state ottenute le soluzioni per i trattamenti (3,125 - 6,25 - 12,5 - 25 mg/L SDS; 2,5 - 5 - 10 - 20 mg/L SSC2).

Per l'alimentazione degli organismi sono state utilizzate aliquote opportune di una sospensione della mi-

croalga *Dunaliella tertiolecta* addizionate al momento della preparazione delle soluzioni. I test a 7 giorni sono stati effettuati in parallelo a due diverse densità algali: 0,75 e $1,0 \times 10^5$ cell/mL; i test a 14 giorni sono stati realizzati con la densità algale più elevata ($1,0 \times 10^5$ cell/mL), in considerazione della maggiore durata del saggio.

I naupli di *A. franciscana* al II-III stadio necessari per i saggi sono stati ottenuti ponendo ad idratare, 48 ore prima dei test, 20 mg di cisti in acqua marina artificiale Instant Ocean 1. I naupli sono stati distribuiti, in modo casuale, in capsule Petri contenenti acqua marina artificiale (controllo) o soluzioni di SDS ed SSC2 alle concentrazioni di trattamento. Immediatamente dopo sono stati trasferiti in beaker (100 mL) contenenti 50 mL di acqua marina artificiale o delle soluzioni delle sostanze da saggiare (densità: 1 ind/5 mL). I beaker sono stati quindi trasferiti in cella climatizzata (25 ± 1 °C, 14 h luce:10 h buio, 1000 lux).

I naupli di *A. parthenogenetica* sono stati ottenuti da adulti allevati in laboratorio: 48 ore prima dell'inizio del test, 25-30 individui sessualmente maturi con uova in avanzato stadio di maturazione sono stati selezionati dall'allevamento e trasferiti, a gruppi di 2-3, in cristallizzatori contenenti 70 mL di acqua di mare in acqua marina artificiale Instant Ocean e *D. tertiolecta* a densità elevata (4×10^5 cell/mL) per favorire l'emissione. I naupli nati nelle 24 ore successive all'isolamento degli adulti, sono stati prelevati singolarmente, posti in capsule Petri del diametro di 5 cm in acqua marina artificiale (Instant Ocean) e mantenuti in camera termostata a 25 ± 1 °C al buio per altre 24 ore. Immediatamente prima dell'inizio del test è stato verificato che i naupli fossero al II - III stadio larvale.

Per ogni trattamento e per il controllo sono state effettuate 3 repliche (10 naupli per replica) per i test a 7 giorni e a 14 giorni con *A. franciscana*, 5 repliche per il test a 14 giorni in parallelo con le due specie. Il test a 7 giorni con SDS è stato ripetuto 3 volte.

Controllo della sopravvivenza e rinnovo del mezzo e dell'alimento sono stati effettuati, mediante osservazione allo stereomicroscopio, a 48 ore e a 5 giorni dall'inizio del test per i saggi a 7 giorni, a 48 h, 5, 7, 9 e 12 giorni per i saggi a 14 giorni. Sono state considerate morte le larve che, anche a seguito di stimolazione con uno specillo, non presentavano alcun movimento. Sia per l'allestimento del test che per il rinnovo del mezzo, le soluzioni madre e le soluzioni per i trattamenti sono state preparate lo stesso giorno dell'utilizzo. Al termine dei test, le larve sopravvissute sono state contate, sacrificate usando formalina tamponata al 40% (conc. finale 4%), e misurate allo stereomicroscopio. Nel saggio a 14 giorni in parallelo con *A. franciscana* e *A. parthenogenetica*, due repliche sono

state sacrificate dopo 7 giorni di esposizione e le larve misurate allo stereomicroscopio.

Come *end-point* sono stati considerati mortalità e accrescimento, valutato in termini di lunghezza corporea. NOEC e LOEC sono state definite mediante ANOVA e test di Dunnett (previa trasformazione in arcsin dei dati di mortalità/lunghezza e verifica della omogeneità delle varianze). Le metodologie descritte sono riassunte sinteticamente in tabella II.

RISULTATI

Valutazione dell' idoneità di diverse acque artificiali

Dopo 7 giorni dal trasferimento delle larve nei beaker, la mortalità degli organismi nelle acque artificiali ASW e Instant Ocean 2 è risultata superiore al 62% e al 32% rispettivamente: il saggio con queste acque è

stato quindi interrotto al settimo giorno (Fig. 1). Con gli altri tre tipi di acqua (ASPM, Instant Ocean 1 e SM), la mortalità è risultata nulla fino al 14° giorno e, al termine dell' esperimento, non ha superato il 2,5% (Fig. 1).

Per la fase successiva della sperimentazione sono state utilizzate soltanto le acque artificiali Instant Ocean 1 e SM, in base ai dati ottenuti risultate idonee ad un impiego in test a 14 giorni. Non è stata invece proseguita la sperimentazione con le acque Instant Ocean 2, ASW e ASPM: Instant Ocean 2 per l' elevata mortalità rilevata, ASPM e ASW per aver mostrato risultati fortemente discordanti pur avendo composizione qualitativa identica.

Standardizzazione dell' alimentazione

Con entrambe le acque e a tutti i regimi alimentari testati, la percentuale di mortalità delle larve di *A.*

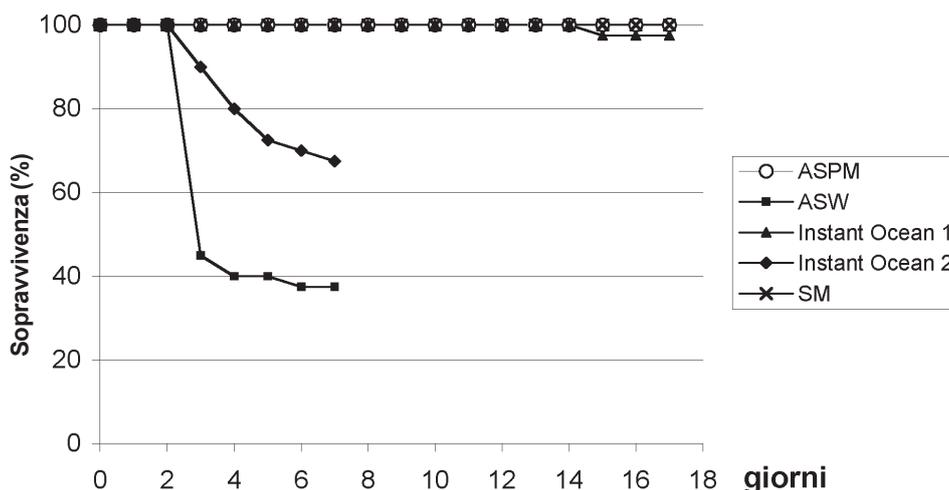


Fig. 1. Sopravvivenza (%) di *A. franciscana* nelle diverse acque marine artificiali.

Tab. II. Test a 7 giorni con naupli di *Artemia franciscana*.

Tipo di test	statico con rinnovo periodico (a 48h e al 5° giorno di esposizione)
Alimentazione	<i>Dunaliella tertiolecta</i> ($0,75 \times 10^5$ e 1×10^5 cell/mL)
Aerazione	assente
Temperatura	25 ± 1 °C
Fotoperiodo	14 h luce / 10 h buio
Acqua di diluizione	artificiale (Instant Ocean®)
Salinità	35 ± 1 ‰
Densità	1 individuo/5 mL
Numero organismi per replica	10
Numero repliche	3 per concentrazione e per il controllo
Numero organismi per trattamento	30
Durata saggio	7 giorni
End-point	mortalità e accrescimento corporeo
Accettabilità del saggio	mortalità nel controllo $\leq 20\%$
Statistica per definizione NOEC-LOEC	ANOVA, Test di Dunnett

franciscana è risultata compresa tra 10 e il 20%. Valori $\leq 20\%$ possono quindi essere considerati casuali e accettabili per i gruppi controllo nei test tossicologici.

Gli organismi mantenuti in acqua Instant Ocean 1 hanno iniziato a mostrare differenze nell'accrescimento dopo 7 giorni di allevamento (Fig. 2): le lunghezze medie delle larve alimentate con 1 e $1,25 \times 10^5$ cell/mL sono risultate significativamente maggiori ($p < 0,05$) rispetto a quelle alimentate con la più bassa densità algale ($0,25 \times 10^5$ cell/mL). Dopo 9 giorni gli organismi alimentati con la densità più alta ($1,25 \times 10^5$ cell/mL) hanno mostrato un accrescimento medio significativamente più elevato rispetto a quanto osservato alle densità algali di 0,25 e $0,5 \times 10^5$ cell/mL ($p < 0,01$), ma non significativamente differente dagli organismi ali-

mentati con 0,75 e 1×10^5 cell/mL. Questi risultati hanno portato quindi a ritenere insufficienti densità di *Dunaliella tertiolecta* $\leq 0,5 \times 10^5$ cell/mL.

Gli organismi allevati in acqua SM hanno invece mostrato differenze significative soltanto dopo 9 giorni: la lunghezza media delle larve alimentate con la densità algale più alta ($1,25 \times 10^5$ cell/mL) è risultata significativamente più elevata ($p < 0,01$) di quella degli organismi alimentati con $0,25 \times 10^5$ cell/mL (Fig. 3). Non sono state osservate differenze significative tra le lunghezze medie delle larve alimentate con 0,5, 0,75, 1 e $1,25 \times 10^5$ cell/mL.

Al termine dell'esperimento, la lunghezza degli organismi allevati in acqua Instant Ocean 1 è risultata significativamente maggiore rispetto a quella degli or-

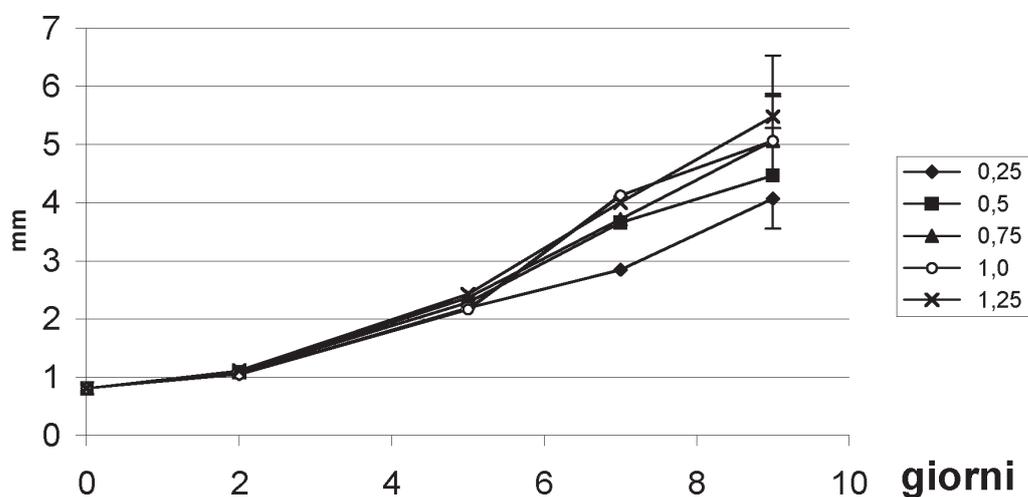


Fig. 2. Accrescimento di *Artemia franciscana* mantenuta in acqua artificiale "Instant Ocean 1" e alimentata con l'alga *Dunaliella tertiolecta* a densità ($\times 10^5$ cells/mL) crescenti.

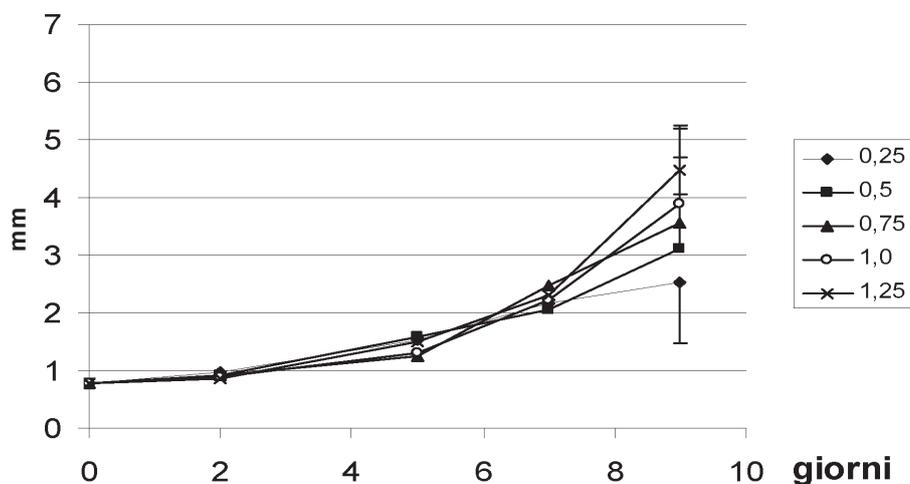


Fig. 3. Accrescimento di *Artemia franciscana* mantenuta in acqua artificiale "SM" e alimentata con l'alga *Dunaliella tertiolecta* a densità ($\times 10^5$ cells/mL) crescenti.

ganismi in acqua SM ($p < 0,05$) con l'unica eccezione di quelli alimentati con $1,0 \times 10^5$ cell/mL.

In base ai risultati ottenuti e considerando che un eccesso di alimento può causare interferenze nei test tossicologici, si è deciso di utilizzare per i test l'acqua artificiale Instant Ocean 1 e di proseguire le prove somministrando alle larve $0,75$ e 1×10^5 cell/mL, cioè le più basse concentrazioni di alghe capaci di assicurare la sopravvivenza e un maggiore accrescimento degli organismi.

Test di tossicità

Test a 7 giorni con A. franciscana con sodio dodecil solfato (SDS) e con il prodotto disperdente Safety Sea Cleaner 2 (SSC2) a due diverse densità algali

In tutti i saggi effettuati la mortalità delle larve nel controllo è risultata $\leq 20\%$: i test sono quindi stati considerati accettabili.

In tabella III sono riportati i valori di NOEC e di LOEC ottenuti sulla base degli *end-point* mortalità e accrescimento, valutato in termini di lunghezza corporea raggiunta dopo 7 giorni di esposizione, a due diverse densità di *D. tertiolecta*: $0,75$ e $1,0 \times 10^5$ cell/mL.

Mentre nei saggi con SSC2, NOEC e LOEC sono risultate rispettivamente 5 e 10 mg/L per tutti i test effettuati, nei saggi con SDS è stata rilevata una maggiore variabilità.

Considerando l'*end-point* "accrescimento", i valori di NOEC e di LOEC per entrambe le sostanze sono risultati, quando definibili, uguali o potenzialmente più elevati di quelli ricavati dai dati di sopravvivenza. L'*end-*

point "mortalità", quindi, è risultato più sensibile dell'*end-point* "accrescimento".

Tuttavia, alle concentrazioni più elevate, la lunghezza media delle larve era inferiore, seppur non significativamente, rispetto al controllo, risultato che può essere indicativo di una riduzione della crescita negli organismi esposti alle sostanze tossiche. La possibilità di utilizzare la riduzione dell'accrescimento come *end-point* subletale è stata quindi ulteriormente indagata prolungando i tempi di esposizione da 7 a 14 giorni.

Test a 14 giorni con SDS

Anche in questo caso i test effettuati sono risultati accettabili: la mortalità delle larve nel controllo, infatti, non ha superato il 20%.

I valori di NOEC e di LOEC ottenuti utilizzando gli *end-point* "mortalità" e accrescimento sono indicati in tabella IV. Anche nei test a 14 giorni di esposizione l'*end-point* "mortalità" è risultato più sensibile dell'*end-point* "accrescimento".

Test a 14 giorni con SDS con

A. franciscana e A. parthenogenetica

Nei controlli la mortalità delle larve di entrambe le specie non ha superato il 20%: i test sono stati considerati accettabili.

I valori di NOEC e di LOEC ottenuti utilizzando l'*end-point* "mortalità" sono indicati in tabella V e VI.

Per entrambe le specie, l'*end-point* "mortalità" è risultato più sensibile dell'*end-point* "accrescimento" sia dopo 7 che dopo 14 giorni di esposizione.

A 14 giorni il test con *A. franciscana* sembra più sensibile del test con *A. parthenogenetica* (tabella VI).

Tab. III. Valori di NOEC e LOEC calcolati sulla base della mortalità e della lunghezza (accrescimento) di *Artemia franciscana* dopo 7 giorni di esposizione a SDS e SSC2 in presenza di diverse densità di *Dunaliella tertiolecta* ($0,75$ e $1,0 \times 10^5$ cell/mL).

	<i>end-point</i> "mortalità"		<i>end-point</i> "accrescimento"	
	NOEC(mg/L)	*LOEC(mg/L)	NOEC(mg/L)	*LOEC(mg/L)
SDS (<i>D. tertiolecta</i> : $0,75 \times 10^5$ cell/mL)	6,25	12,5	6,25	12,5
	12,5	25		(>12,5) [§]
	12,5	25		(>12,5) [§]
SDS (<i>D. tertiolecta</i> : $1,0 \times 10^5$ cell/mL)	12,5	25	n.d.	n.d.
	**12,6	17,8		(>17,8) [§]
	3,125	6,25	n.d.	n.d.
SSC2 (<i>D. tertiolecta</i> : $0,75 \times 10^5$ cell/mL)	5	10	5	10
SSC2 (<i>D. tertiolecta</i> : 1×10^5 cell/mL)	5	10	n.d.	n.d.
	5	10	n.d.	n.d.

* $p < 0,05$

** Test eseguito alle concentrazioni 8,91 – 12,6 – 17,8 – 25,1 mg/L.

§ massima concentrazione alla quale è stato possibile effettuare misurazioni su organismi sopravvissuti.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La metodologia di saggio messa a punto con il presente lavoro permette di unire un buon grado di standardizzazione (acqua marina artificiale, organismi di età nota, eventualmente ottenuti da stock certificati, alimentazione costante sia qualitativamente che quantitativamente) ad una relativa semplicità di realizzazione (utilizzo di cisti reperibili in commercio o di nauplii ottenuti da organismi partenogenetici facilmente allevabili in laboratorio, realizzabilità a domanda, facile rilevazione della risposta utilizzando sia l'*end-point* letale che l'*end-point* subletale considerato).

Consente inoltre di utilizzare lo stesso criterio di accettabilità del test (sopravvivenza nel controllo $\geq 80\%$) sia a 7 che a 14 giorni di esposizione. A 14 giorni sembra aumentare la sensibilità del test basato sull'*end-point* letale.

L'*end-point* subletale considerato (alterazione dell'accrescimento) non ha dato risultati positivi: riduzioni significative della crescita sono state infatti rilevate (e solo in alcuni casi) a concentrazioni di sostanza

tossica che hanno causato un incremento significativo della mortalità, risposta valutabile con maggiore facilità e rapidità.

Questi risultati sembrano in accordo con quanto osservato da BRIX *et al.* (2003): secondo gli autori, infatti, la sopravvivenza costituisce l'*end-point* più sensibile tra quelli da loro considerati (sopravvivenza, crescita intesa come biomassa degli organismi, e riproduzione). È tuttavia da segnalare che le condizioni sperimentali adottate da Brix e collaboratori differiscono notevolmente da quelle di questo studio: flusso continuo, condizioni di temperatura e salinità, specie e densità algale, densità degli organismi.

Si potrebbe quindi riconsiderare l'ipotesi di altri possibili *end-point* subletali, quali ad esempio il tempo necessario al raggiungimento della maturità sessuale, la percentuale di organismi che raggiungono lo stadio adulto e/o la fecondità. L'uso di questi *end-point* richiederebbe tuttavia tempi di esposizione più prolungati (alle condizioni sperimentali adottate nel presente studio il tempo necessario per lo sviluppo da nauplio ad

Tab. IV. Valori di NOEC e LOEC calcolati sulla base della mortalità e della lunghezza corporea (accrescimento) di *Artemia franciscana* dopo 14 giorni di esposizione a SDS (densità di *Dunaliella tertiolecta* 1×10^5 cell/mL).

SDS (mg/L)	<i>end-point</i> "mortalità"		<i>end-point</i> "accrescimento"	
	NOEC	*LOEC	NOEC	*LOEC
	3,125	6,25		(>12,5) [§]

* $p < 0,05$

§ massima concentrazione alla quale è stato possibile effettuare misurazioni su organismi sopravvissuti.

Tab. V. Valori di NOEC e LOEC calcolati sulla base della mortalità e della lunghezza (accrescimento) degli organismi dopo 7 giorni di esposizione a SDS (densità di *Dunaliella tertiolecta* 1×10^5 cell/mL).

	<i>end-point</i> "mortalità"		<i>end-point</i> "accrescimento"	
	NOEC (mg/L)	*LOEC (mg/L)	NOEC (mg/L)	*LOEC (mg/L)
<i>Artemia franciscana</i>	6,25	12,5		(>12,5) [§]
<i>Artemia parthenogenetica</i>	6,25	12,5	6,25	12,5

* $p < 0,05$

§ massima concentrazione alla quale è stato possibile effettuare misurazioni su organismi sopravvissuti.

Tab. VI. Valori di NOEC e LOEC calcolati sulla base della mortalità e della lunghezza (accrescimento) degli organismi dopo 14 giorni di esposizione a SDS (densità di *Dunaliella tertiolecta* 1×10^5 cell/mL).

	<i>end-point</i> "mortalità"		<i>end-point</i> "accrescimento"	
	NOEC(mg/L)	*LOEC(mg/L)	NOEC(mg/L)	*LOEC(mg/L)
<i>Artemia franciscana</i>	3,125	6,25		(>6,25) [§]
<i>Artemia parthenogenetica</i>	6,25	12,5	6,25	12,5

* $p < 0,05$

§ massima concentrazione alla quale è stato possibile effettuare misurazioni su organismi sopravvissuti.

adulto è di circa 20 giorni). L'utilizzo di organismi allo stadio di metanauplio come materiale di partenza per i test renderebbe possibili tempi di esposizione più brevi. È tuttavia da sottolineare che, mentre l'uso dei naupli (ottenibili in 48 h) permette la realizzazione a domanda, l'uso di metanaupli obbliga all'allestimento di coorti almeno 7 giorni prima del saggio: i test non sarebbero quindi realizzabili a domanda e si avrebbe un notevole aumento del lavoro necessario per ottenere il "materia-

le biologico".

Considerando *end-point* relativi all'attività riproduttiva, potrebbe risultare vantaggioso l'uso di *A. parthenogenetica*. Le popolazioni di questa specie partenogenetica sono infatti costituite soltanto da organismi di sesso femminile e la schiusa delle uova non è subordinata alla fecondazione. D'altra parte, l'utilizzo di questa specie presenta lo svantaggio, rispetto ad *A. franciscana*, del mantenimento di un allevamento.

BIBLIOGRAFIA

- AMAT F., HONTORIA F., RUIZ O., GREEN A. J., SANCHEZ M. I., FIGUEROLA J., HORTAS F., 2005. The American brine shrimp as an exotic invasive species in the western Mediterranean. *Biological Invasions*, **7**: 37-47.
- AMAT DOMENECH F., 1980. Differentiation in *Artemia* strains from Spain. In: Persoone G., Sorgeloos P., Roels O., Jaspers E. (eds.), *The Brine Shrimp Artemia*, vol. 1. *Morphology, Genetics, Radiobiology, Toxicology*. Universa Press, Wetteren, Belgium: 19-39.
- A.P.H.A., A.W.W.A., W.P.C.F., 1989. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 17th edition, A.P.H.A., Washington, **8**, 1-23.
- BARIGOZZI C., 1974. *Artemia*: a survey of its significance in genetic problems. *Evol. Biol.*, **7**: 221-252.
- BARIGOZZI C., 1980. Genus *Artemia*: problems of systematics. In: Persoone G., Sorgeloos P., Roels O., Jaspers E. (eds.), *The Brine Shrimp Artemia*, vol. 1. *Morfology, Genetics, Radiobiology, Toxicology*. Universa Press, Wetteren, Belgium: 147-153.
- BRIX K.V., CARDWELL R.D., ADAMS W.J., 2003. Chronic toxicity of arsenic to the Great Salt Lake brine shrimp, *Artemia franciscana*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, **54**: 169-175.
- BRIX K.V., DEFOREST D.K., CARDWELL R.D., ADAMS W.J., 2004. Derivation of a chronic site-specific water quality standard for selenium in the Great Salt Lake, Utah, USA. *Environ. Toxicol. Chem.*, **23**: 606-612.
- CUNNINGHAM P.A., 1976. Effects of Dimilin (TH 6040) on reproduction in the brine shrimp, *Artemia salina*. *Environ. Entomol.*, **5**: 701-706.
- D'AGOSTINO A. 1980. The vital requirements of *Artemia*: physiology and nutrition. In: Persoone G., Sorgeloos P., Roels O., Jaspers E. (eds.), *The Brine Shrimp Artemia*, vol. 2. *Physiology, Biochemistry, Molecular biology*. Universa Press, Wetteren, Belgium: 55-82.
- GEHARDT K.A. 1976. *Effects of Heavy Metals (Cadmium, Copper, and Mercury) on Reproduction, Growth and Survival of Brine Shrimp (Artemia salina)*. Utah State University, Logan, UT.
- GODÍNEZ D. E., DEL CARMEN GALLO M., GELABERT R., DIAZ A. H., GAMBOA J., LANDA V., GODÍNEZ Y E. M., 2004. Crecimiento larvario de *Artemia franciscana* (Kellog, 1906) alimentada con dos especies de microalgas vivas. *Zootecnia tropical*, **22** (3): 265-275.
- GORBI G., SEI S., INVIDIA M., BETTONI F., 2006. Utilizzo degli stadi uovo/nauplio in test tossicologici con *Acartia tonsa*: proposta di una nuova metodologia di saggio. *Biol. Mar. Medit.* **13** (1): 1081-1084.
- GUZZELLA L., 1997. Saggio di tossicità acuta con *Artemia* sp. *Biologia Ambientale*, **1**: 4-9.
- INVIDIA M., SEI S., GORBI G., 2004. Survival of the copepod *Acartia tonsa* following egg exposure to near anoxia and to sulfide at different pH values. *Marine Ecology Progress Series*, **276**: 187-196.
- MOSCATELLO S., BELMONTE G., MURA G., 2002. The co-occurrence of *Artemia parthenogenetica* and *Branchinella spinosa* (Branchiopoda: Anostraca) in a saline pond of south eastern Italy. *Hydrobiologia*, **486**: 201-206.
- MURA G., 1987. Occurrence of *Artemia* in solar saltworks and coastal brine ponds in Sardinia (Italy). *J. Crust. Biol.*, **7**: 697-703.
- MURA G., 1999. Current status of the Anostracods in Italy. *Hydrobiologia*, **405**: 57-65.
- NUNES B.S., CARVALHO F.D., GUILHERMINO L.M., VAN STAPPEN G., 2006. Use of the genus *Artemia* in ecotoxicity testing. *Environmental Pollution*, **144**: 453-462.
- PERSOONE G., WELLS P.G., 1987. *Artemia* in aquatic toxicology: A review. In: Sorgeloos P., Bengtson D.A., Declair W., Jaspers E. (eds.), *Artemia Research and its Applications. Morphology, Genetics, Strain Characterization, Toxicology, Vol. 1*. Universa Press, Wetteren, Belgium: 259-275.
- SARABIA R., DEL RAMO J., DIAZ-MAVANS J., TORREBLANCA A., 2003. Development and reproductive effects of low cadmium concentration on *Artemia parthenogenetica*. *J. Environ. Sci. Health A Tox. Hazard Subst. Environ. Eng.*, **38**:

- 1065-1071.
- SAVORELLI F., SEI S., GORBI G., INVIDIA M., PALAZZI D., GELLI F., TRENTINI P.L., MAGALETTI E., 2006. Valutazione della tossicità di prodotti disperdenti: applicazione della metodologia di saggio sugli stadi uovo/nauplio del copepode *Acartia tonsa*. *Biol. Mar. Medit.* **13** (1): 1112-1115.
- STAGNI A. M., TRENTINI M., IMPICCINI R., VALLISNERI M., 1994. Osservazioni cromosomiche su *Artemia parthenogenetica* (Crustacea, anostraca) delle saline di Comacchio (FE) e di Cervia (RA). In: Atti della "Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna" (Università degli Studi di Bologna), classe di Scienze Fisiche – anno 281°, rendiconti serie XIV, Tomo X: 97-102.
- VANHAECKE P., PERSOONE G., CLAUS C., SORGELOOS P., 1980. Research on the development of short term standard toxicity test with *Artemia* nauplii. In: Persoone G., Sorgeloos P., Roels O., Jaspers E. (eds.), *The Brine Shrimp Artemia, vol. 1, Morphology, Genetics, Radiobiology, Toxicology*. Universa Press, Wetteren, Belgium: 263-285.
- VIGANÒ L., 1996. Metodo per la valutazione della tossicità acuta con *Mysidopsis bahia*. *Notiziario Metodi Analitici IRSA-CNR*, ISSN: 0392-1425, giugno 1996: 19-31.

Attendibilità di metodi utilizzati per la determinazione di coliformi ed *Escherichia coli* in acque da destinare al consumo umano

Elvira Barone¹, Luciana Di Pardo¹, Antonella Melloni¹,
Gianluca Chiaretti², Lucia Bonadonna^{2*}, Annamaria Manuppella¹

¹ ARPA Molise; Dipartimento Provinciale di Isernia – Via Giovanni Berta, Palazzo Provincia - 86170 Isernia

² Istituto Superiore di Sanità, Dipartimento Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria, Viale Regina Elena, 299 - 00161 Roma

* Referente per la corrispondenza: fax 0649902390; lucybond@iss.it

Pervenuto il 25.1.2006; accettato il 21.2.2006

Riassunto

Il metodo UNI EN ISO 9308-1 per la determinazione dei coliformi e di *Escherichia coli* nelle acque ha limiti legati alla difficoltà di interpretazione dei risultati ed alle discrepanze osservate in base alla nuova organizzazione tassonomica della famiglia delle *Enterobacteriaceae*. Pertanto, è stato condotto uno studio per la ricerca di coliformi ed *E. coli* analizzando con metodi diversi, in parallelo, campioni di acqua da destinare al consumo umano. Oltre al metodo UNI EN ISO 9308-1 che prevede l'uso del terreno al Lattosio TTC Tergitol agar sono stati utilizzati i metodi selettivi che comportano l'impiego dei terreni mEndo Agar Les (coliformi) e Chromogenic *E. coli* Agar. Sono stati analizzati 98 campioni di acqua e percentuali elevate degli isolati, variabili tra l'84% e il 98%, sono state sottoposte a prove biochimiche di conferma. I risultati ottenuti hanno evidenziato che la crescita di flora interferente sul terreno Lattosio TTC Tergitol agar è il più grosso limite del metodo, se considerate, soprattutto, sia le alte percentuali di colonie ossidasi positive sia i falsi negativi rilevati durante l'indagine. Inoltre, le prove di conferma più tradizionali, soprattutto quella relativa alla produzione di indolo, non sembrano essere sufficienti per discriminare la specie. Risultati diversi ed equiparabili sono stati osservati quando erano presi in considerazione i coliformi. Anche se l'esecuzione di test di conferma aggiuntivi potrebbe sopperire ai limiti del metodo, la procedura comporta comunque difficoltà legate all'esatta interpretazione dei risultati, ai costi addizionali e all'allungamento dei tempi di risposta delle analisi.

PAROLE CHIAVE: Acqua / Lattosio TTC /metodi analitici / microbiologia / coliformi / *E. coli*

Coliforms and *Escherichia coli* in water to be treated for human consumption: assessment of confirmation tests

The UNI EN ISO 9308-1 standard for the enumeration of coliforms and *Escherichia coli* in water has limits due to difficulty in the reading of results and to discrepancies concerning the recent taxonomy of the *Enterobacteriaceae* family. Two alternative methods, a chromogenic media, the Chromogenic *E. coli* Agar for *E. coli* and the more traditional mEndo Agar Les for coliforms, were used in parallel with the reference standard that uses the substrate Lactose TTC Tergitol Agar. 98 water samples were analyzed and high percentages of isolates, ranging between 84% and 98%, were subjected to biochemical confirmation tests. Results showed that the presence of disturbing background growth is a serious drawback of the UNI EN ISO 9308-1 standard with particular concern to high numbers of false negative isolates and oxidase positive colonies, these former recovered in the coliforms plates. Furthermore, the use of indole production test is not an adequately specific test for confirmation. The substrate gave equivalent results when compared with the mEndo Agar Les. Additional confirmation tests of isolates from Lactose TTC Tergitol agar could help to overcome difficulties associated to interpretation of results. Nevertheless the regular use of the UNI EN ISO 9308-1 method remains uncomfortable because human resources, additional costs and time for analysis results have to be involved.

KEY WORDS: Analytical methods / Lactose TTC / microbiology / water / coliforms / *E. coli*

INTRODUZIONE

Il gruppo dei coliformi, in cui è compresa la specie *E. coli*, fa parte della famiglia delle *Enterobacteriaceae* che, ad oggi, include approssimativamente 20 generi, tra cui alcuni patogeni enterici, quali *Salmonella*, *Shigella* e *Yersinia*. Sulla base degli studi di tassonomia tradizionale, la conoscenza del gruppo dei coliformi

non ha fatto progressi fino al passato recente; per lungo tempo, infatti, è stata basata su criteri definiti nella prima metà del '900 (BREED e NORTON, 1937; PARR, 1939). Solo negli anni più recenti lo sviluppo di più moderni metodi di identificazione (genetico-molecolari, principalmente) ha radicalmente trasformato la

loro classificazione, distinguendo e aumentando il numero di specie che, ora circa 60, sono state inquadrare in sottoinsiemi sulla base di caratteristiche biochimiche ed immunologiche (LECLERC, 1990).

Oggi, in accordo con il nuovo ordinamento tassonomico, è riconosciuto che tutte le specie di coliformi sono β -galattosidasi positive, ed *E. coli*, indicatore primario di contaminazione fecale, è anche β -glucuronidasi positivo. Inoltre, è stato anche accertato che una percentuale relativamente elevata di coliformi e di *E. coli* non è in grado né di fermentare il lattosio né di produrre gas. Inoltre, *E. coli* può essere indolo negativo e non in grado di crescere alla temperatura di 44°C (GAVINI *et al.*, 1985).

I nuovi criteri tassonomici di classificazione dei coliformi hanno avuto, come conseguenza, importanti ripercussioni anche sui metodi messi a punto per la loro ricerca e per la loro conferma ed identificazione. L'evoluzione e l'approfondimento degli studi nel campo della microbiologia ambientale hanno inoltre dimostrato l'inadeguatezza e i limiti delle procedure analitiche tradizionali anche in relazione al tempo che intercorre tra l'esecuzione dell'analisi e l'ottenimento del risultato che, con i metodi classici, può raggiungere, nel complesso, le 72 ore.

Pertanto, a partire da alcuni anni, sulla base del nuovo sistema di classificazione, sono stati messi a punto metodi cosiddetti "rapidi", che non richiedono prove di conferma degli isolati, per la determinazione di coliformi e di *E. coli* nelle acque e negli alimenti (MANAFI, 1996; BONADONNA, 2003). Utilizzano infatti substrati modificati con l'aggiunta di composti cromofori o fluorogeni che vengono idrolizzati dagli specifici enzimi, la β -D-galattosidasi e la β -D-glucuronidasi, rispettivamente. Taluni di questi metodi, alcuni dei quali normati a livello internazionale (ISO) ed altri riconosciuti da enti di standardizzazione (AOAC, EPA), stanno trovando ampia applicazione nei laboratori che effettuano i controlli di qualità, anche perché sono di facile manualità e meno esposti ad interpretazioni soggettive e ad errori dell'operatore.

Uno dei metodi tradizionali per la ricerca di *E. coli* e dei coliformi nelle acque è previsto dalla norma UNI EN ISO 9308-1 (UNI EN ISO 9308-1, 2001) Il metodo, basato sulla tecnica della filtrazione su membrana, utilizza un terreno colturale elaborato nel 1947 (CHAPMAN, 1947) che sfrutta l'usuale principio della fermentazione del lattosio, reazione prodotta, comunque, non solo dai microrganismi appartenenti al gruppo dei coliformi, ma anche da una molteplicità di altri microrganismi rilevabili nelle acque. Il metodo mostra limiti imputabili a scarsa selettività del substrato per crescita di batteri interferenti e non appartenenti alle specie ricercate, impossibilità di distinguere, in base alla mor-

fologia delle colonie e alla temperatura, *E. coli* dai coliformi, obbligatorietà di procedere a prove di conferma tradizionali delle colonie sospette, con conseguente aumento dei costi e dei tempi di risposta delle analisi e, non ultimo, difficoltà di interpretazione dei risultati. Dubbi e riserve sull'opportunità di utilizzare il metodo UNI EN ISO 9308-1 per la ricerca di coliformi ed *Escherichia coli* sono stati avanzati da molti laboratori che operano nel settore dei controlli della qualità delle acque. Per la verifica sia delle eventuali difficoltà legate all'uso routinario del metodo sia dell'appartenenza al gruppo dei coliformi dei singoli microrganismi isolati sulla base delle tipiche caratteristiche morfologiche/cromatiche, è stata quindi effettuata una valutazione comparativa tra prove analitiche per la conferma dei microrganismi ricercati. Pertanto, scopo del presente lavoro è stato quello di verificare le risposte degli isolati, cresciuti sui diversi terreni colturali utilizzati, a singole prove di conferma tradizionali e non tradizionali, anche in considerazione delle nuove acquisizioni scientifiche che hanno interessato la famiglia delle *Enterobacteriaceae* a cui coliformi ed *Escherichia coli* appartengono. Per la ricerca dei coliformi sono stati utilizzati, come metodi di isolamento primario, la procedura descritta in UNI EN ISO 9308-1 che prevede l'uso del terreno Lattosio TTC Tergitol agar e il metodo che usa il terreno mEndo Agar Les, terreno tradizionale, ampiamente sperimentato per la determinazione del parametro. Per il rilevamento di *Escherichia coli* è stato impiegato, oltre al metodo UNI EN ISO 9308-1, il metodo che prevede l'esecuzione delle analisi con il terreno Chromogenic *E. coli* Agar, substrato di più recente formulazione contenente un cromogeno.

MATERIALI E METODI

Sono stati raccolti ed analizzati campioni di acqua da destinare al consumo umano che presentavano concentrazioni variabili tra 5–20 UFC/100 mL per *E. coli* e tra 10–30 UFC/100 mL per i coliformi. È stato quindi selezionato un totale di 98 campioni, di cui 51 analizzati per la determinazione di *E. coli* e 47 per quella dei coliformi a 37°C.

Procedura per la determinazione di *E. coli*

L'analisi è stata svolta in parallelo utilizzando il metodo UNI EN ISO 9308-1 al Lattosio TTC Tergitol agar (Tergitolo TTC) (Oxoid) e il metodo che prevede l'uso del Chromogenic *E. coli* Agar (EcX Gluc) (Biolife). Le procedure analitiche sono state applicate secondo le specifiche tecniche (UNI EN ISO 9308-1, 2001; APAT, 2003). Per ogni campione, sono state filtrate due aliquote di identico volume (100 mL) attraverso membrane filtranti sterili di acetato di cellulosa (porosità nominale di 0,45 μ m); l'incubazione per

entrambi i terreni è stata eseguita per 22 ± 2 ore a $36^{\circ}\text{C}\pm 1$ nonostante che, sul terreno EcX Gluc, la temperatura di incubazione prevista dal metodo standard sia 44°C . Scopo della modifica era quello di uniformare le temperature dei due metodi messi a confronto ma, soprattutto, di evitare di sottoporre le cellule del microrganismo ricercato ad ulteriore *stress*, termico in questo caso, considerando che il terreno è altamente selettivo, contenente sali biliari e con attività differenziale esplicita dal cromogeno X-GLUC (5-bromo-4-cloro-3 indolil β -D-glucuronide).

Sul terreno al Tergitolo TTC sono state contaminate le colonie di colore giallo e giallo-arancio che presentavano colorazione gialla sul retro del terreno, mentre sul terreno EcX Gluc sono state contaminate le colonie di colore blu-verde.

Tutte le colonie sono state considerate come *E. coli*-presuntive e sono state saggiate per la loro termotolleranza (crescita a 44°C), l'assenza dell'enzima citocromossidasi (OX), la fermentazione del lattosio, la produzione di indolo, l'idrolisi del cromogeno 4-metilumbelliferil- β -D-glucuronide (MUG). Pertanto, una percentuale elevata di colonie cresciute su ciascuno dei due terreni è stata sottoposta a prove di conferma come di seguito descritto. In primo luogo si è proceduto all'isolamento degli isolati su Brain Heart Infusion Agar (Biolife); dopo incubazione per 24 ore a $36^{\circ}\text{C}\pm 1$, è stato effettuato il test della citocromossidasi con kit del commercio (Oxoid); le colonie ossidasi negative sono state seminate su Mac Conkey Agar (Oxoid) ed incubate per 24 ore a $44^{\circ}\text{C}\pm 1$. Gli stipiti lattosio fermentanti (colorazione rosata delle colonie) sono stati seminati su Brodo Lauryl Pepto Bios addizionato con MUG (Biolife) ed incubati per 24 ore a $44^{\circ}\text{C}\pm 1$. Sulle brodocolture risultate positive per l'idrolisi del MUG è stata effettuata la prova della produzione di indolo aggiungendo alcune gocce di reattivo di Kovac's (Merck). In questo caso, sono state considerate positive le brodocolture che hanno mostrato la produzione di un anello rosso superficiale.

Inoltre, alcuni degli isolati ossidasi negativi sono stati identificati con il Sistema Vitek (Biomérieux).

Procedura per la determinazione dei Coliformi

L'analisi è stata svolta in parallelo utilizzando il metodo UNI EN ISO 9308-1 al Lattosio TTC Tergitol agar (Tergitolo TTC) (Oxoid) e il metodo che prevede l'uso dell'mEndo Agar Les (mEndo Les) (Oxoid). Le procedure analitiche sono state applicate secondo le specifiche tecniche (UNI EN ISO 9308-1, 2001; APAT, 2003.). Per ogni campione, sono state filtrate due aliquote di identico volume (100 mL) attraverso membrane filtranti sterili di acetato di cellulosa (porosità nominale di $0,45\ \mu\text{m}$); l'incubazione per entrambi i

terreni è stata eseguita per 22 ± 2 ore a $36^{\circ}\text{C}\pm 1$.

Sul terreno al Tergitolo TTC sono state contaminate le colonie di colore giallo e giallo-arancio che presentavano colorazione gialla sul retro del terreno, mentre sul terreno mEndo Les sono state contaminate le colonie di colore rosso con sfumature metalliche.

Anche in questo caso tutte le colonie sono state considerate come coliformi presuntivi e la loro conferma è stata effettuata sulla base delle loro caratteristiche: assenza dell'enzima citocromossidasi (OX), capacità di fermentare il lattosio e di idrolizzare l'o-nitrofenil- β -D-galattopiranoside (ONPG). Dopo isolamento degli stipiti su Brain Heart Infusion Agar (Biolife) e incubazione per 24 ore a $36^{\circ}\text{C}\pm 1$, è stato effettuato il test della citocromossidasi con kit del commercio (Oxoid). Le colonie ossidasi negative sono state seminate su Mac Conkey Agar (Oxoid) ed incubate per 24 ore a $36^{\circ}\text{C}\pm 1$. Sulle colonie lattosio positive è stata effettuata la prova dell'idrolisi dell'o-nitrofenil- β -D-galattopiranoside (ONPG) (Microsafe). A tal fine, ciascuna colonia da saggiare è stata stemperata in soluzione salina (0,8% NaCl) e alla sospensione è stato aggiunto un dischetto di carta bibula imbibito della soluzione di ONPG. La sospensione è stata incubata per 2 ore a $36^{\circ}\text{C}\pm 1$. In questo caso, lo sviluppo di una colorazione gialla confermava la presenza di coliformi.

Analisi statistica

L'elaborazione dei dati è stata eseguita con il programma statistico SPSS v 11.0.

RISULTATI

Confronto di metodi per *Escherichia coli*

Dall'analisi dei 51 campioni analizzati con il terreno Tergitolo TTC sono state contaminate 656 colonie con morfologia tipica. Di queste, 596 (91%) sono state sottoposte alle prove biochimiche di conferma, mentre dai corrispondenti campioni analizzati con il terreno EcX Gluc sono state contaminate 400 colonie tipiche, di cui il 98% (392) è stato sottoposto a conferma.

In tabella I è riportato il numero di *E. coli* presuntivi isolati con ciascun metodo e sottoposti al test della citocromossidasi e della crescita a 44°C . Allo screening iniziale, l'8% (da Tergitolo TTC) e il 3% (da EcX Gluc) delle colonie sottoposte a conferma, anche se con caratteristiche morfologiche tipiche su ciascuno dei due terreni, sono risultati positivi alla prova della citocromossidasi o negativi alla crescita a 44°C .

Le rimanenti colonie, ossidasi negative, hanno fornito risultati diversi in funzione del terreno di isolamento da cui derivavano e delle caratteristiche biochimiche considerate. In tabella II sono riportati i risultati ottenuti dalle conferme delle colonie di *E. coli* presuntive e

ossidasi negative, raggruppando, appaiate, le caratteristiche per la fermentazione del lattosio (LAC)/idrolisi del 4-metil-umbelliferil- β -D-glucuronide (MUG) e per la produzione di indolo (IND)/idrolisi del 4-metil-umbelliferil- β -D-glucuronide (MUG). Il calcolo del χ^2 , elaborato sulla base della differenza tra le percentuali medie dei batteri confermati, ha dimostrato l'esistenza di una differenza statisticamente significativa dei dati ottenuti con i due metodi messi a confronto ($p < 0,01$), quando considerati appaiati il test della produzione di indolo e quello per l'idrolisi del MUG. I dati appaiati relativi alla fermentazione del lattosio/idrolisi del MUG presentavano invece percentuali pressoché simili per gli isolati da entrambi i terreni selettivi, se considerati i ceppi lattosio-non fermentanti; diverse apparivano le percentuali di conferma quando erano presi in considerazione i ceppi β -glucuronidasi.

In tabella III sono riportati l'elenco delle specie identificate e le risposte ai singoli test di conferma degli isolati selezionati tra gli isolati *E. coli* presuntivi e

cresciuti con i metodi al Tergitolo TTC e all'EcX Gluc. I risultati ottenuti, nonostante il basso numero di identificati, evidenziano che su entrambi i terreni possono crescere colonie appartenenti a specie diverse da quella ricercata. Appare soprattutto interessante il dato relativo allo sviluppo di ceppi di *E. coli* falsi negativi se considerati i test della fermentazione del lattosio e della produzione di indolo. Inoltre, risulta possibile la crescita, anche in questo caso su entrambi i terreni, di ceppi falsi positivi, identificati come *Klebsiella oxytoca*, microorganismo in grado di produrre indolo come *E. coli*.

Identificando due gruppi di dati sulla base del calcolo della mediana (CAVALLI SFORZA, 1992), è stata calcolata la percentuale di conferma degli isolati in funzione dell'effetto dell'affollamento delle colonie cresciute su ciascun terreno. I due gruppi selezionati dal terreno Tergitolo TTC, il primo considerando un numero di colonie comprese nella classe 1-12 UFC ("membrana poco affollata") e il secondo con un numero di colonie da 13 a >18 UFC ("membrana molto affollata"), hanno

Tab. I. Numero di *E. coli* presuntivi isolati con ciascun metodo e sottoposti al test della citocromossidasi e della crescita a 44°C.

Metodo	N° colonie presuntive isolate	N° colonie presuntive sottoposte a conferma	mancata crescita a 44°C		Colonie OX positive	
			N°	(%)	N°	(%)
ISO 9308-1 (Tergitolo TTC)	656	596	41	(7)	6	(1)
EcX Guc	400	392	4	(1)	6	(2)
N° Totale	1056	988	45	(5)	12	(1)

OX= citocromossidasi

Tab. II. Risultati ottenuti dalle conferme delle colonie di *E. coli* presuntive, ossidasi negative, raggruppando, appaiate, le caratteristiche per la fermentazione del lattosio (LAC)/idrolisi del 4-metil-umbelliferil- β -D-glucuronide (MUG) e per la produzione di indolo (IND)/idrolisi del 4-metil-umbelliferil- β -D-glucuronide (MUG). La percentuale è calcolata sul numero totale di *E. coli* presuntivi sottoposti a conferma.

Metodo	LAC/MUG					IND/MUG				
	+/+ (%)	+/- (%)	-/+ (%)	-/- (%)	N°	+/+ (%)	+/- (%)	-/+ (%)	-/- (%)	N°
ISO 9308-1(Tergitolo TTC)	328 (55)	194 (33)	27 (5)	0	549	305 (51)	84 (14)	50 (8)	110 (18)	549
EcX Gluc	322 (82)	52 (13)	8 (2)	0	382	322 (82)	25 (6)	31 (8)	4 (1)	382
N° Totale	650 (62)	246 (23)	35 (3)	0	931	627 (59)	109 (10)	81 (7)	114 (11)	931

+ = positivo; - = negativo

Tab. III. Numero e specie di microrganismi identificati, selezionati tra gli isolati *E. coli* presuntivi e cresciuti con i metodi al Tergitolo TTC e all'EcX Gluc con le rispettive risposte ai singoli test di conferma.

Fermentazione Lattosio	Produzione Indolo	Idrolisi MUG	Specie identificate	N° isolati con metodo Tergitolo TTC	N° isolati con metodo EcX Gluc
+	-	+	<i>Escherichia coli</i>	5	4
-	+	-	<i>Escherichia coli</i>	2	1
-	+	+	<i>Escherichia fergusonii</i>	2	
+	+	-	<i>Klebsiella oxytoca</i>	5	
-	+	+	<i>Klebsiella oxytoca</i>	1	2
Totale identificati				15	7

+ = positivo; - = negativo

fornito risposte diverse in relazione al numero di colonie presenti. Infatti, la percentuale media di isolati confermati è risultata pari a 56%, quando considerate le membrane poco affollate, e a 47% per gli isolati da membrane molto affollate; una differenza statisticamente significativa tra i valori ottenuti è stata calcolata con il t-Test ($p=0,01$). Diversamente, per il terreno EcX Gluc, i due gruppi selezionati, il primo con un numero di colonie comprese tra 1 e 8 UFC e il secondo con un numero tra 9 e >14 UFC, la differenza calcolata con il t-Test tra le percentuali medie di isolati confermati (77% e 88%, rispettivamente) non ha fornito differenze significative tra il numero degli isolati confermati cresciuti su membrane “poco affollate” e “molto affollate”.

Confronto dei metodi per i coliformi

Dall'analisi dei 47 campioni analizzati con il terreno al Tergitolo TTC, un totale di 657 colonie ha mostrato morfologia tipica (colore giallo-arancio con colorazione gialla sul retro). Di queste, 562 (86%) sono state sottoposte alle prove biochimiche di conferma. Dagli stessi campioni analizzati con il terreno mEndo Les sono stati contati un totale di 726 isolati, 612 dei quali (84%) sono stati sottoposti alle stesse prove di conferma (Tab. IV). Elevato è risultato il numero di colonie ossidasi positive rilevate su entrambi i terreni. Infatti, il 40% delle colonie isolate sul terreno al Tergitolo TTC e il 31% di quelle isolate sull'mEndo Les erano ossidasi positive, e quindi non appartenevano al gruppo degli microrganismi ricercati, nonostante la rispondenza della loro morfologia a quella considerata tipica dei coliformi.

Anche in questo caso, identificando due gruppi di dati sulla base del calcolo della mediana (CAVALLI SFORZA, 1992), è stata calcolata la percentuale di conferma degli isolati in funzione dell'effetto dell'affollamento delle colonie cresciute su ciascun terreno. I due gruppi selezionati dal terreno Tergitolo TTC, il primo considerando un numero di colonie comprese nell'intervallo 1÷13 UFC (“membrana poco affollata”) e il secondo con un numero di colonie da 14 a >30 UFC (“membrana

molto affollata”), hanno fornito risposte diverse in relazione al numero di colonie presenti. Infatti, la percentuale media di isolati confermati è risultata pari a 45%, quando considerate le membrane poco affollate e a 66% per gli isolati da membrane molto affollate; una differenza statisticamente significativa tra i valori ottenuti è stata calcolata con il t-Test ($p=0,01$). Analogamente, per il terreno mEndo Les, i due gruppi selezionati, il primo con un numero di colonie comprese tra 1 e 15 UFC e il secondo con un numero tra 16 e >29 UFC, la differenza calcolata con il t-Test tra le percentuali medie di isolati confermati (72% e 52%, rispettivamente) ha fornito differenze significative ($p=0,01$) tra il numero degli isolati confermati cresciuti su membrane “poco affollate” e “molto affollate”.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'adeguamento a nuove procedure analitiche comporta, di norma, iniziali difficoltà operative. Questo potrebbe essere il caso del metodo UNI EN ISO 9308-1 per la determinazione di coliformi ed *E. coli* nelle acque. Tuttavia, la complessità del metodo, dovuta non solo alla necessità di procedere allo svolgimento di prove di conferma per tutti gli isolati, ma anche alle difficoltà di lettura dei risultati, da interpretare con attenzione e competenza, a cui si aggiungono i tempi lunghi per l'ottenimento degli esiti definitivi dell'analisi, dovrebbe far considerare la necessità di utilizzare metodi più idonei e rapidi nelle risposte.

Nelle specifiche condizioni di analisi e per i campioni di acqua sottoposti ad esame, è emersa la scarsa selettività del metodo di riferimento che ha permesso la crescita di un'ampia varietà di batteri interferenti in grado di svilupparsi, presumibilmente, grazie sia alla composizione del substrato di crescita, sia alla temperatura di incubazione non selettiva (37°C). A dimostrare questo aspetto è soprattutto l'alta percentuale di isolati ossidasi positivi rilevati nei campioni analizzati per i coliformi (40% di quelli sottoposti a conferma). Anche sul terreno colturale più tradizionale per il rilevamento dei coliformi, l'mEndo Les, la percentuale di

Tab. IV. Coliformi presuntivi isolati con il metodo Tergitolo TTC e con il metodo mEndo Les, suddivisi in base alle risposte ottenute dalle prove di conferma.

Terreno	N° colonie isolate	N° colonie sottoposte a conferma	% colonie sottoposte a conferma	Test di conferma				
				Fermentazione Lattosio	Idrolisi ONPG	Enzima OX	N° colonie	%
Tergitolo TTC	657	562	86	+	+	-	338	(60)
						+	224	(40)
mEndo Les	726	612	84	+	+	-	421	(69)
						+	191	(31)
Totale	1383	1174	85					

Enzima OX = citocromossidasi; + = positivo; - = negativo

ossidasi positivi è risultata molto elevata (31%).

Dal confronto dei metodi utilizzati per la determinazione di *E. coli*, sembrerebbe possibile ipotizzare che i due terreni culturali siano in grado di sostenere la crescita di frazioni di popolazioni microbiche, almeno in parte, dissimili. Infatti, considerando che ogni campione è analizzato in parallelo con i due metodi, appare che, tra gli isolati confermati, il metodo UNI EN ISO 9308-1 sia stato in grado di rilevare un numero inferiore di organismi capaci di idrolizzare il MUG (60%), contro il terreno EcX Gluc su cui il 90% dei microrganismi cresciuti e confermati si caratterizzava per positività a questa prova. D'altra parte, percentuali diverse di confermati sono state calcolate se si osservano i microrganismi risultati indolo negativi (falsi negativi se basati solo sul test di conferma tradizionale): il 27% e il 50% di *E. coli* rilevati sul Tergitolo TTC e sul EcX Gluc, rispettivamente, manifestavano questa caratteristica. Risultati, invece, abbastanza simili sono stati calcolati quando veniva preso in considerazione il test della fermentazione del lattosio: all'88% di positivi confermati per il metodo al Tergitolo TTC corrispondeva il 95% di confermati sul terreno cromogeno.

I risultati ottenuti dalle identificazioni delle colonie hanno messo in evidenza che la crescita di microrganismi falsi positivi e falsi negativi può verificarsi su tutte e due i terreni utilizzati per il rilevamento di *E. coli*. Sembra, infatti, che i test più tradizionali (fermentazione del lattosio e produzione di indolo) possano fornire risposte che rendono difficile l'interpretazione finale dei risultati. In questo caso, d'altra parte, è noto che *Klebsiella oxytoca* è in grado di produrre indolo come la specie *E. coli* e alcuni suoi stipiti possono essere positivi all'idrolisi del MUG (ALONSO *et al.*, 1999).

BIBLIOGRAFIA

- ALONSO J.L., SORIANO A., CARBAJO O., AMOROS I., GARELICK H., 1999. Comparison and recovery of *Escherichia coli* and thermotolerant coliforms in water with a chromogenic medium incubated at 41 and 44.5°C. *Applied and environmental Microbiology*, **65**: 3746-3749.
- APAT, 2003. *Manuale Metodi Analitici per le acque*, 2004. Volume III, Sezione 7000. ISBN 88-448-0083-7. Roma, APAT 29/2003.
- BONADONNA L., 2003. Rapid analysis of microbial contamination of water. In: Tothill I.E. (ed.), *Rapid and on-line instrumentation for food quality assurance*. Woodhead Publishing, London: 161-182.
- BREED R.S., NORTON J.F., 1937. Nomenclature for the colon group. *American Journal of Public Health*, **27**: 560-563.
- CAVALLI SFORZA G., 1992. *Analisi statistica per medici e biologi*. Bollati Boringhieri Ed., ISBN 8833954927. Milano, 260 pp.
- CHAPMAN G.H., 1947. A superior culture medium for the enumeration and differentiation of coliforms. *Journal of Bacteriology*, **53**: 504.
- Altra considerazione che emerge dallo studio riguarda l'influenza della numerosità delle colonie rilevate sulle membrane poste sui diversi terreni utilizzati, rispetto alla percentuale di isolati confermati. Il calcolo del t-Test ha permesso di mettere in evidenza l'esistenza di una differenza significativa dei dati, quando considerati i terreni Tergitolo TTC (per entrambi i parametri) ed mEndo Les. In questi casi, maggiore è stato l'"affollamento" di colonie presenti sulle membrane, minore è risultato il numero di colonie confermate. Diversamente, per quanto riguarda il terreno EcX Gluc, la numerosità delle colonie, nell'ambito dei valori considerati, non sembra influire sul numero di isolati confermati.
- In conclusione, il metodo UNI EN ISO 9308-1 si è dimostrato poco selettivo, come dimostrato anche da altri autori (SCHETS *et al.*, 2002); inoltre, le prove di conferma più tradizionali, soprattutto quella relativa alla produzione di indolo, non sembra siano sufficienti per discriminare la specie *E. coli*. L'esecuzione di prove aggiuntive, quali quella relativa all'idrolisi del MUG, potrebbe permettere una più facile ed esatta interpretazione degli esiti delle analisi. Tuttavia, in base ai risultati ottenuti, appare evidente che l'impiego del terreno al Tergitolo TTC per la determinazione di *E. coli* e coliformi nelle acque abbia diversi limiti: il metodo comporta un maggiore utilizzo di risorse umane e economiche per lo svolgimento delle conferme biochimiche delle colonie isolate e ciò rende il suo utilizzo svantaggioso anche in termini di tempo per l'ottenimento dei risultati delle analisi.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano Claudia Cataldo per l'attività svolta in ambito bibliografico.

GAVINI F., LECLERC H., MOSSEL D.A.A., 1985. *Enterobacteriaceae* of the «coliform group» in drinking water: identification and worldwide distribution. *Systematic Applied Microbiology*, **6**: 312-318.

LECLERC H., 1990. Indicateurs bactériens et contrôle de qualité des eaux minérales naturelles. In: Atti Meeting internazionale "Acque minerali naturali", Pisa, 23-24-25 maggio 1990.

MANAFI M., 1996. Fluorogenic and chromogenic substrates in culture media and identification tests. *International Journal of Food Microbiology*, **31**: 45-58.

PARR L.W., 1939. Coliform bacteria. *Bacteriological Reviews*, **3**: 1-37.

SCHETS F.M., NOBEL P.J., STRATING S., MOOIJMAN K.A., ENGELS G.B., BROUWNER A., 2002. EU Drinking Water directive reference methods for enumeration of total coliforms and methods. *Letters in Applied Microbiology* **34**: 227-231.

UNI EN ISO 9308-1: 2001. Qualità dell'acqua. Rilevamento ed enumerazione di *Escherichia coli* e coliformi - Parte 1: Metodo della filtrazione su membrana.

Indice Ittico - I.I.

Gilberto Forneris¹, Fabrizio Merati², Massimo Pascale³, Gian Carlo Perosino^{3*}

1. Dipartimento di Produzioni Animali, Epidemiologia ed Ecologia dell'Università di Torino (Grugliasco - TO).

2. S.I.L. - Studio Idrobiologico Lombardo (Gaggiano - Milano)

3. CREST - Centro Ricerche in Ecologia e Scienze del Territorio (Torino).

* Referente per la corrispondenza: fax 011 3299165; e-mail g.c.perosino@crestsnc.it

Pervenuto il 26.9.2006; accettato il 30.12.2006

Riassunto

L'Indice Ittico (I.I.) è una metodologia di valutazione dello stato delle comunità ittiche proposta nel 2003 per la porzione occidentale del bacino del Po (Nord/Ovest Italia). Successivamente, sulla base di ulteriori esperienze, sono state introdotte alcune modifiche che hanno consentito l'elaborazione di un nuovo e più aggiornato metodo applicabile nei distretti zoo-geografici padano-veneto e tosco-laziale (Italia settentrionale e centrale), ponendo particolare attenzione alle indicazioni della Direttiva europea 2000/60/CE. Sulla base di criteri geografico-ambientali e degli areali di distribuzione originari delle specie autoctone, sono state individuate e descritte sei porzioni di territorio omogenee (aree e sub-aree) e quattro tipologie ambientali (zone ittiche). Per ciascuna area e subarea e per ciascuna tipologia ambientale, sono state individuate le comunità ittiche di riferimento. L'I.I. si ottiene con una procedura che tiene conto dell'insieme delle specie che costituiscono la comunità ittica, dell'abbondanza e della struttura delle loro popolazioni e del loro stato di conservazione. In sintesi l'I.I. fornisce un valore che sintetizza il confronto tra la comunità ittica di riferimento "attesa" in un determinato tratto fluviale e quella effettivamente riscontrata mediante apposito campionamento.

PAROLE CHIAVE: valore naturalistico delle specie ittiche / stato della comunità ittica

Ichthyological Index - I.I.

The Ichthyological Index (I.I.) is a method, that we suggested in 2003, to evaluate the fish communities condition in the west share of the Po river basin (North-West Italy). On the strength of other experiences, we introduced some changes that allow the elaboration of a new, updated method, applicable to the districts of the North-Middle Italy, especially important for the attention to the clues of the European Union Directive 2000/60/CE. We defined and described six homogeneous territories (area and sub-area) and four environmental typologies (ichthyological zones), going by environmental and geographical criterions and by the original distribution of native fish species. For every area and sub-area, such as for every environment typologies, one reference fish community has been established. The Ichthyological Index (I.I.) can be obtained with a procedure that considers all the species of the fish community, the abundance and the structure of their population and their state of preservation. Therefore the I.I. gives a value that summarizes the comparison between the reference fish community, "predicted" in a certain part of the river, and the fish community that really lives there, detected in a specific sampling.

KEY WORDS: naturalistic value of fish species / fish community condition

INTRODUZIONE

La Direttiva europea 2000/60/CE, all'art. 1, pone, come scopo, la protezione ed il miglioramento degli ecosistemi acquatici e prevede, nell'allegato V, l'analisi dei corsi d'acqua con rilievi dello stato delle cenosi acquatiche ed, in particolare, dei macroinvertebrati bentonici, della fauna ittica e della flora. Viene riconosciuto che i fiumi vanno studiati in tutte le loro componenti e, come anticipato dal D. Lgs. 130/1992 (e

confermato dai D. Lgs. 152/1999 e D. Lgs. 152/2006), la fauna ittica è una componente fondamentale, condizionata dalla qualità delle acque, dal regime idrologico, dalle condizioni morfo-idrauliche degli alvei e delle fasce fluviali, ecc. L'analisi delle comunità ittiche può contribuire alla descrizione dello stato dei fiumi, ma sorgono problemi di varia natura, difficilmente risolvibili, come provato dal fatto che, nonostante la

particolare attenzione su questo argomento, non esistono ancora metodi collaudati ed affermati per la valutazione dello stato dei corsi d'acqua basati sull'ittiofauna. In Italia, l'unico esempio di metodologia articolata ed interessante da approfondire, è quello (ISECI) proposto da ZERUNIAN (2004a, 2005).

L'Indice Ittico (I.I.) esprime una valutazione della *qualità naturalistica* relativa alla comunità ittica che popola un corso d'acqua, senza la pretesa di fornire espressamente indicazioni sulla qualità dell'ecosistema fluviale, anche se risultano evidenti le connessioni tra lo stato dell'ambiente acquatico e quello delle comunità ittiche.

L'I.I. si applica alle acque correnti naturali permanenti, comprese quelle prevalentemente alimentate da sorgenti e risorgive. Sono escluse le acque stagnanti (laghi, stagni e paludi, naturali ed artificiali) e quelle di transizione (tra bacini marini ed aree emerse, quali quelle lagunari, palustri, deltizie, di estuario...), con fauna ittica costituita anche o solo da specie eurialine migratrici facoltative, lagunari ed estuariali e/o a diversa ecologia intraspecifica. Sono inoltre escluse le porzioni di territorio italiano esterne ai distretti zoogeografici padano-veneto e toscano-laziale, in quanto caratterizzate da comunità ittiche composte da poche specie autoctone e con incerte presenze e distribuzioni (Fig. 1).

In sintesi, l'Indice Ittico:

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 la gestione;
2. accetta il principio per cui la fauna ittica di molti corsi d'acqua delle zone alpine superiori e dell'alto Appennino non sempre è adatta per fornire indicazioni sulla qualità ambientale in senso lato;
3. accetta il principio per cui i corsi d'acqua di cui al punto precedente sono, sotto il profilo ittiofaunistico, poco interessanti, in quanto naturalmente popolati da nessuna o da poche specie, le quali formano popolazioni più abbondanti e meglio strutturate verso valle; la presenza di pesci quali le trote esotiche è un fattore indicativo di scarsa qualità faunistica, in quanto definibile come una forma di inquinamento;
4. rinuncia ad enfatizzare la correlazione tra stato della comunità ittica e qualità ambientale; solo per gli ambienti tipici delle porzioni a valle delle zone a salmonidi (o miste) e per le zone a ciprinidi, l'I.I., oltre a fornire un valore sulla qualità naturalistica delle comunità ittiche, esprime, seppure con cautela e mediante il confronto con i risultati di altre analisi, valutazioni "anche" sulla qualità ambientale.

La metodologia descritta nel seguito fa riferimento alle prime proposte di FORNERIS *et al.* (2005a-b, 2006a)

che hanno 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).
- Riorganizzazione funzionale dell'insieme di dati disponibili per la Provincia di Torino di BADINO *et al.* (2002).
- Studio sulla "gestione delle risorse idriche dell'alto bacino del Po" (C.R.E.S.T., 1999).
- "Carta Ittica della Provincia di Alessandria" (FORNERIS e PASCALE, 2003 e 2005).
- Analisi delle "acque correnti superficiali naturali del reticolo idrografico del territorio della Comunità Montana Valcuvia" (C.R.E.S.T., 2003) nel bacino del Boesio, tributario del lago Maggiore (Varese).
- "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).
- Progetto Interreg IIIA - Aqua; alti bacini del Pesio e del Gesso (CN), del Chisone (TO) e fiume Po dal Monviso alla confluenza con la Dora Baltea (PASCALE *et al.*, 2005).
- Applicazione dell'I.I. per le stazioni di campionamento considerate nell'ambito della "Carta Ittica della Provincia di Massa Carrara" (1998), "Carta Ittica dell'Emilia Romagna" (2002, 2006a-b), in parte anche nell'ambito di quelle delle Province di Treviso (1994) e di Padova (1995). Sperimentazione in fase di attuazione nell'ambito della "Carta Ittica della Provincia di Lucca" (in prep.) e con appositi campionamenti di prova nel Friuli.

Soprattutto merita citare l'applicazione del metodo sulle 201 stazioni della rete di monitoraggio sul reticolo idrografico piemontese nell'ambito del PTA ai sensi del D. Lgs. 152/99 (REGIONE PIEMONTE, 2002, 2006). Per quelle stazioni sono disponibili i risultati ottenuti dalle analisi fisico-chimiche (LIM) e biologiche (IBE) relativi al biennio 2001/2002, utilizzati per la classificazione di qualità dei corpi idrici (D.G.R. 14-11519 del 19/01/2004) e che hanno permesso di effettuare utili confronti con i valori ottenuti dall'applicazione dell'I.I. (FORNERIS *et al.*, 2006b).

Allo scopo di facilitare l'illustrazione del metodo, si riporta l'elenco dei simboli utilizzati.

AU. Specie autoctona, se presente nel suo areale di distribuzione originario.

AUr. Specie AU utile per la determinazione delle comunità ittiche di riferimento.

A0. Specie ai margini del suo areale di distribuzione originario, soprattutto nelle situazioni di incertezza; oppure tipica dell'area e/o subarea, ma in zona adia-

cente a quelle più specificatamente adatte a quella stessa specie.

AL. Specie alloctona, presente fuori dal suo areale di distribuzione originario.

AD. Valore assegnato alla specie in funzione dell'estensione del suo areale di distribuzione originario in Europa e in Italia (1÷3).

ST. Valore assegnato alla specie in base allo stato nel suo areale di distribuzione originario (1÷3).

V. Valore intrinseco della specie: $V=AD \cdot ST$ (1÷9) per le specie AU e $V = -1$ per le specie AL.

Dpv. Distretto padano-veneto.

Dtl. Distretto tosco-laziale.

Z. Nell'ambito del Distretto padano-veneto (Dpv): area

e/o subarea omogenea, in funzione delle caratteristiche fisiogeografiche e della distribuzione delle popolazioni delle diverse specie ittiche. Il distretto tosco-laziale (Dtl) costituisce una sola area.

Z1. Area di pertinenza alpina nel distretto padano-veneto (Dpv).

Z1.1. Subarea di pertinenza alpina occidentale sul versante padano.

Z1.2. Subarea di pertinenza alpina centrale sul versante padano.

Z1.3. Subarea di pertinenza alpina orientale sul versante dell'alto Adriatico.

Z2. Area di pertinenza appenninica.

Z2.1. Subarea di pertinenza appenninica sul versante

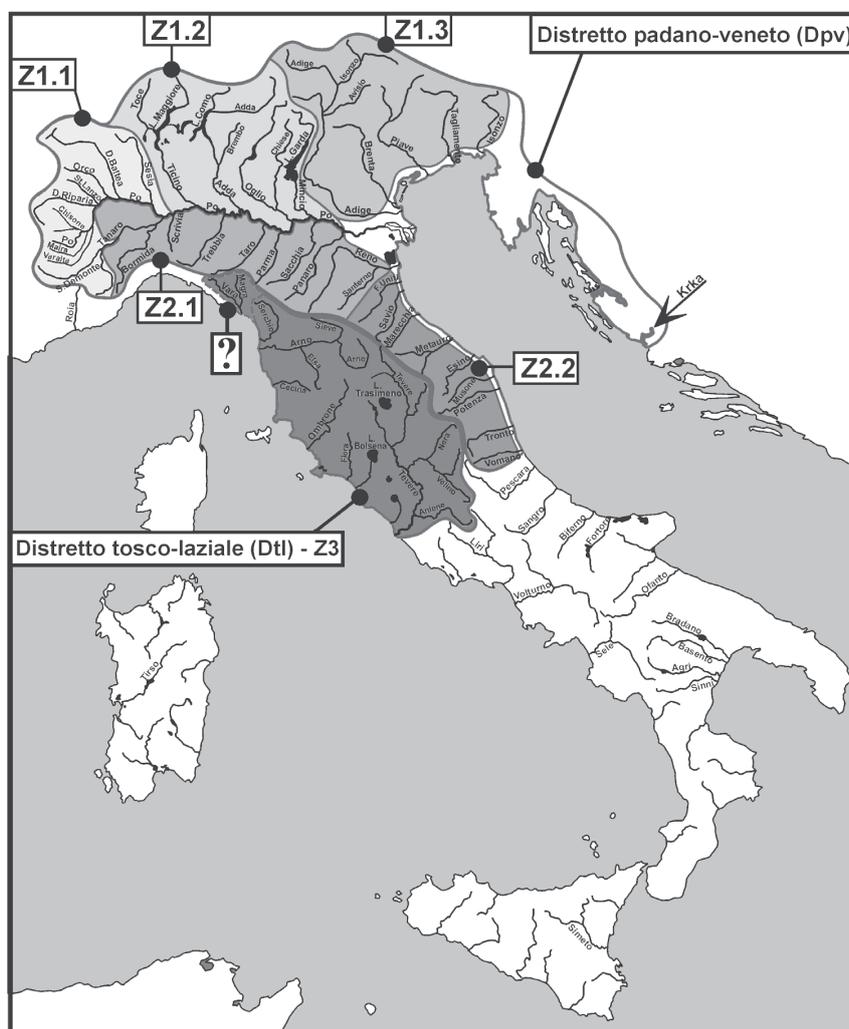


Fig. 1. Distretti padano-veneto (Dpv) e tosco-laziale (Dtl) per i quali è valido l'Indice Ittico (I.I.) e loro suddivisione in aree e sub-aree omogenee (Z) in funzione delle caratteristiche ambientali fisiogeografiche dei reticoli idrografici superficiali naturali e delle comunità ittiche di riferimento. Sono esclusi gli ambienti ad acque stagnanti (laghi, stagni, paludi... naturali ed artificiali) e quelli di transizione (ai limiti tra bacini marini ed aree emerse, quali quelli lagunari, palustri, deltizi, di estuario...) la cui fauna ittica è costituita anche o solo da specie eurialine migratrici facoltative, lagunari ed estuariali e/o a diversa ecologia intraspecifica. Risultano alcuni dubbi (?) circa l'appartenenza del bacino del Magra al Dtl (BIANCO, 1987).

padano.

Z2.2. Subarea di pertinenza appenninica sul versante adriatico.

Z3. Distretto toscano-laziale (Dtl).

Tp. Tipologia ambiente (zona ittica).

A. Tipologia ambientale \Rightarrow zona alpina. Unicamente nell'area Z1.

S. Tipologia ambientale \Rightarrow zona salmonicola.

M. Tipologia ambientale \Rightarrow zona mista.

C. Tipologia ambientale \Rightarrow zona ciprinicola.

Ia. Indice di abbondanza relativa alla specie rilevata in occasione di un campionamento; valore indicativo del numero di individui catturati ($1 \div 4$) e della struttura di popolazione: "a" (strutturata), "b" (destrutturata con assenza di adulti), "c" (destrutturata con assenza di giovani).

Ir. Indice di rappresentatività relativo alla specie rilevata in occasione di un campionamento; $Ir = 1$ per $Ia = 1$; $Ir = 1,5$ per $Ia = 2-3$ con strutture di popolazione "b" o "c"; $Ir = 2$ per $Ia = 2-3$ con strutture di popolazione "a" e per $Ia = 4$ (per qualunque struttura di popolazione).

P. Punteggio relativo alla specie rilevata in occasione di un campionamento; esso vale $P = V \cdot Ir$, positivo ($1 \div 18$) per le specie AU, nullo per le specie A0 e negativo ($-1/-2$) per le specie AL.

I.I. Valore dell'Indice Ittico: somma dei punteggi (P) relativi alle specie rinvenute in un campionamento.

CQ. Classe di qualità della comunità ittica in funzione dell'I.I. e della composizione della comunità ittica di riferimento caratteristica dell'area e subarea e della tipologia ambientale.

VALORE NATURALISTICO DELLE SPECIE ITTICHE

Ogni specie possiede un intrinseco valore naturalistico, in quanto rappresenta la storia geo-biologica evolutiva di una porzione del territorio o area geografica. Esso può essere quantificato (Tab. I), in funzione dei seguenti criteri generali:

1. relazione con gli altri elementi ambientali;
2. consistenza delle popolazioni nel loro areale di distribuzione;
3. autoctonia/status endemico (anche valore storico-culturale);
4. distribuzione geografica.

Il valore naturalistico della trota marmorata, per esempio, è elevato: è un pesce adatto ai torrenti alpini, le attuali popolazioni sono meno rappresentate nei fiumi rispetto al passato, è un animale autoctono ed è un endemismo del settore padano-veneto. Al contrario, il valore del persico sole è nullo (o negativo): non è in equilibrio con l'ambiente, è infestante e tende all'espansione ai danni di altre specie, è esotico e distribuito

(artificialmente) su un ampio territorio.

I criteri succitati sono sintetizzati dai seguenti fattori (Tab. II):

Fattore AD - areale di distribuzione della specie; esso è tanto più elevato quanto meno esteso è l'areale; le alterazioni ambientali riducono la consistenza delle popolazioni in aree ridotte con gravi rischi di estinzione; la loro tutela è strategica ai fini del mantenimento della biodiversità. I valori "AD" attribuiti alle singole specie sono espressi sulla base dell'esame dei relativi areali di distribuzione originari secondo quanto illustrato da diversi Autori (BRUNO, 1987; DELMASTRO, 1982; FORNERIS, 1989; FORNERIS *et al.*, 1990; GANDOLFI *et al.*, 1991; GRIMALDI, 1980; GRIMALDI e MANZONI, 1990; LADIGES e VOGT, 1965; MARIANI, 1988; MARIANI e BIANCHI, 1991; MUUS e DAHLSTRÖM, 1970; TORTONESE, 1970, 1975; VOSTRADOVSKY, 1975; ZERUNIAN, 2002, 2004b.). Le carte degli areali di distribuzione delle specie sono scaricabili dal sito www.crestsnc.it.

Fattore ST - stato della specie; considera la consistenza delle popolazioni delle specie nei loro areali di distribuzioni originari.

Per ogni specie autoctona (AU) si ottiene quindi un **valore intrinseco (V)** dato dal prodotto $V = AD \cdot ST$. Le tabelle I e III riportano i valori (V) per le singole specie ittiche. Per quelle alloctone (AL), presenti fuori dei loro areali di distribuzione originari, il valore è negativo ($V = -1$). Per le specie rispetto alle quali si nutrono dubbi (A0), in quanto ai margini dei loro areali di distribuzione originari, soprattutto nelle situazioni di incertezza, oppure caratteristiche dell'ambito geografico in esame, ma in tipologie ambientali (zone ittiche) adiacenti a quelle più specificatamente adatte, vale $V = 0$ (per esempio scardola in zona ittica a salmonidi).

DESCRIZIONE DELLE AREE OMOGENEE

Il territorio italiano centro-settentrionale è diviso in distretti (BIANCO, 1987, 1996), aree e sub-aree omogenee sulla base di criteri fisiogeografici e zoogeografici (Fig. 1 e Tab. IV). Di seguito vengono descritte le principali caratteristiche ambientali di tali aree e le ragioni che hanno portato alla loro identificazione.

Dpv (Distretto padano-veneto). Tributari dell'alto e medio Adriatico; in Italia dal Po fino all'Isonzo (compresi Adige, Brenta, Piave, Tagliamento...), estrema porzione occidentale della Slovenia e la penisola istriana per l'alto Adriatico; in Italia dal Reno al Vomano (compresi Savio, Marecchia, Metauro, Esino, Musone, Potenza, Tronto...) e in Croazia verso Sud fino al Krka sul medio Adriatico. Comprende l'intero bacino del Po nella fase di massima regressione marina in periodo glaciale (COLANTONI *et al.*, 1984), esteso fino al margine della fossa meso-adriatica (con limite meridionale costituito dal Vomano sulla sponda italiana e

Tab. I. Lista delle **specie ittiche autoctone (AU)** dei distretti padano-veneto (Dpv) e tosco-laziale (Dtl) quando presenti nei loro areali di distribuzione originari. Le specie stenoaline dulcicole ed eurialine migratrici obbligate non comprese in questa lista sono considerate **alloctone (AL)**. **Valore intrinseco** delle specie (**V = AD·ST**). Fattori **AD** (estensione dell'*areale originario di distribuzione*) ed **ST** (*stato della specie*). Sistematica secondo GANDOLFI *et al.* (1991) e ZERUNIAN (2002, 2004b).

Ordine	Famiglia	Genere specie sottospecie	Nome volgare	AD	ST	V
Acipenseriformes	Acipenseridae	<i>Acipenser naccarii</i>	Storione cobice	3	3	9
		<i>Acipenser sturio</i>	Storione comune	1	3	3
		<i>Huso huso</i>	Storione ladano	2	3	6
Anguilliformes	Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguilla	1	2	2
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Alosa fallax</i>	Agone/cheppia/alosa	2	2	4
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Alburnus alburnus alborella</i>	Alborella	3	1	3
		<i>Barbus meridionalis caninus</i>	Barbo canino	3	2	6
		<i>Barbus plebejus</i>	Barbo	2	1	2
		<i>Chondrostoma genei</i>	Lasca	3	2	6
		<i>Chondrostoma soetta</i>	Savetta	3	2	6
		<i>Gobio gobio</i>	Gobione	1	1	1
		<i>Leuciscus cephalus</i>	Cavedano	1	1	1
		<i>Leuciscus souffia muticellus</i>	Vairone	2	2	4
		<i>Phoxinus phoxinus</i>	Sanguinerola	1	2	2
		<i>Rutilus erythrophthalmus</i>	Triotto	3	1	3
		<i>Rutilus pigus</i>	Pigo	3	2	6
		<i>Rutilus rubilio</i>	Rovella	3	2	6
		<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Scardola	1	1	1
	<i>Tinca tinca</i>	Tinca	1	1	1	
		Cobitidae	<i>Cobitis taenia bilineata</i>	Cobite	2	2
	<i>Sabanejewia larvata</i>		Cobite mascherato	3	3	9
	Balitoridae	<i>Barbatula barbatula</i>	Cobite barbatello	1	2	2
Gadiformes	Gadidae	<i>Lota lota</i>	Bottatrice	1	2	2
Gasterosteiformes	Gasterosteidae	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Spinarello	2	2	4
Perciformes	Blenniidae	<i>Salaria fluviatilis</i>	Cagnetta	2	2	4
		<i>Gobius nigricans</i>	Ghiozzo di ruscello	3	2	6
	Gobiidae	<i>Knipowitschia punctatissima</i>	Panzarolo	3	3	9
		<i>Padogobius martensii</i>	Ghiozzo padano	3	1	3
	Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	Persico reale	1	1	1
	Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Luccio	1	2	2
	Salmonidae	<i>Salmo carpio</i>	Carpione del Garda	3	3	9
		<i>Salmo fibreni</i>	Carpione del Fibreno	3	3	9
<i>Salmo [trutta] macrostigma</i>		Trota macrostigma	2	2	4	
<i>Salmo [trutta] marmoratus</i>		Trota marmorata	3	2	6	
Thymallidae	<i>Thymallus thymallus</i>	Temolo	1	3	3	
Scorpaeniformes	Cottidae	<i>Cottus gobio</i>	Scazzone	1	2	2

L'eventuale validità specifica del barbo tiberino (*Barbus tyberinus*) e del cavedano etrusco (*Leuciscus lucumonis*) dovrà essere dimostrata da appropriate indagini (ZERUNIAN, 2002, 2004b). È dubbia l'autoctonia del pigo, bottatrice e persico reale (BIANCO, 1987, 1996). L'unico salmonide sicuramente endemico nel Dpv è la trota marmorata, mentre risultano forti dubbi (PICCININI *et al.*, 2004; BETTI, 2006) per *Salvelinus alpinus* (salmerino alpino); l'unico salmonide endemico nel Dtl è la trota macrostigma; *Salmo [trutta] fario* (trota fario) è specie esotica per l'Italia (FORNERIS *et al.*, 2005a-b, 2006a; PASCALE, 1999; NONNIS MARZANO *et al.*, 2003).

dal Krka su quella croata) secondo quanto risultato dallo studio di De Marchi (in DAL PIAZ, 1967) delle isobate dell'alto e medio Adriatico.

Tab. II. Fattori AD (Areale di Distribuzione originario della specie) ed ST (Stato della specie nel suo areale di distribuzione originario).

AD=1	Ampia distribuzione in tutta o gran parte dell'Europa.
AD=2	Porzione ristretta dell'Europa e/o fascia mediterranea e/o tutta o buona parte della penisola italiana.
AD=3	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).
ST=1	Buona consistenza delle popolazioni. Non si segnalano decrementi significativi. Non sono necessarie particolari misure di cautela. Rischio nullo o basso.
ST=2	Buona consistenza delle popolazioni in alcune porzioni degli areali di distribuzione originari. Si segnalano decrementi. Necessaria una certa attenzione per la tutela. Rischio moderato.
ST=3	Forte decremento delle popolazioni in tutti o quasi gli areali di distribuzione originari. Presenze sporadiche e/o occasionali. Necessità di misure di tutela straordinarie. Forte rischio.

Tab. III. Elenco delle 36 specie ittiche autoctone (AU) italiane della tabella II ordinate secondo i loro valori intrinseci V.

V=9	5 specie	Storione cobice, cobite mascherato, panzarolo, carpioni del Garda e del Fibreno
V=6	8 specie	Storione ladano, barbo canino, lasca, savetta, pigo, rovello, ghiozzo di ruscello e trota marmorata.
V=4	6 specie	Agone/cheppia/alosa, vairone, cobite, spinarello, cagnetta e trota macrostigma.
V=3	5 specie	Storione comune, alborella, triotto, ghiozzo padano e temolo.
V=2	7 specie	Anguilla, barbo, sanguinerola, cobite barbatello, bottatrice, luccio e scazzone.
V=1	5 specie	Gobione, cavedano, scardola, tinca e persico reale.

Z1 (area di pertinenza alpina) - Fiume Po dalle origini fino alla sezione di confluenza con il Panaro (delta escluso), tributari di sinistra, tributari di destra dalle origini alla sezione di confluenza con il Ricchiardo (escluso). Fiume Tanaro a monte della sezione di confluenza con il Ridone (escluso) presso Alba (CN), suoi tributari di sinistra a monte di detta confluenza e suoi tributari di destra dalle origini al bacino del Rea (compreso). Intero reticolo idrografico del triveneto. La maggior parte dei bacini presenta, sulle testate, fasce altimetriche superiori al limite climatico dello zero termico medio annuo, talora anche superiori al limite climatico delle nevi persistenti, con presenze di isole glaciali. Regimi pluviometrici con massimi nelle stagioni intermedie (primavera ed autunno), con minimo principale invernale e secondario estivo; afflussi meteorici medi annui generalmente crescenti verso Est. La tipologia di regime idrologico prevalente è il nivopluviale, ma sono frequenti anche i regimi pluviali verso la pianura; nelle testate dei bacini più elevati risultano regimi nivoglaciali, talora verso valle fino alla pianura (es. Dora Baltea e Adige). La portata specifica di magra normale è superiore a 2 L/s-km², anche molto più elevata, fino a superare 10 L/s-km².

Z1.1 (subarea di pertinenza alpina occidentale sul versante padano). Fiume Po dalle origini fino alla sezione di confluenza con lo Scrivia, tributari di destra

Tab. IV. Suddivisione dei distretti Padano-veneto (Dpv) e toscolaziale (Dtl) in aree e subaree omogenee, individuate in base a criteri fisio-geografici dei reticoli idrografici naturali e delle comunità ittiche di riferimento.

Distretto padano-veneto (Dpv)	Z1 Area di pertinenza alpina	Z1.1	Subarea di pertinenza alpina occidentale sul versante padano (zone A, S, M e C).
		Z1.2	Subarea di pertinenza alpina centrale sul versante padano (zone A, S, M e C).
		Z1.3	Subarea di pertinenza alpina orientale sul versante Adriatico (zone A, S, M e C).
	Z2 Area di pertinenza appenninica	Z2.1	Subarea di pertinenza appenninica sul versante padano (zone S, M e C).
		Z2.2	Subarea di pertinenza appenninica sul versante adriatico (zone S, M e C).
	Distretto toscolaziale (Dtl) - Z3 (Zone S, M e C).		

dalle origini a monte della sezione di confluenza con il Ricchiardo (escluso). Fiume Tanaro a monte della sezione di confluenza con il Ridone (escluso) presso Alba (CN), suoi tributari di sinistra a monte di detta confluenza e suoi tributari di destra dalle origini al bacino del Rea (compreso). Regimi pluviometrici con massimi nelle stagioni intermedie, spesso con quello primaverile prevalente sull'autunnale o più o meno equivalenti nelle aree montane più elevate nella porzione occidentale, in Valle d'Aosta e nel medio e alto bacino del Sesia; minimo invernale decisamente inferiore a quello secondario estivo.

Z1.2 (subarea di pertinenza alpina centrale sul versante padano). Fiume Po dalla sezione di confluenza con lo Scrivia a quella di confluenza con il Panaro e tutti i bacini tributari di sinistra, prevalentemente in territorio lombardo. Regimi pluviometrici con massimi nelle stagioni intermedie, più o meno equivalenti o leggermente superiore quello autunnale. Nelle aree montane più elevate risulta una certa influenza del regime continentale, tipico dell'Europa centrale e con massimi di precipitazioni in estate; pertanto i regimi idrometrici, soprattutto quelli alimentati da bacini che si estendono più a Nord, presentano minimi secondari estivi leggermente più cospicui. Fascia pedemontana maggiormente estesa rispetto alle sub-aree adiacenti, con passaggi più graduali tra le zone ittiche. Presenza significativa, nella transizione tra fascia pedemontana e pianura, dei più importanti laghi terminali Sud-alpini (Maggiore, Como, Garda,...), capaci di esercitare un evidente volano idrologico dei principali fiumi della Lombardia (Ticino, Adda, Oglio, Mincio,...). Importante presenza di risorgive.

Z1.3 (subarea di pertinenza alpina orientale sul versante adriatico). Bacini ad oriente del Mincio (Garda), fino all'Isonzo (compreso), tributari dell'alto Adriatico (a Nord del delta del Po). Regimi pluviometrici con massimi nelle stagioni intermedie, con quello autunnale prevalente; minimo principale nell'inverno, ma meno pronunciato rispetto a quanto accade per le porzioni centrale e occidentale della Z1; anche il minimo estivo presenta precipitazioni più abbondanti per l'influenza del regime continentale tipico dell'Europa centro-orientale. Gli spartiacque delle testate dei principali bacini si sviluppano su fasce altimetriche meno elevate, ma i limiti climatici altimetrici sono leggermente inferiori per l'influenza, soprattutto nella stagione fredda, delle correnti dall'anticlone euro-siberiano. Presenza rilevante di litotipi calcarei nella cerchia alpina e pedemontana; buona parte dei regimi idrologici, seppure classificabili nei tipi caratteristici della Z1, sono influenzati dalla circolazione sotterranea carsica. Di una certa importanza è infine la presenza di risorgive, seppure in misura minore rispetto alla Z1.2.

Z2 (area di pertinenza appennica). Tributari di destra del fiume Po a valle della sezione di confluenza con il Ricchiardo (incluso) fino alla confluenza con il bacino del Panaro (incluso). Fiume Tanaro a valle della sezione di confluenza con il Ridone (incluso) presso Alba (CN), suoi tributari di sinistra a valle di detta confluenza e suoi tributari di destra a valle del bacino del Rea (escluso). Dal bacino del Reno (tributario dell'Adriatico a Sud del Po) compresi i suoi affluenti di destra (Idice, Sillaro, Santerno, Senio...) verso Sud fino a quello del Vomano (compreso) nella porzione meridionale della Provincia di Teramo (Marche).

Z2.1 (area di pertinenza appenninica sul versante padano). Tributari di destra del fiume Po a valle della sezione di confluenza con il Ricchiardo (incluso) fino alla confluenza con il bacino del Panaro (incluso). Fiume Tanaro a valle della sezione di confluenza con il Ridone (incluso) presso Alba (CN), suoi tributari di sinistra a valle di detta confluenza e suoi tributari di destra a valle del bacino del Rea (escluso). Bacino del Reno (tributario dell'alto Adriatico a Sud del Po) compresi i suoi affluenti di destra (Idice, Sillaro, Santerno, Senio...). Lo spartiacque appenninico tosco-emiliano segna il confine che separa la Z2 a Nord dal distretto tosco-laziale a Sud. Gli apici su tale spartiacque presentano altitudini decrescenti verso Est, da quote superiori a 2.200 m a valori intorno ai 1.500 m s.l.m. Regimi pluviometrici con massimi nelle stagioni intermedie, più o meno equivalenti o con leggera prevalenza primaverile o autunnale; minimo estivo ridotto rispetto a quello secondario invernale (al contrario di quanto accade in Z1). I regimi idrologici sono tipicamente di tipo pluviale. La coincidenza tra i minimi pluviometrici principali con i massimi dei regimi termici determina portate di magra estiva piuttosto pronunciate, con valori specifici inferiori a 2 L/s·km² e, seppure raramente, anche inferiori a 1,5 L/s·km². Nelle testate dei bacini principali, presso i culmini dello spartiacque appenninico, possono risultare regimi idrologici nivopluviali (o di transizione con il pluviale), con portate di magra (quasi sempre estive, raramente anche invernali) significativamente superiori, ma con valori specifici inferiori a 5 L/s·km². I regimi idrologici presentano una variabilità (rapporto tra i valori medi mensili massimo e minimo) più spiccata rispetto a quella in Z1. Litotipi di origine sedimentaria ben rappresentati; ciò comporta, in occasione di forti precipitazioni, un più facile intorbidimento delle acque (trasporto solido pelitico) rispetto a quanto accade in Z1 (con più estese formazioni cristalline e metamorfiche).

Z2.2 (area di pertinenza appenninica sul versante adriatico). Tributari del medio Adriatico, a Sud del Reno, dal bacino del Lamone (compreso) a quello del Vomano (compreso) nella porzione meridio-

nale della Provincia di Teramo (Marche).

Dti/Z3 (Distretto tosco-laziale). Tributari dell'alto e medio Tirreno, dal bacino del Magra a quello del Tevere. Comprende gli importanti bacini dell'Arno e del Tevere; dubbi circa l'appartenenza a questo distretto del bacino del Magra nel levante ligure (BIANCO, 1987)

La aree Z2.2 e Z3 sono entrambe alimentate dai rilievi dell'Appennino e conviene descriverle parallelamente per meglio mettere in evidenza differenze ed analogie, anche rispetto al Sud Italia.

Mentre il bacino del Magra (Vara) presenta un'altitudine massima di oltre 2.000 m e quello del Serchio (Z3) di quasi 2.200 m, il culmine dello spartiacque della testata Nord del più grande bacino dell'Arno risulta significativamente inferiore (1.657 m s.l.m.). Il Tevere presenta il bacino di più grande estensione areale in Italia dopo quello del Po (quasi 17.000 km²), ma una bassa altitudine mediana (poco più di 500 m s.l.m.); in effetti solo una porzione modesta di tale area presenta culmini elevati oltre i 2.000 m, con 2.487 m quello massimo nel bacino del Velino, affluente di sinistra del Tevere, nell'area del massiccio del Gran Sasso (2.920 m s.l.m.). Questi rilievi segnano lo spartiacque tra i due versanti dell'Appennino e lo stesso Gran Sasso (con le montagne circostanti) alimenta i bacini impostati sull'opposto versante (Vomano, Pescara e Sangro), caratterizzati quindi dalle fasce altimetriche più elevate rispetto ai bacini che si affacciano sull'Adriatico. Verso Sud, su entrambi i versanti, raramente le altitudini massime raggiungono i 2.000 m s.l.m.; pochi esempi sono nel massiccio del Pollino, sul versante ionico.

Lo spartiacque appenninico non divide l'Italia centro-meridionale in modo simmetrico, ma è spostato ad oriente. Ciò comporta superfici dei bacini del versante tirrenico decisamente superiori a quelli del versante adriatico che, tra l'altro, presentano un reticolo idrografico più ripido verso il mare, con maggiore sovrapposizione delle tipologie ambientali fluviali. L'entità dei deflussi, a parità degli altri fattori edafici, è naturalmente condizionata dalle superfici dei bacini; pertanto i fiumi del versante tirrenico presentano generalmente regimi idrologici caratterizzati da una minore variabilità e con portate più abbondanti verso valle. Tipici esempi sono il Tevere e l'Arno; in Italia troviamo il bacino del Po con 70.091 km² (a Pontelagoscuro), seguito dal Tevere (16.545 km² a Ripetta), dall'Adige (11.954 km² a Boara Pisani) e dall'Arno (8.186 km² a S. Giovanni alla Vena), rispettivamente al secondo ed al quarto posto nella classifica dei più grandi bacini in Italia, ma merita segnalare anche il Volturno (5.558 km² a Cancellone Arnone; al settimo posto della stessa graduatoria dopo il Tanaro ed Ticino) ed il Sele (3.235 km² ad

Albanella; all'undicesimo posto dopo l'Adda, Reno e Dora Baltea). Sul versante adriatico solo il Pescara (3.125 km² a S. Teresa) e l'Ofanto (2.716 km² a Samuele di Cafiero) sono alimentati da bacini di dimensioni significative, comunque inferiori a quelle dei bacini succitati per il versante tirrenico. Pertanto, sotto questo profilo, il distretto tosco-laziale è un'area che si distingue in modo evidente rispetto al versante Adriatico.

Diversamente dalle aree Z1 e Z2.1, caratterizzate da regimi pluviometrici medi con due massimi nelle stagioni intermedie e due minimi interposti, quelli dell'Italia centro-meridionale presentano un solo minimo estivo ed un solo massimo. Il primo (generalmente più basso rispetto alla padania) si verifica quasi sempre in luglio e tende a valori man mano inferiori verso Sud, mantenendosi comunque superiore a 20 mm alle basse altitudini fino al Molise, Nord-Campania, Gargano, per diminuire rapidamente fino a valori decisamente scarsi, anche meno di 10 mm in Calabria e nel leccese. Il massimo è tardo-autunnale (ma con piogge che permangono relativamente elevate nei mesi successivi) in Toscana, Marche, Umbria ma, procedendo verso Sud, si sposta man mano nell'inverno (dicembre e gennaio). Il rapporto tra massimo e minimo tende ad aumentare verso il meridione; mentre a Firenze il rapporto tra i valori di 114 mm di ottobre e di 23 mm di luglio è pari a 4,9 e ad Ancona è 3,6 (101 mm di ottobre e 28 mm di luglio), si passa a 9,6 di Napoli (125 mm di novembre e 13 mm di luglio), a 6,1 di Bari (115 mm di novembre e 19 mm di luglio) e addirittura a 20 a Reggio Calabria (96 mm di novembre ed appena 5 mm di luglio). Nelle aree montane gli afflussi meteorici medi annui sono poco superiori a quelli delle fasce altimetriche inferiori, con minimi estivi meno pronunciati e valori di luglio raramente inferiori a 30 mm. Non risulta una particolare distribuzione delle precipitazioni annue che permetta di distinguere i due versanti dell'Appennino o in funzione della latitudine; piuttosto risulta un minimo (intorno a 600 ÷ 800 mm) nella Puglia e nella Basilicata orientale che si distingue abbastanza nettamente rispetto all'Italia centro-meridionale.

I regimi idrologici dei corsi d'acqua alimentati dai versanti appenninici sono quasi tutti spiccatamente pluviali e con andamento che risente direttamente dei regimi pluviometrici sopra descritti. Risultano portate cospicue tardo-autunnali e invernali e portate medie estive decisamente inferiori. Le scarse piogge della stagione più calda, unitamente ai cospicui processi evapotraspirativi, determinano portate di magra molto scarse, con valori specifici quasi sempre inferiori a 1 ÷ 1,5 L/s·km² ed ancor meno. Questi aspetti, verso Sud, si fanno sempre più pronunciati; nell'inverno i fiumi diventano impetuosi e con forti carichi detritici, mentre in estate si trasformano in "rigagnoli" d'acqua ed in

alvei che si asciugano in diversi tratti, situazioni che possono rendere difficile il mantenimento di comunità ittiche. Sul versante adriatico il Biferno presenta già caratteri di fiumara, seppure limitatamente (l'altitudine massima supera, di poco, i 2.000 m s.l.m.). Verso Sud il fenomeno si accentua, anche per lo scarso effetto di volano idrologico per l'assenza di fasce altimetriche elevate (altitudini massime di 1.150 m s.l.m. per il Fortore e 1.493 m s.l.m. per l'Ofanto) e bacini di estensioni relativamente limitate. Le fiumare più tipiche sono sul versante ionico, ma i loro effetti sono parzialmente limitati dalle fasce altimetriche leggermente più elevate che caratterizzano i culmini del Pollino. Sul versante tirrenico le fiumare caratterizzano soprattutto la Calabria. Sulle testate dei bacini della porzione occidentale dell'Appennino tosco-emiliano (Serchio sul versante tirrenico) e sui rilievi del Gran Sasso (Velino sul versante tirrenico e Vomano, Pescara, Sangro... su quello adriatico) possono risultare regimi di tipo nivopluviale (o di transizione con quello pluviale).

DESCRIZIONE DELLE TIPOLOGIE AMBIENTALI

La Direttiva 2000/60/CE prevede che gli Stati membri individuino i corpi idrici superficiali e ne effettuino una caratterizzazione iniziale attraverso un metodo a scelta tra due sistemi (punto 1.2.1. dell'Allegato II), di cui quello indicato con "B" è più complesso ed articolato e forse più adatto per il territorio italiano; esso prevede due gruppi di fattori.

Fattori obbligatori - altitudine, latitudine e longitudine, litologia e dimensioni.

Fattori opzionali - distanza dalla sorgente del fiume, energia di flusso, larghezza, profondità e pendenza media del corpo idrico, forma e configurazione dell'alveo principale, categoria in funzione della portata del fiume, configurazione della valle, trasporto solido, capacità di neutralizzazione degli acidi, composizione media del sub-strato, temperatura media dell'aria e precipitazioni.

Sono espressioni generiche che necessitano di approfondimento ai fini dell'individuazione di criteri applicativi per la distinzione delle tipologie ambientali (o zone ittiche) che sono le seguenti: Alpina (A), Salmonicola (S), Mista (M) e Ciprinicola (C). I fattori obbligatori ed alcuni opzionali, fra quelli meno complessi e più adatti per il territorio italiano, sono stati attentamente esaminati; ciò ha permesso individuare criteri di applicazione per l'individuazione delle tipologie ambientali nel seguito descritte (per un eventuale approfondimento si rimanda al sito www.crestsnc.it). Occorre precisare che la classificazione delle tipologie spesso non permette distinzioni nette e precise; si tratta infatti di esaminare insieme complessi di fattori fisici e biologici che spesso tendono

a sfuggire rispetto a rigide schematizzazioni. Rimane perciò sempre fondamentale l'esperienza degli ittiologi nell'interpretare le condizioni ambientali generali osservabili in fase di campionamento.

A (zona alpina - temperature massime estive <10 °C).

Corsi d'acqua dell'area di pertinenza alpina (Z1) posti sulle testate dei principali bacini, generalmente con superfici sottese inferiori a 100 km² o affluenti dei corsi d'acqua delle principali vallate alpine. Regime idrologico nivoglaciale o nivopluviale (a seconda delle estensioni delle fasce altimetriche prossime o superiori al limite climatico delle nevi persistenti), raramente anche pluviale. La portata di magra normale è invernale, con valori specifici raramente inferiori a 4 L/s·km². Torrenti di alta montagna e porzioni superiori e medie degli affluenti dei corpi idrici principali delle maggiori vallate alpine, caratterizzati da elevate pendenze (10 ÷ 20 %, ma anche superiori al 30 %), con 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 e dello zero termico medio del trimestre invernale, su versanti acclivi e con elevata copertura vegetale in grado di garantire una buona ombreggiatura che limita il riscaldamento estivo delle acque. I valori medi annui assoluti delle portate idriche sono limitati, per le ridotte dimensioni dei bacini sottesi, a 2 ÷ 3 m³/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, alimentati da versanti collinari e pedemontani con minori potenzialità idriche che, nelle fasi di magra più pronunciata, garantiscono appena la presenza dell'acqua. Ambienti in condizioni limite per la sopravvivenza di fauna acquatica: acque naturalmente torbide e molto fredde anche in estate per i torrenti alimentati da nevai e ghiacci, 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 scazone; 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 i pesci. 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 zona A.

S (zona salmonicola - temperature massime estive $10 \div 15$ °C).

Corsi d'acqua dell'area di pertinenza alpina (Z1) generalmente con superfici dei bacini sottesi superiori a 100 km^2 , costituenti i corpi idrici principali delle porzioni mediana e terminale delle vallate alpine fino anche allo sbocco in pianura 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. La portata di magra normale è invernale, con valori specifici raramente inferiori a $4 \text{ L/s}\cdot\text{km}^2$. Alvei con pendenza nell'intervallo $5 \div 15$ % (anche fino al 25 %), ma difficilmente sono riscontrabili salti invalicabili per l'ittiofauna. La granulometria prevalente è grossolana, accompagnata da massi, 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 modesti e ciò, con l'incremento delle precipitazioni che solitamente caratterizza le zone montuose, comporta maggiori potenzialità idriche. Si hanno buone portate, con valori medi annui che comunque difficilmente superano i $20 \text{ m}^3/\text{s}$, mentre le portate di magra raramente scendono sotto i 300 L/s . Nella maggior parte dei casi sono i tratti fluviali posti a valle delle zone alpine (A), ma l'individuazione dell'ambito di passaggio tra le due zone può risultare poco agevole. Solitamente la zona S sottende bacini con fasce altimetriche superiori al limite climatico dello zero termico medio del trimestre invernale. Se queste sono poco estese (ma almeno costituenti il 25 % circa del bacino) il limite superiore della S, in assenza di salti naturali invalicabili per l'ittiofauna, potrebbe estendersi anche ad altitudini significativamente superiori a 1.000 m , relegando decisamente la zona A alle testate dei bacini. Con ampie superfici superiori al limite climatico dello zero termico medio annuo e soprattutto quando l'altitudine massima del bacino è superiore al limite climatico delle nevi persistenti, il limite della zona S potrebbe scendere di alcune centinaia di metri. Tale fenomeno risulta evidente nei corsi d'acqua con regime nivoglaciale (es. Dora Baltea, Alto Sesia, Toce, Adige...). Ambienti generalmente più produttivi e con una fauna ittica più diversificata rispetto alla precedente tipologia.

Corsi d'acqua dell'area di pertinenza appenninica (Z2 e Z3) sulle testate dei principali bacini, generalmente con superfici dei bacini sottesi inferiori a 100 km^2 , 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. Possono costituire ambienti classificabili in zona S, 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^2 (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, raramente fino a $400 \div 500 \text{ m s.l.m.}$ Nei corsi d'acqua principali gli alvei sono interessati prevalentemente da erosione, con pendenze intorno al $5 \div 10$ %, con dominanza di ghiaia grossolana e media, accompagnata da massi e talora da roccia in posto. Gli affluenti hanno pendenze più accentuate (fino al $10 \div 20$ %), 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 $2 \div 3 \text{ m}^3/\text{s}$, 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 di $2 \div 3 \text{ L/s}\cdot\text{km}^2$. Ambienti 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. La comunità ittica può risultare anche assente, soprattutto nei più piccoli torrenti alle più elevate altitudini, caratterizzati da notevoli pendenze e da salti invalicabili; in tali situazioni la presenza di comunità ittiche potrebbe essere conseguenza di immissioni, soprattutto con trote fario.

M (zona mista - temperature massime estive $15\div 20$ °C).

Corsi d'acqua dell'area di pertinenza alpina (Z1) generalmente con superfici dei bacini imbriferi sottesi superiori a $300 \div 400 \text{ km}^2$, costituenti i corpi idrici principali significativamente a valle dello sbocco delle vallate alpine in pianura. Il regime idrologico è nivopluviale, raramente nivoglaciale o di transizione con quello pluviale, quasi mai francamente pluviale. Portata di magra normale invernale, con valori specifici raramente inferiori a $4 \text{ L/s}\cdot\text{km}^2$. Alvei con pendenze nell'intervallo $3 \div 6$ %, con assenza di salti naturali invalicabili per l'ittiofauna. Granulometria prevalente 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, raramente pelitica. I bacini sottesi, analogamente alle zone S, presentano una significativa porzione di fasce altimetriche elevate, caratterizzate da buone potenzialità idriche. Tenuto conto della maggiore estensione dei bacini si hanno portate relativamente elevate, con valori medi annui che possono superare i $20 \text{ m}^3/\text{s}$, mentre quelli assoluti di magra raramente scendono sotto i 1.000 L/s . 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 ed in assenza di regimi idrologici di tipo nivoglaciale in testata, la tipologia superiore è generalmente una zona S ed il passaggio alla zona mista si colloca, grosso modo, nella fascia pedemontana (200 ÷ 500 m s.l.m.), comunque sotto il limite climatico dello zero termico medio di gennaio. Nei bacini più estesi e con altitudini massime superiori al limite dello zero termico medio annuo ed ancor più in quelli con altitudine massima superiore al limite climatico delle nevi persistenti e con regimi idrologici nivoglaciali almeno in testata, sono superiormente presenti entrambe le zone A ed S. 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 M 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 e con regime idrologico pluviale non classificabili in C per condizioni evidentemente adatte ai ciprinidi reofili e nei quali l'eventuale presenza di salmonidi è sostenuta da immissioni.

Corsi d'acqua dell'area di pertinenza appenninica (Z2 e Z3) nelle medie vallate dei principali bacini, generalmente in ambienti posti sotto il limite dello zero termico medio di gennaio e con regime idrologico francamente pluviale, ma con portata specifica di magra normale estiva pari o superiore a 2 L/s·km² verso Nord o anche ad 1,5 L/s·km² nell'Appennino centrale. Nei bacini con apprezzabili estensioni areali delle fasce altimetriche prossime al limite climatico dello zero termico medio del trimestre invernale il passaggio dalla zona S alla zona M può risultare inferiore al limite succitato, fino anche a 300 ÷ 500 m s.l.m. Nelle porzioni superiori dei bacini con fasce altimetriche elevate meno estese, ma con altitudine massima almeno superiore al limite climatico dello zero termico di gennaio, risulta assente la zona S e la classificazione in zona M può interessare tutto il reticolo idrografico. Portate medie annue variabili in funzione dell'estensione dei bacini sottesi, caratterizzate da valori specifici relativamente elevati per l'abbondanza delle precipitazioni tardo autunnali ed invernali. Il regime pluviometrico presenta uno spiccato minimo estivo; mancano i contributi dei serbatoi nivali che viceversa caratteriz-

zano i bacini alpini impostati su fasce altimetriche ben più elevate. Di conseguenza il minimo idrologico è estivo, ma con portate specifiche di magra normale raramente inferiori a 2 L/s·km² sul versante padano e a 1,5 L/s·km² verso Sud. Tale situazione idrologica consente comunque deflussi estivi sufficienti ed il mantenimento di condizioni idrauliche idonee ad organismi reofili. Le pendenze rimangono relativamente elevate, intorno a 2 ÷ 5 % (talora anche leggermente inferiori) e si hanno alternanze di situazioni di erosione e di deposito insieme ad una accentuata diversificazione dei materiali litoidi; si possono rinvenire brevi tratti con fondali profondi con roccia in posto, zone con ghiaie talora grossolane e addirittura con massi ed altre zone dominate da materiali con granulometrie decisamente più fini, fino alla sabbia, ma raramente pelitici.

C (zona ciprinicola - temperature massime estive > 20 °C).

Corsi d'acqua dell'area di pertinenza alpina (Z1) con superfici dei bacini imbriferi molto variabili, talora costituenti i tratti terminali e di limitata lunghezza dei principali tributari del Po e dell'alto Adriatico ed a valle delle zone S e soprattutto M. Possono costituire tratti fluviali 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; 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. Il regime idrologico è tipicamente pluviale, in qualche raro caso di transizione con il nivopluviale. La portata di magra normale è estiva, con valori specifici comunque non inferiori a 2 L/s·km². Alvei caratterizzati da pendenze inferiori al 2 %, con assenza di salti naturali invalicabili per l'ittiofauna. La granulometria prevalente è costituita da ghiaia (soprattutto fine/media quando presente) e da vasti banchi di sabbia e/o di peliti. Sono ambienti caratterizzati da una elevata produttività e da una fauna ittica ben diversificata.

Corsi d'acqua dell'area di pertinenza appenninica (Z2 e Z3) nelle aree di pianura, solitamente a quote inferiori a 200 m s.l.m., a valle delle zone M quando alimentati da bacini con estese fasce altimetriche superiori al limite climatico dello zero termico medio di gennaio o con altitudini massime prossime al limite climatico dello zero termico medio del trimestre invernale. I reticoli idrografici alimentati da bacini con altitudini massime inferiori a quello dello zero termico di gennaio sono interamente classificabili nella zona C. Anche per questi ambienti le portate medie annue sono

Tab. V. Elenco delle specie ittiche con indicazione dei valori intrinseci (V); valore positivo per quelle entro gli areali di distribuzione originari (AU); V = -1 per quelle estranee (AL); V = 0 per quelle (A0) ai margini (accidentali), o di presenza incerta. Valori espressi in funzione delle aree e sub-aree (Z) e delle zone (A, S, M e C). Sono evidenziate in grigio le specie (AUr) utili ai fini dell'individuazione delle **comunità ittiche di riferimento**. Il numero totale di specie AU comprende anche quelle Aur. Le specie non elencate sono considerate AL.

	Z1.1				Z1.2				Z1.3				Z2.1			Z2.2			Z3		
	A	S	M	C	A	S	M	C	A	S	M	C	S	M	C	S	M	C	S	M	C
Storione cobice	0	0	0	9	0	0	0	9	0	0	0	9	0	0	9	0	0	9	-1	-1	-1
Storione comune	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	3	3	0	0	3	0	0	3	0	0	3
Storione ladano	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	6	0	0	6	0	0	6	-1	-1	-1
Anguilla	0	2	2	2	0	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Agone/sheppia/alosa	0	0	0	4	0	0	4	4	0	0	4	4	0	0	4	0	0	4	0	0	4
Alborella	0	0	3	3	0	0	3	3	0	0	3	3	0	3	3	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Barbo canino	0	6	6	6	0	6	6	6	0	6	6	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0
Barbo	0	2	2	2	0	2	2	2	0	2	2	2	0	2	2	0	2	2	0	2	2
Lasca	0	6	6	6	0	6	6	6	0	6	6	6	0	6	6	0	6	6	-1	-1	-1
Savetta	0	6	6	6	0	6	6	6	0	0	6	6	0	0	6	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Gobione	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	-1	-1	-1
Cavedano	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
Vairone	0	4	4	4	0	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Sanguinerola	0	2	2	2	0	2	2	2	0	2	2	2	0	2	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Triotto	0	0	3	3	0	0	3	3	0	0	3	3	0	3	3	0	0	0	-1	-1	-1
Pigo	0	6	6	6	0	6	6	6	0	6	6	0	0	0	6	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Rovella	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	6	6
Scardola	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
Tinca	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
Cobite	0	0	4	4	0	0	4	4	0	0	4	4	0	4	4	0	4	4	0	4	4
Cobite mascherato	0	0	9	9	0	0	9	9	0	0	9	9	0	0	9	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Cobite barbatello	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	3	3	3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Bottatrice	-1	-1	-1	0	0	0	2	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Spinarello	-1	-1	-1	-1	0	4	4	4	0	4	4	4	0	0	4	0	0	4	0	0	4
Cagnetta	-1	-1	-1	-1	0	4	4	4	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	4	4
Ghiozzo di ruscello	-1	-1	-1	-1	-	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	6	6	6
Panzarolo	-1	-1	-1	-1	0	4	4	4	0	4	4	4	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Ghiozzo padano	0	0	3	3	0	0	3	3	0	0	3	3	0	3	3	0	3	3	-1	-1	-1
Persico reale	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Luccio	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
Carpione Garda	-1	-1	-1	-1	-1	(1)	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Carpione Fibreno	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	(2)	-1	-1
Trota macrostigma	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	4	4	4
Trota marmorata	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Salmerino alpino	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Temolo	0	3	3	3	0	3	3	3	0	3	3	3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Scazzone	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	-1	0	0	-1	0	0	-1
Totale specie AU	2	14	22	25	2	17	27	30	2	15	27	28	3	15	24	2	11	16	4	12	15
Totale specie Aur	2	6	12	13	2	6	13	12	2	6	12	13	2	9	12	1	5	7	3	7	8

(1) V = 9 solo nei tratti terminali degli immissari e nel tratto iniziale dell'emissario del lago del Garda.

(2) V = 9 solo nei tratti terminali degli immissari e nel tratto iniziale dell'emissario del lago di Posta Fibreno.

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·km² (fino a meno di 0,5 L/s·km² verso Sud), spesso su ampi letti fluviali dominati da materiali prevalentemente pelitici, con qualche banco di sabbia e qualche ghiareto, per la modesta pendenza (< 1 %). I più piccoli corsi d'acqua di origine collinare hanno granulometrie più grossolane e pendenze più accentuate, ma la magra estiva è il maggiore fattore limitante, accentuato da minori superfici dei bacini sottesi.

COMUNITÀ ITTICHE DI RIFERIMENTO

Un qualunque indice di valutazione dello stato di una data cenosi si basa sul confronto tra quella effettivamente rilevata in fase di campionamento con quella attesa (*comunità di riferimento*) per una determinata tipologia ambientale nell'ambito dell'area idro-geografica in cui essa è compresa. Ciò vale anche per l'ittiofauna; pertanto è importante definire le comunità tipiche potenzialmente riscontrabili nelle diverse zone (tipologie A, S, M e C) e nelle diverse aree e sub-aree (Z; Fig. 1 e Tab. IV). Merita precisare comunque che aree, subaree e zone sono individuate non solo mediante criteri geografici, geomorfologici ed idrologici, ma anche in funzione degli areali di distribuzione originari delle diverse specie ittiche (scaricabili dal succitato sito www.crestsnc.it).

Per ogni tipologia ambientale e per ciascuna area o subarea, la tabella V riporta l'elenco delle specie presenti rispetto agli areali di distribuzione originari e quindi considerate autoctone (AU), con indicazione del valore intrinseco positivo "V" (quello riportato in Tab. I) se riscontrabili nelle tipologie ambientali adatte alla loro biologia, evidenziando, inoltre, le specie (AU_r) ritenute importanti per la caratterizzazione delle comunità di riferimento (Tab. VI). Alle specie (AL) fuori dai loro areali di distribuzione originari e comprese quelle alloctone rispetto al territorio italiano, si assegna un valore intrinseco negativo V = -1.

In linea di massima si osserva un incremento delle specie Au dalle zone superiori (A ed S) a quelle inferiori, netto al passaggio salmonicola-mista. Il maggior numero di specie si riscontra nell'area di pertinenza alpina (Z1); un po' meno "ricco" è il versante padano appenninico (Z2.1), con una diminuzione più evidente in quelli adriatico e tirrenico.

Alle specie (A0) presenti nell'area o subarea nell'ambito dei loro areali di distribuzione originari, ma in tipologie ambientali non adatte (solitamente pesci spiccata-mente limnofili in zone superiori; es. scardola o alborella nelle zone A o S), oppure a quelle rispetto alle quali si nutrono dubbi, si assegna un valore intrinseco V = 0.

DETERMINAZIONE DELL'INDICE ITTICO

I campionamenti si effettuano con la pesca elettrica, reti e "visual-census". I migliori risultati si ottengono nelle situazioni di magra; non si escludono altri momenti, quando le situazioni idrologiche e termiche lo permettano, in base al giudizio 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, al fine di 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 alle dimensioni dell'ambiente di campionamento sono la larghezza e la lunghezza dell'alveo bagnato, secondo una relazione definita da FORNERIS *et al.* (2005b; *download* dal succitato sito www.crestsnc.it).

Per ogni specie si riportano dati indicativi della consistenza e della struttura di popolazione secondo lo schema descritto in tabella VII. Si utilizza 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".

Con Ia = 1, può essere 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 individui.

Le modalità per la determinazione degli indici di abbondanza (Ia; Tab. VII) 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 la soggettività dell'ittiologo che effettua i campionamenti; si tratta di 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. In particolare vale il seguente schema:

Ir = 1,0 per **Ia = 1** (per qualunque struttura di popolazione);

Ir = 1,5 per **Ia = 2-3** (con struttura di popolazione "b" o "c");

Ir = 2,0 per Ia = 2-3 (con struttura di popolazione “a”);

Ir = 2,0 per Ia = 4 (per qualunque struttura di popolazione).

Quando, per una determinata specie, si riscontra una abbondanza molto elevata, tanto da risultare dominante rispetto alla comunità ittica nel suo complesso, si pone Ia = 4 ed Ir = 2,0 indipendentemente dalla struttura di popolazione. Importante è individuare i criteri per il passaggio, su base numerica, dell’indice Ir dal valore 1,0 al valore 2,0 per valori Ia ≠ 4; essi sono descritti in tabella VIII, con l’avvertenza di utilizzare il valore intermedio (Ir = 1,5) per le popolazioni relative alle specie che, in fase di campionamento, risultano destrutturate (“b” e “c”).

In fase di campionamento si compila una scheda ove sono indicate le specie AU e A0 delle liste della tabella V relative all’area o alla subarea di pertinenza ed alla tipologia ambientale (A, S, M o C), con i relativi

valori intrinseci (V) e con lo spazio utile per riportare le eventuali specie AL, assegnando a ciascuna gli indici Ia e Ir. Per ogni specie si calcola il punteggio $P = V \times Ir$, dove Ir = 1,0 - 1,5 - 2,0 secondo i criteri descritti in tabella VIII. Per ciascuna specie può risultare $P = V$ se sporadica, oppure $P = 1,5V - 2,0V$ se presente o abbondante o molto abbondante.

Dalla somma dei punteggi si ottiene l’I.I. In molti casi le specie AL sono poco importanti nel condizionare il risultato finale, abbassandolo un poco. In altri casi tale influenza è significativa, quando sono presenti più specie alloctone e con buone popolazioni. Per esempio in tratti fluviali con popolazioni numerose di persico sole, persico trota e pesci rossi (situazione non rara), essendo per ciascuna $P = V \times I = (-1) \times 2 = -2$, risulta un abbassamento dell’I.I. di ben 6 punti. In alcune situazioni può risultare una predominanza delle specie AL, con conseguente forte decremento dell’I.I., fino anche ad assumere valori negativi.

Tab. VII. Indici di abbondanza e di struttura di popolazione (Ia).

Ia	Descrizione
0	Assente (qualora, durante un campionamento, risultassero assenti individui di una data specie, quando invece le condizioni ambientali presuppongono diversamente, occorrono verifiche a monte ed a valle; controllare la letteratura (se esistente) e procedere ad interviste a pescatori locali).
1	Specie sporadica (cattura di pochissimi individui, anche di un solo esemplare; sotto il profilo puramente numerico si evidenziano rischi circa la capacità di automantenimento della specie in quell’ambiente).
2	Specie presente (pochi individui, ma in numero probabilmente sufficiente per l’automantenimento).
3	Specie abbondante (molti individui, senza risultare dominante).
4	Specie molto abbondante (cattura di molti individui, spesso dominante).
a	Popolazione strutturata (individui di diverse classi di età; presenti sia i giovani, sia individui in età riproduttiva).
b	Popolazione non strutturata (assenza, o quasi, di adulti; prevalenti o esclusivi individui giovani).
c	Popolazione non strutturata (assenza, o quasi, di giovani; prevalenti o esclusivi individui adulti).

Tab. VIII. Numero minimo di individui (N) affinché una specie possa considerarsi almeno presente (Ir ≥ 1,5).

Specie (denominazione volgare)	N
Barbo, lasca, cavedano, alborella, rovello, vairone, ghiozzo padano, alborella meridionale ⁽¹⁾ .	20
Barbo canino, scardola, sanguinerola, triotto, gobione, savetta, ghiozzo di ruscello.	15
Agone/cheppia/alosa, temolo, panzarolo, lavarello, bondella, gambusia.	10
Anguilla, pigo, tinca, cobite, cobite barbatello, persico reale, trote (marmorata e suoi ibridi, macrostigma, del Garda, del Fibreno, iridea e fario), salmerini alpino ⁽²⁾ e di fonte, persico sole, persico trota, pesci gatto (<i>Ictalurus</i> sp.), cagnetta, scazzone, carpa, carpa erbivora, carassi (<i>Carassius</i> sp.), pseudorasbora, aspigo, gardon, rodeo amaro, abramide, barbo d’oltralpe.	5
Cobite mascherato, spinarello, acerina, misgurno.	3
Storioni (comune, cobice e ladano), bottatrice, luccio, siluro, lucioperca.	2
Per le specie con N < 5 vale Ir = 1 per Ia = 1 e Ir = 2 per Ia > 1, indipendentemente dalla struttura di popolazione (si esclude il valore V = 1,5).	

1 Specie alloctona nei distretti padano-veneto (Dpv) e toscolaziale (Dtl).

2 Specie per la quale si nutrono forti dubbi circa la sua autoctonia (PICCININI *et al.*, 2004; BETTI, 2006). Per essa vale V = 0 esclusivamente in Z1.2 e Z1.3.

CONCLUSIONI:**STATO DELLE COMUNITÀ ITTICHE**

Al punto 1.2.1. dell'Allegato V della Direttiva 2000/60/CE sono descritte le condizioni di qualità della comunità ittica in funzione delle definizioni degli stati ecologici elevato, buono e sufficiente:

I. Stato elevato. Composizione e abbondanza delle specie che corrispondono totalmente o quasi alle condizioni inalterate. Presenza di tutte le specie sensibili alle alterazioni tipiche specifiche. Strutture di età delle comunità ittiche che presentano segni minimi di alterazioni antropiche e non indicano l'incapacità a riprodursi o a svilupparsi di specie particolari.

II. Stato buono. Lievi variazioni della composizione a abbondanza delle specie rispetto alle comunità tipiche specifiche, attribuibili agli impatti antropici sugli elementi di qualità fisico-chimica e idromorfologica. Strutture di età delle comunità ittiche che presentano segni di alterazioni attribuibili a impatti antropici sugli elementi di qualità fisico-chimica o idromorfologica e, in taluni casi, indicano l'incapacità a riprodursi o a svilupparsi di una specie particolare che può condurre alla scomparsa di talune classi d'età.

III. Stato sufficiente. Composizione e abbondanza delle specie che si discostano moderatamente dalle comunità tipiche specifiche a causa di impatti antropici sugli elementi di qualità fisico-chimica o idromorfologica. Struttura di età delle comunità ittiche che presenta segni rilevanti di alterazioni antropiche che provocano l'assenza o la presenza molto limitata di una percentuale moderata delle specie tipiche specifiche.

Alla lettera "A" dell'Allegato 1 del D. Lgs. 152/2006, in coerenza con la succitata Direttiva, tra gli "elementi qualitativi per la classificazione dello stato ecologico" riguardanti i fiumi, prevede la "composizione, abbondanza e struttura di età della fauna ittica", con le stesse indicazioni sopra elencate. L'I.I. riassume, in un unico valore di sintesi, i punti succitati. Infatti tiene conto:

- del numero di specie che costituiscono la comunità ittica, con valore dell'I.I. tanto più elevato quanto più numerose sono le specie autoctone considerate con valore intrinseco (V) positivo, con una valutazione analoga a quella proposta da Bianco (1990) sull'impiego di "...indici e di coefficienti per la valutazione dello stato di degrado dell'ittiofauna autoctona delle acque dolci";
- dell'abbondanza di ciascuna specie attraverso l'indice di rappresentatività (Ir); con Ir = 1 risultano serie difficoltà per l'automantenimento; con Ir = 1,5 risultano problemi circa lo stato della popolazione; con Ir = 2 risulta una popolazione strutturata ed anche abbondante;
- della presenza di specie alloctone che contribuiscono

ad abbassare l'I.I. (V negativo), in quanto la loro presenza è considerata un grave impatto negativo, quasi sempre irreversibile.

L'I.I. porta a valori bassi per i torrenti nelle testate dei bacini (es. zone A in Z1), popolati da trote fario di immissione, 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. Le acque montane hanno generalmente una migliore qualità chimica e biologica, in ambienti di elevata qualità paesaggistica. Questi aspetti si riferiscono 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, soprattutto nelle zone M e C, gli indici sono più elevati. In tali situazioni il riscontro di indici bassi è probabile conseguenza di alterazioni e pertanto, seppure con cautela, l'I.I. si può utilizzare anche come indicatore di qualità ambientale, in diversi casi anche nelle zone S.

La tabella VI esprime i possibili valori dell'I.I. in condizioni ideali, in funzione delle aree e sub-aree (Z), delle tipologie ambientali (A, S, M e C), delle possibili comunità ittiche di riferimento ed ipotizzando l'assenza di specie esotiche. Gli indici più elevati sono quelli delle zone miste e ciprinicole, ma relativamente buono risulta l'indice della zona salmonicola in Z1. Come atteso, risulta un indice basso per la zona alpina (A) e relativamente modesto per quella salmonicola (S) nelle aree di pertinenza appenninica (Z2 e Z3), dove sono probabili poche specie. Nell'area di pertinenza alpina (Z1), la comunità di riferimento della zona A è costituita soltanto da trota e scazzone; in S si aggiungono temolo, vairone e barbo canino, ma il numero di specie diventa significativo (12-13) nella zona mista (M), in quanto ai pesci precedenti si aggiungono ciprinidi tipicamente reofili; analoga diversificazione risulta per la zona ciprinicola (C). Nell'area di pertinenza appenninica si passa da due specie (vairone e barbo canino, talora anguilla) nella zona salmonicola a 5 ÷ 9 specie nella zona mista e a 7 ÷ 12 specie in quella ciprinicola. Le due aree Z2 e Z3 si distinguono bene rispetto alla Z1 soprattutto per l'assenza di trota marmorata e temolo, mentre del tutto occasionale risulta lo scazzone nel reticolo idrografico di pertinenza appenninica.

Sulla base delle precedenti osservazioni si può affer-

Tab. IX. Classi di qualità (CQ = I ÷ V) in funzione dell'Indice Ittico I.I. nelle aree e sub-aree (Z) in funzione delle tipologie ambientali (Tp: zone Alpina "A", Salmonicola "S", Mista "M" e Ciprinicola "C").

Distretti, aree e sub-aree			Tp	I - Stato elevato	II - Stato buono	III - Stato sufficiente	IV - Stato Scadente	V - Stato Pessimo
Dpv (Distretto padano - veneto)	Z1 (area di pertinenza alpina)	Z1.1 (subarea di pertinenza alpina occidentale sul versante padano)	A	> 15	15 ÷ 10	10 ÷ 6	5 ÷ 3	< 3
			S	> 30	30 ÷ 21	20 ÷ 11	10 ÷ 5	< 5
			M	> 50	50 ÷ 31	30 ÷ 16	15 ÷ 6	< 6
			C	> 55	55 ÷ 34	33 ÷ 17	16 ÷ 7	< 7
		Z1.2 (subarea di pertinenza alpina centrale sul versante padano)	A	> 15	15 ÷ 11	10 ÷ 6	5 ÷ 3	< 3
			S	> 30	30 ÷ 21	20 ÷ 11	10 ÷ 5	< 5
			M	> 50	50 ÷ 31	30 ÷ 16	15 ÷ 6	< 6
			C	> 55	55 ÷ 34	33 ÷ 17	16 ÷ 7	< 7
		Z1.3 (subarea di pertinenza alpina orientale sul versante adriatico)	A	> 15	15 ÷ 11	10 ÷ 6	5 ÷ 3	< 3
			S	> 30	30 ÷ 21	20 ÷ 11	10 ÷ 5	< 5
			M	> 45	45 ÷ 28	27 ÷ 14	13 ÷ 5	< 5
			C	> 50	50 ÷ 30	29 ÷ 15	14 ÷ 6	< 6
	Z2 (area di pertinenza appenninica)	Z2.1 (subarea di pertinenza appenninica sul versante padano)	S	> 19	18 ÷ 14	14 ÷ 10	9 ÷ 5	< 4
			M	> 40	40 ÷ 25	24 ÷ 12	11 ÷ 5	< 5
			C	> 42	42 ÷ 26	25 ÷ 13	12 ÷ 6	< 6
		Z2.2 (subarea di pertinenza appenninica sul versante adriatico)	S	> 7		7 ÷ 4	< 4	
M			> 15	15 ÷ 11	11 ÷ 4	< 4		
C			> 21	21 ÷ 15	14 ÷ 9	8 ÷ 5	< 5	
Dtl (Distretto toscano - laziale)	Z3	S	> 15	15 ÷ 12	11 ÷ 8	7 ÷ 3	< 3	
		M	> 30	30 ÷ 18	17 ÷ 10	9 ÷ 4	< 4	
		C	> 35	35 ÷ 21	20 ÷ 10	9 ÷ 5	< 5	

mare che l'I.I. esprime un valore assoluto di qualità naturalistica e permette confronti tra le comunità ittiche dei diversi ecosistemi fluviali qualunque essi siano, anche ai fini applicativi di tutela e gestione del patrimonio ittico. Tale valore può anche essere interpretato sulla base di quello atteso rispetto alle comunità di riferimento, arrivando quindi ad esprimere una classe

di qualità (CQ) in funzione dello stato di conservazione/alterazione della comunità ittica in esame. Considerando i valori dell'I.I. indicati in tabella VI, rappresentativi delle comunità ittiche di riferimento per le diverse zone nelle diverse aree e sub-aree, si propone la divisione in classi di qualità (CQ) secondo quanto proposto in tabella IX.

BIBLIOGRAFIA

- 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).
- BETTI L., 2006. Ragioni zoogeografiche, autoecologiche e storiche a sostegno dell'autoctonia della popolazione di salmerino alpino (*Salvelinus alpinus* L.) delle Alpi centro-meridionali. Atti X Conv. Naz. A.I.I.A.D (Pescara, 2-3 aprile 2004). *Biologia Ambientale*, **20** (1): 247-251.
- BIANCO P.G., 1987. L'inquadramento zoogeografico dei pesci d'acqua dolce d'Italia e problemi determinati dalle falsificazioni faunistiche. *Atti II Conv. Naz. AIIAD* (Torino, 5-6 giugno 1987): 41-65. Assessorati Pesca della Regione Piemonte e della Provincia di 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).
- BIANCO P.G., 1996. Inquadramento zoogeografico dell'ittiofauna continentale autoctona nell'ambito della sottoregione euro-mediterranea. *Atti IV Con. Naz. AIIAD* (Trento, 12-13 dicembre 1991): 145-170. Provincia Autonoma di Trento. Istituto Agrario di S. Michele all'Adige.
- BRUNO S., 1987. *Pesci e crostacei d'acqua dolce*. Giunti, Firenze.
- COLANTONI P., FABBRI A., ROSSI E., SARTORI R., 1984. Panoramica sulla geologia dei mari italiani. *Acqua-Aria*, **8**: 803-820.
- 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)*. Parco Fluviale del Po Cuneese (Regione Piemonte).

- C.R.E.S.T., 2003. *Le acque correnti superficiali naturali del reticolo idrografico del territorio della Comunità Montana Valcuvia*. Comunità Montana Valcuvia (Varese).
- DAL PIAZ G., 1967. *Corso di geologia*. Vol. II. Cedam, Padova.
- DELMASTRO G.B., 1982. *I pesci del bacino del Po*. CLESAV, Milano.
- FORNERIS G., 1989. *Ambienti acquatici e ittiofauna*. Regione Piemonte, Edizioni EDA, Torino.
- FORNERIS G., MERATI F., PASCALE M., PEROSINO G.C., 2005a. 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., MERATI F., PASCALE M., PEROSINO G.C., 2005b. *Materiali e metodi per i campionamenti e monitoraggi dell'ittiofauna (determinazione della qualità delle comunità ittiche)*. Digital Print. Torino.
- FORNERIS G., MERATI F., PASCALE M., PEROSINO G.C., 2006a. Proposta di indice ittico (I.I.) per il bacino occidentale del Po. Atti X Conv. Naz. AIAD (Pescara, 2-3 aprile 2004). *Biologia Ambientale*, **20** (1): 89-101.
- FORNERIS G., MERATI F., PASCALE M., PEROSINO G.C., 2006b. Stato dell'ittiofauna ed applicazione dell'indice ittico (i.i.) in Piemonte. *Atti XI Conv. Naz. AIAD* (Treviso). In stampa.
- FORNERIS G., PARADISI S., SPECCHI M., 1990. *Pesci d'acqua dolce*. Lorenzini Editore, Udine.
- FORNERIS G., PASCALE M., 2003. *Carta ittica della Provincia di Alessandria. Zona montana*. Servizio Tutela Faunistica della Provincia di Alessandria.
- FORNERIS G., PASCALE M., 2005. *Carta ittica della Provincia di Alessandria. Zona di pianura*. Servizio Tutela Faunistica della Provincia di Alessandria.
- GANDOLFI G., ZERUNIAN S., TORRICELLI P., MARCONATO A., 1991. *I pesci delle acque interne italiane*. Istituto Poligrafico dello Stato. Roma.
- 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 Sübwasserfische Europas*. Hamburg und Stuttgart.
- 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.
- MUUS B.J., DAHLSTRÖM P., 1970. *Europas ferskvandsfisk*. G.E.C. Gads Forlag, Copenhagen.
- 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).
- PASCALE M., 1999. La trota fario di ceppo mediterraneo: alcune problematiche legate alla gestione delle popolazioni autoctone di salmonidi. *Atti Conv. "Recupero e reintrodu-*
- zione 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., 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" Italia/Francia. Parco fluviale del Po Torinese. Regione Piemonte. Torino.
- PICCINI A., NONNIS MARZANO F., GANDOLFI G., 2004. Il salmerino alpino (*Salvelinus alpinus*): prove storiche della sua introduzione sul territorio italiano. Atti IX Conv. Naz. AIAD, *Biologia Ambientale*, **18** (1): 259-264.
- PROVINCIA DI MASSA CARRARA, 1998. *Carta Ittica della Provincia di Massa Carrara*. Assessorato Caccia e Pesca e Co.Ge.Ser. Massa Carrara.
- PROVINCIA DI PADOVA, 1995. *Carta Ittica della Provincia di Padova*. Assessorato alla Pesca.
- PROVINCIA DI TORINO, 2000. *Linee di gestione delle risorse idriche dei principali bacini idrografici affluenti del fiume Po in Provincia di Torino*. Servizio Gestione delle Risorse Idriche.
- PROVINCIA DI TREVISO, 1994. *Carta Ittica*. II° stralcio (relazioni ittiche). Assessorato Caccia e Pesca ed Ecologia.
- REGIONE EMILIA ROMAGNA, 2002. *Carta ittica dell'Emilia Romagna - Zona D*". Assessorato Attività Produttive, Sviluppo Economico e Piano Telematico. Bologna.
- REGIONE EMILIA ROMAGNA, 2006a. *Carta ittica dell'Emilia Romagna - Zona C*". Assessorato Attività Produttive, Sviluppo Economico e Piano Telematico. Bologna.
- REGIONE EMILIA ROMAGNA, 2006b. *Carta ittica dell'Emilia Romagna - Zone A e B*". Assessorato Attività Produttive, Sviluppo Economico e Piano Telematico. Bologna. In preparazione
- 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, 2006. *Monitoraggio della fauna ittica piemontese*. Direzione Pianificazione delle Risorse Idriche. Torino.
- 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., 2004a. Proposta di un Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche viventi nelle acque interne italiane. *Biologia Ambientale*, **18** (2): 25-30.
- ZERUNIAN S., 2004b. *Pesci delle acque interne d'Italia*. Ministero Ambiente e Tutela Territorio. Istituto Nazionale Fauna Selvatica. Quaderni della Conservazione della Natura 20. Tipolitografia F.G. Savignano s.P. Modena.
- ZERUNIAN S., 2005. Ruolo della fauna ittica nell'applicazione della Direttiva Quadro. *Biologia Ambientale*, **19**(1): 61-69.

Il Cervo Nobile in Italia (*Cervus elaphus*, L. 1758). Biologia, gestione e conservazione

Riccardo Carradori^{1*}, David Pozzi²

¹ Biologo Faunista, Pistoia

² Dottore Forestale, Prato

* Referente per la corrispondenza: fax 0573359276; Riccardo.carradori@libero.it

Il cervo è diffuso in tutta l'Europa continentale, in maniera discontinua nella parte occidentale ed in modo più diffuso ed esteso nella parte orientale e nei Balcani, nelle Isole Britanniche e nella parte centrale e meridionale della Scandinavia. L'areale comprende una vasta porzione dell'Asia, dagli Urali sino alla Siberia meridionale e alla Manciuria, dall'Iran alla Mongolia. In Africa è presente solo in Algeria e Tunisia e in Nordamerica è diffuso dal Canada sud-occidentale allo stato del Colorado lungo la catena delle Montagne Rocciose. La specie è stata introdotta nel secolo scorso in Australia, Nuova Zelanda, Cile e Argentina.

In Italia il cervo (Tab. I) è presente con due sottospecie: *Cervus elaphus hippelaphus*, Erxleben, 1777 presente sull'Arco Alpino, nell'Appennino Settentrionale e in Abruzzo; e *Cervus elaphus corsicanus* Erxleben, 1777 limitato alla

Tab. I. Inquadramento sistematico del cervo.

Classe:	Mammiferi
Infraclasse:	Euteri
Superordine:	Ungulati
Ordine:	Artiodattili
Sottordine:	Ruminanti
Famiglia:	Cervidi
Sottofamiglia:	Cervini

Sardegna.

In Italia è individuabile un grande areale alpino che si estende da Cuneo a Udine, praticamente senza soluzione di continuità; nell'Appennino il cervo occupa quattro aree distinte: la prima corrisponde a gran parte del territorio montano delle province di Pistoia, Prato, Firenze e Bologna, la seconda all'Appennino toscano-romagnolo dal Mugello orientale alla Val Tiberina, la terza è rappresentata dal Parco Nazionale d'Abruzzo e territori limitrofi e la quarta dal massiccio montuoso della Maiella; manca invece totalmente dall'Appennino meridionale (Fig. 1). Tutte le popolazioni appenniniche si sono originate da reintroduzioni effettuate negli ultimi decenni.

Alcuni nuclei di modeste dimensioni sono mantenuti in grandi aree recintate come il Bosco della Mesola (Ferrara), La Mandria (Torino) e Castelporziano (Roma). In Sardegna il cervo è presente nella parte meridionale dell'Isola con alcune popolazioni tra loro ancora sostanzialmente disgiunte.

ORIGINE DELLE POPOLAZIONI ITALIANE E CONSERVAZIONE

Le prime forme di Cervidi dotate di appendici frontali (palchi) comparvero in Eurasia nel Mioce-

ne superiore e nel Pliocene (*Procervulus*, *Dicrocerus*); i primi resti fossili attribuibili al Genere *Cervus* risalgono al Pliocene Superiore in Europa ed al Pleistocene in America. In Italia i resti più antichi di *C. elaphus* sono stati rinvenuti nel bacino lignitifero di Leffe (Bergamo) e risalgono all'inizio del Pleistocene.

L'areale storico del cervo occupava probabilmente gran parte dell'Italia peninsulare e la Sardegna. A partire dal XVII secolo le trasformazioni ambientali, la crescita della popolazione umana e l'intensificarsi della persecuzione diretta hanno causato la progressiva scomparsa della specie da settori



Fig. 1. Distribuzione del cervo in Italia nel 1988.

sempre più vasti del territorio nazionale; alla fine del XIX secolo rimanevano solo la piccola popolazione relitta del Bosco della Mesola presso il delta del Po e quella sarda.

Questa situazione si è protratta sostanzialmente sino al secondo dopoguerra, se si eccettuano presenze più o meno sporadiche nelle Alpi centro-orientali ed in Valtellina, dovute ad immigrazione di individui provenienti dalla Svizzera. Il fenomeno di espansione sul versante meridionale delle Alpi delle popolazioni svizzere, austriache e slovene è divenuto più costante e consistente a partire dagli anni '50 ed è stato responsabile della ricolonizzazione delle Alpi italiane nel settore centrale ed orientale. L'attuale presenza del cervo nelle Alpi occidentali è dovuta a ripetute operazioni di reintroduzione iniziate alla fine degli anni '60 da parte del Corpo Forestale dello Stato.

Nell'Italia alpina il cervo mostra uno stato di conservazione favorevole ed ha rioccupato buona parte dell'areale potenziale, tanto che in determinati settori geografici i piani di prelievo tendono a contenere la dinamica delle popolazioni allo scopo di evitare eccessivi danni al patrimonio forestale. Anche le popolazioni dell'Appennino settentrionale risultano in crescita ed è ipotizzabile in breve tempo la saldatura degli areali tosco-emiliano e tosco-romagnolo. Le prospettive di espansione naturale dei nuclei presenti nell'Appennino centrale appaiono discrete.

Il cervo scomparve dalla Sardegna settentrionale e centrale negli anni '40 e solo dalla metà degli anni '80 è stato oggetto di una gestione attiva, che ha consentito di incrementarne le popolazioni e l'areale. Attualmente la consistenza della specie sull'intero territorio italiano è stimabile in circa 32.000

esemplari. Il cervo è regolarmente cacciato nella maggior parte delle province alpine sulla base di piani di abbattimento selettivo con un prelievo che nel 1997 ha di poco superato i 4.000 capi.

È grazie alla buona capacità di adattamento del cervo, che gli ha permesso di sfruttare le risorse alimentari presenti in ambienti subalpini, che la popolazione risulta in espansione sul territorio nazionale.

Caratteri distintivi

Il cervo è un animale grande, con forme slanciate e zampe allungate. Il cranio è allungato e la mascella superiore presenta canini rudimentali. Il cervo nobile si differenzia per la presenza di una ghiandola subcaudale e dell'ago nei maschi (Fig. 2). Lo specchio anale, di colore chiaro, con parti giallastre-

bruno rossastre è delimitato da colorazione scure sfumate ai lati.

Un cervo adulto è alto circa 1,20 m al garrese e pesa dai 150 ai 300 kg. Le femmine sono più piccole e snelle dei maschi e non portano le corna (*palchi*).

I maschi tendono ad avere un accrescimento corporeo prolungato nel tempo, raggiungendo il 90% del peso corporeo finale intorno ai 7-8 anni. Le femmine raggiungono le dimensioni definitive precocemente (intorno ai tre anni). Un maschio adulto supera il peso di una femmina adulta di 1,7-2 volte. Il rapido e limitato accrescimento delle femmine è dovuto alla necessità di dedicarsi precocemente alla cura e all'allevamento dei piccoli. Il maschio deve accrescere la propria massa corporea e sviluppa i caratteri sessuali secondari per la forte competizione che incontrerà,

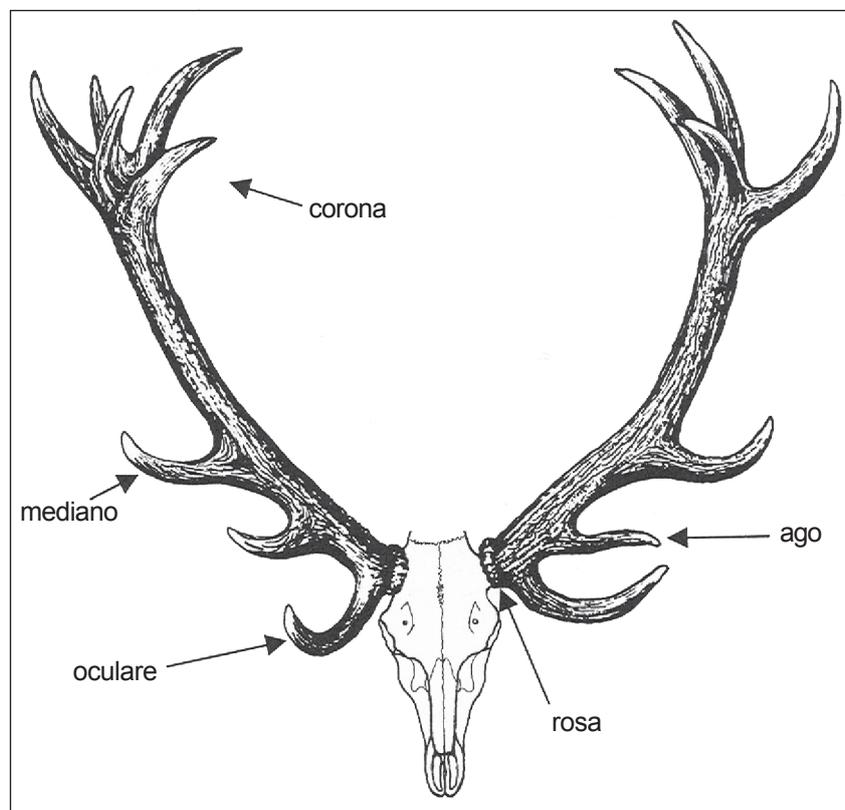


Fig. 2. Il palco del cervo (da MATTIOLI, 1999, modificato).

una volta adulto, per accedere alle femmine e, quindi, all'accoppiamento. Il massimo del peso si raggiunge a luglio-settembre; il minimo a fine inverno. La senescenza e la conseguente riduzione ponderale avvengono intorno ai 15 anni.

Il giovane, fino a tre mesi di vita, è rossastro con punteggiature bianche. Il pelame estivo è bruno rossastro, l'invernale bruno grigiastro; petto, ventre e interno delle zampe sono biancastri.

Durante la stagione degli amori l'ossidazione di alcune sostanze contenute nell'urina del maschio colora di scuro l'inguine e il ventre degli animali maschi. La muta primaverile avviene fra la seconda metà di aprile e maggio, quella autunnale tra settembre e novembre. Nei maschi si evidenzia, inoltre, una folta criniera golare.

Nella zone preorbitali e antorbitali, nelle metatarsali, nelle interdigitali posteriori e nelle subcaudali si concentrano le ghiandole esocrine odorifere. Altre aree di emissione odorosa sono l'area del mento, il prepuzio, la regione vulvare. La maggior parte di queste aree mostra il massimo dell'attività durante la stagione degli amori.

Il palco è costituito da due stanghe caduche poggianti su due peduncoli che sorgono dall'osso frontale (steli). L'ago è la punta esclusiva caratteristica del cervo nobile anche se può mancare in alcuni casi. La frequenza con la quale compare in una popolazione, insieme alla presenza della corona è un buon indice dello stato di salute complessivo della popolazione.

Il palco non è usato come arma ma riveste una fondamentale importanza nel corso delle lotte ritualizzate. Le femmine, prediligendo i maschi dotati di grandi palchi, hanno spinto verso la selezione di complesse ramificazioni che, pur

rendendo il palco più imponente, ne limitano la pericolosità nel corso degli scontri a causa degli incastrici che si verificano.

I palchi, possono raggiungere i 14-15 kg di peso e sono a crescita annuale; cominciano a formarsi nel tardo inverno o agli inizi della primavera, e cadono spontaneamente in inverno. Durante l'accrescimento i palchi sono ricoperti da uno strato di pelle finemente pelosa, detto "velluto" ricco di nervi e vasi sanguigni, che si distacca a sviluppo concluso.

Il ciclo annuale del palco comprende una fase iniziale di crescita durante la quale dagli steli si forma osso vivo ricoperto da epidermide (velluto). La fase seguente trasforma l'osso vivo in morto in seguito a una mineralizzazione. La terza fase prevede solo il mantenimento della struttura, costituita ormai da osso non irrorato e quindi morto, e una fase finale durante la quale il palco cade.

Tutto il ciclo è regolato dalla percentuale di ormoni, soprattutto testosterone, presenti nel flusso ematico. La sincronizzazione del ciclo è data dal fotoperiodo. Lo sviluppo del primo palco inizia intorno ai primi 12 mesi dell'animale. Il ciclo dura circa 130 giorni con la fase di pulitura che avviene, negli adulti a luglio (agosto subadulti) e la caduta in marzo (aprile subadulti).

Segni di presenza

Le orme sono grandi, ovaloidi, di circa 10-11 cm nei maschi e 9 nelle femmine. La larghezza è di 6 cm nei primi e di 5,5 cm nelle seconde.

Gli escrementi sono di colore nero a forma di ghianda (20-30x13-18mm); nel periodo estivo perdono di consistenza formando blocchi informi. Altri segni indicatori della presenza sono le cimature sul fogliame poste fino a 1,9 m di altezza.

za. e i fregoni originati dall'azione di sfregamento dei palchi sulla vegetazione per ripulire, nel periodo estivo, il palco dal velluto. Danneggiamenti alla vegetazione possono avvenire in autunno durante la stagione degli amori. Lo scortecciamento a fini alimentari avviene prevalentemente alla fine dell'inverno. Durante l'autunno e l'estate non è infrequente rinvenire depressioni fangose (insoglia) utilizzate per eseguire i bagni di terra e fango.

Valutazione dell'età

All'età di un anno il palco è costituito da due aste senza ramificazioni. Il corpo è snello con tratti ancora femminei, il peso è equamente distribuito tra quarti anteriori e posteriori.

A due anni il palco raggiunge la lunghezza di circa 45-50 cm; alla base della stanga è osservabile la rosa. Può essere forcuto ma spesso è calcato a sei punte.

A tre-quattro anni è calcato a 8 punte con forcilla terminale, talvolta a 10, con ago. La corona non sempre è visibile. Il corpo non ha ancora acquisito la robustezza tipica dell'età adulta e inizia a prendere forma la gioaia.

A cinque-nove anni diventa più massiccio e il peso si distribuisce in maniera più accentuata nei quarti anteriori. Il collo acquista robustezza, la gioaia e la criniera golare appaiono più sviluppate.

A dieci-quindici anni i pesi sono tutti spostati anteriormente, la testa assume tratti bovini, il collo è grosso. Il palco è al massimo dello sviluppo: adesso è un coronato a 12 punte, le stanghe sono lunghe, robuste e con corone a coppa ben sviluppate. È questo il periodo durante il quale i maschi hanno i migliori successi riproduttivi.

Dai 16 anni in poi il maschio entra nella fase di senescenza. Il palco tende a regredire, la figura

appare smagrita.

La distinzione in classi di età delle femmine permette di individuare le sottili: femmine di un anno con dimensioni leggermente inferiori alle adulte. Una femmina adulta presenta una figura rozza e testa asinina.

Habitat e comportamento

Il cervo predilige i boschi aperti a struttura disetanea dove le aree con soprassuolo maturo si alternano a zone più luminose in rinnovazione. Necessita di complessi forestali ampi confinanti con aree aperte, provvisti di buone zone di rifugio interne a ricco sottobosco o boscate giovani che utilizza come aree alimentari. Foreste di latifoglie e miste sono preferite a conifere.. Tende a evitare boschi eccessivamente frammentati e degradati.

È una specie gregaria. L'unità fondamentale è il gruppo familiare composto dalla femmina e dalla prole; di solito madre, cerbiatto e la figlia dell'anno precedente. Un branco matrilineare è tipicamente costituito da più femmine imparentate insieme guidate da un'anziana.

I maschi formano bande unisessuali temporanee. Aggregazioni miste con maschi adulti, femmine e piccoli possono essere osservate in settembre-ottobre durante la stagione degli accoppiamenti. La tendenza al vivere in gruppi varia stagionalmente e in dipendenza del tipo di habitat frequentato: è massima alla ripresa vegetativa primaverile e minima durante il periodo del parto.

In ambienti forestali chiusi le dimensioni medie dei branchi sono piccole ed è frequente avvistare capi solitari. Durante i periodi non riproduttivi i cervi costituiscono piccoli gruppi monosessuali. Si distribuiscono un po' ovunque sulle montagne, arrivando anche a fre-

quentare il fondovalle.

Il cervo è un pascolatore di tipo intermedio. Preferisce le piante erbacee ma è in grado di modificare la dieta in base alle disponibilità alimentari. In foreste rade con radure e prati, circa due terzi del cibo è costituito da specie erbacee. In boschi fitti boscaglie e arbusteti vira le sue preferenze alimentari verso foglie, rametti, frutti di alberi e cespugli. Quando possibile evita getti e rametti di conifere.

Un esemplare adulto di medie dimensioni consuma mediamente 14,5 kg di vegetali il giorno (9 kg se di sesso femminile). Naturalmente il fabbisogno giornaliero può subire drastiche variazioni in relazione alla stagionalità fino a raddoppiare nei momenti che precedono il parto e durante l'allattamento. La femmine sono normalmente più selettive nella scelta del pabulum.

Il più noto verso del cervo è il bramito, emesso dai maschi durante il periodo degli amori anche se udibile da metà agosto fino a febbraio. L'intensità e la frequenza dei bramiti è associata alla taglia, all'abilità nella lotta e al successo riproduttivo. Le femmine tendono a preferire i maschi che esibiscono il maggior numero di bramiti. Il maschio può emettere anche un verso di minaccia esplosivo (tosse) per scacciare giovani e subadulti infiltratisi nell'harem o per riportare una femmina nei pressi dell'area controllata dal maschio.

La femmina può emettere versi nasali di contatto per comunicare con il piccolo e un verso di allarme simile a un abbaio.

A parte i giovani, che sono caratterizzati da spostamenti esploratori erratici, i cervi hanno spazi vitali stagionali parzialmente sovrapposti e fundamentalmente mobili. In Casentino (Arezzo) e in Acquero (Bologna, Pistoia, Prato) si parla di areale pulsante poiché si

contrae durante la stagione degli amori e si espande da novembre a agosto. Le dimensioni degli spazi vitali annuali sono variabili, in genere comprese tra i 2 e i 20 km².

Il cervo è attivo sia di giorno che di notte ma la sua attività si concentra all'alba e al tramonto. La suddivisione delle ore di attività si sbilancia a favore delle ore notturne durante il periodo estivo.

A partire dal mese di agosto i cervi maschi adulti (7-10 anni) si dimostrano sempre più intolleranti l'uno verso l'altro, abbandonano i quartieri di estivazione e si avviano verso le aree degli amori, dove si concentrano le femmine (con gruppi da 6 a 12 soggetti). I maschi cominciano a corteggiare le femmine e contemporaneamente si sforzano di tenere lontani dal proprio harem tutti gli altri concorrenti. Un cupo bramito, emesso in fase di espirazione, è il grido di minaccia che i maschi si lanciano l'un l'altro. Il bramito, indice delle dimensioni corporee, è normalmente sufficiente per definire le rispettive gerarchie, altrimenti lo sfidante invade l'harem del proprietario e i due ingaggiano una lotta a colpi di palchi. Il picco degli accoppiamenti si ha nelle prime settimane di ottobre. Le nascite si hanno tra gli inizi di maggio e la fine di giugno.

La femmina partorisce per la prima volta a 2 anni. Il maschio è fertile a 16-18 mesi ma di solito accede alle femmine non prima dei cinque anni di età. Il periodo degli amori va dalla seconda metà di settembre alla prima metà di ottobre. La gestazione dura circa 235 giorni; in maggio-giugno si hanno i parti. Lo svezzamento avviene ai 6 mesi. La femmina resta in contatto con il nucleo familiare per tutta la vita, ma il maschio se ne allontana a uno due anni. Il limite naturale della vita allo stato libero si aggira intorno ai 17-18 anni.

Il tasso di natalità è di circa 65-70 piccoli ogni 100 femmine. Il reclutamento post invernale è di circa 50-60 piccoli ogni 100 femmine. Il rapporto fra i sessi è sbilanciato a favore delle femmine (1 / 1,2-1,5).

Il cervo può entrare in competizione con il Capriolo. Può essere predato da lupo, lince, cane inselvaticato, volpe e aquila. Nel Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi è stato dimostrato che la dieta del lupo era costituita per l'11% da cervo con una predazione più intensa a carico del cerbiatto.

Danni

Alte densità di cervi possono produrre danni importanti al bosco e alle colture agrarie. Il danno si manifesta sia con brucature dei germogli che con scorstecciature (rosicature della corteccia o sfregamento dei palchi).

Nel caso delle colture agrarie i danni più rilevanti riguardano la brucatura dei giovani getti sia delle specie erbacee che di quelle legnose. Particolarmente esposte alla brucatura risultano le colture erbacee, specialmente cereali e foraggere. Le arboree, olivo e fruttiferi in genere, sono brucate nelle parti più basse della chioma più facilmente raggiungibili dall'animale. Della vite sono particolarmente apprezzati i germogli primaverili; la brucatura può vanificare l'intera annata agraria.

I danneggiamenti al bosco sono generalmente presi in minor considerazione, poiché risultano più tollerabili rispetto a quelli al comparto agricolo puro. Il ciclo culturale poliennale e la bassa intensità di manodopera che caratterizza la coltura forestale ne fanno apprezzare meno la incidenza in termini economico-finanziari (non a caso le normative in tema di risarcimento danni da animali selva-

tici, come quella regionale toscana, non annoverano fra le colture risarcibili quelle forestali). Non di meno, i danneggiamenti possono essere tanto intensi da rallentare pesantemente i ritmi di crescita e compromettere le produzioni forestali di maggior pregio. Le giovani conifere possono, ad esempio, essere ciminate causando un rallentamento della crescita ipsometrica e l'insorgenza di difetti strutturali, compromettendo, soprattutto nel caso di brucature ripetute nel tempo, il buon esito della rinnovazione. Nel caso delle latifoglie, invece, il danno da brucatura risulta generalmente meno importante, sia per la capacità di emettere nuovi getti in sostituzione di quelli cimati sia perché la crescita in altezza non è così dipendente dalla permanenza della gemma apicale. Talvolta, però, le brucature sono talmente intense da produrre fenomeni di nanismo vegetale o indebolire la pianta a tal punto da farla morire. Le giovani piante possono essere ciminate finché non raggiungono un'altezza tale da sfuggire al morso degli animali, spesso oltre i 2 m. Particolarmente apprezzati risultano i giovani getti del castagno, dell'orniello (*Fraxinus ornus*), delle rosacee (*Pyrus* sp., *Malus* sp.), del carpino (*Carpinus betulus*). Cerro e roverella (*Quercus cerris* e *Q. pubescens*) risultano meno esposti, forse in ragione del maggior contenuto in tannini. Nel caso di boschi ceduati i danneggiamenti ai ricacci delle ceppaie possono essere talmente intensi da vanificare il futuro ciclo culturale. Gli scorstecciamenti sia di latifoglie che di conifere possono interessare le piante giovani ma anche alberi adulti. La scorstecciatura del faggio (*Fagus sylvatica*), se eseguita durante il mese estivo, può essere dovuta alla ricerca di sali minerali necessari per terminare l'ossificazione del palco. La scorstecciatura inver-

nale su castagno (*Castanea sativa*) è eseguita anche dalle femmine ma non risulta mai molto dannosa, mentre quella primaverile, quando le piante sono in succhio, produce ferite molto estese in altezza, per l'estrema facilità con la quale la corteccia si stacca dal legno.

Gran parte dell'alimentazione estiva dell'ungulato risulta costituita da erbe, sia graminacee che leguminose, ma può consumare abbondantemente anche i frutti delle piante forestali e di quelle agrarie.

La gestione delle popolazioni animali selvatiche

La bibliografia indica una densità di cervo pari a 3-5 capi per km² per aree a elevata vocazionalità. Per aree a vocazionalità media indica 1,5-2 capi; per aree a bassa vocazionalità 1 capo per km²; tali valori sono calcolati in maniera tale da mantenere densità di specie selvatiche che non causino danni rilevanti alle colture agrarie e forestali.

L'unità gestionale del cervo dovrebbe estendersi per un'area di circa 20.000 ha.

La gestione delle popolazioni animali selvatiche comporta il dover affrontare una serie di problemi di una certa complessità. Il primo problema da affrontare è la stima delle risorse alimentari che consente di definire le disponibilità trofiche. L'offerta del pascolo disponibile per i cervi viene valutata in base al metodo del raccolto che consente di rilevare, pur se in maniera approssimata, la produzione primaria netta utilizzabile dagli animali. Il metodo consiste nell'asportare e quantificare tutto il possibile nutrimento per i pascolatori presenti che viene espresso in quantità di sostanza organica verde per unità di superficie. Gli erbivori possono consumare, senza cau-

sare depauperamento, circa il 10% della produzione annua di germogli delle specie arboree tipiche della foresta decidua mesofila e il 50% se si considera il pascolo o una macchia a prevalente carattere arbustivo con prevalenza di specie sempreverdi. Il carico ottimale si ottiene dividendo la disponibilità pascolabile invernale per i consumi giornalieri e per il numero di giorni di stasi vegetativa.

Naturalmente occorre considerare tutte le popolazioni che hanno lo stesso regime alimentare e che possono entrare in competizione tra loro.

Individuato il numero di capi che possono insistere in un dato ambiente, occorre determinare il numero di quelli presenti. Le tecniche utilizzabili possono appartenere a due categorie: stime e censimenti.

La *stima* consiste nel rilevare il numero di capi di una popolazione presenti su aree campione e estendere il valore a tutta la superficie mediante una elaborazione statistica.

L'area in studio viene suddivisa in maglie quadrate di circa 10 ha di lato. Ogni quadrato è identificato con un numero. Si estrae a sorte un numero di quadrati rappresentativi dell'area in studio. Nelle aree individuate si esegue una serie di battute durante le quali i battitori spingono gli animali verso le poste, dove gli osservatori registrano i capi.

In alternativa possono essere eseguiti dei transetti dove un osservatore compie un percorso annotando gli animali contattati. Ai dati di consistenza numerica ottenuti occorre affiancare quelli riguardanti la modalità di distribuzione della popolazione in modo da conoscere se gli individui sono presenti in maniera uniforme, casuale o a gruppi.

Anche il metodo della cattura e ricattura viene usato per stimare le popolazioni: gli animali catturati vengono marcati con targhette di riconoscimento e liberati; successivamente si eseguono nuovamente le catture. Assumendo che la probabilità di cattura sia la stessa per gli animali catturati e marcati e quelli mai catturati si può arrivare alla consistenza della popolazione applicando la proporzione:

$$\frac{\text{totale della popolazione}}{\text{totale individui marcati e liberati}} = \frac{\text{totale individui catturati}}{\text{totale individui marcati e ricatturati}}$$

Il *censimento* consiste nel rilevamento diretto dei capi, che sono censiti uno ad uno.

Il censimento è eseguito nelle notti di settembre-ottobre: numerosi "ascoltatori" registrano ora e provenienza dei richiami notturni che, grazie a triangolazioni incrociate, permettono di individuare la loro posizione e, quindi, il numero. La struttura della popolazione (suddivisione in classi di età e sesso) avviene tramite osservazioni condotte durante l'arco dell'anno con osservazioni lungo transetti o da posti fissi.

Una volta stabilita l'entità della popolazione, questa deve essere confrontata con la capacità portante dell'ambiente. Il piano di assestamento stabilisce, oltre al numero degli individui presenti sul territorio, anche la struttura che la popolazione dovrà assumere ovvero il rapporto fra i sessi e la distribuzione degli individui nelle singole classi di età.

Di solito si preferisce mantenere un rapporto 1:1 fra maschi e femmine. Le classi di età nelle quali è suddivisa la popolazione sono quattro:

I. cuccioli, animali di età minore

di un anno;

II. subadulti, animali non sessualmente maturi;

III. adulti, animali in riproduzione;

IV. anziani, animali con capacità riproduttiva ridotta.

La quota per ciascuna classe viene assegnata in maniera tale che gli individui della classe inferiore sostituiscano ogni anno quelli della classe superiore (rimonta).

Inoltre bisogna tenere in considerazione altri fattori quali le disponibilità alimentari, la competizione, la predazione e la caccia illegale che possono alterare l'equilibrio stabilito. Per assestare una popolazione occorre, allora, definire i fattori di densità, struttura e i parametri demografici.

Lo strumento operativo del piano di assestamento è il piano di abbattimento, che indica i capi da abbattere divisi per classi di età e sesso.

Il piano viene redatto ogni anno e, una volta che la popolazione è assestata, il prelievo è indirizzato verso gli anziani e i giovani in soprannumero rispetto alla quota di rimonta, mantenendo costante la classe dei riproduttori. I soggetti più deboli e malati vengono abbattuti. Gli interventi sugli adulti sono di solito limitati per non ridurre il potenziale riproduttivo della popolazione. I piani di assestamento e di abbattimento sono solo modelli di previsione della consistenza numerica e della struttura di una popolazione e devono essere validati dai censimenti eseguiti dopo la stagione riproduttiva. Inoltre occorre studiare con attenzione i capi abbattuti e monitorare il grado di maturità della foresta. Per tale motivo su ogni individuo abbattuto è indispensabile eseguire tutta una serie di misure biometriche che vanno dal peso dell'animale alla lun-

ghezza della mandibola, al trofeo, al numero di feti o embrioni eventualmente presenti. Se si riscontrano individui di dimensioni inferiori alla media si può ritenere di trovarsi di fronte a un caso di competizione inter o intraspecifica. Un aumento dei danni alla rinnovazione del bosco o alle colture agricole indica un aumento della po-

polazione.

La gestione delle popolazioni selvatiche deve essere mirata alla conservazione dell'equilibrio ambientale. Quando l'ambiente si discosta da tale equilibrio è necessario intervenire. Il fine ultimo è quello di raggiungere un punto nel quale l'ecosistema raggiunga uno stato il più possibile costante nel tempo

che richieda un numero sempre minore di interventi da parte dell'uomo. Una politica ambientale seria richiede l'intervento di più attori che collaborino attivamente l'uno con l'altro: associazioni venatorie, associazioni ambientaliste, associazioni di agricoltori, insieme a botanici, zoologi e amministratori pubblici.

Bibliografia consultata

- AA.VV., 1997. *I cervidi nel modenese*. Provincia di Modena, 32 pp.
- AA.VV., 2000. *Gli ungulati delle foreste Casentinesi*. Regione Toscana, 152 pp.
- CASANOVA P., 1993. *Appunti di zoologia venatoria e gestione della selvaggina*. Polistampa Firenze, 375 pp.
- CASANOVA P., 2000. *Il manuale del cacciatore di selezione*. Greentime, 218 pp.
- MATTIOLI S., 1999. *Il cervo. Lineamenti di biologia e gestione*. Province di Bologna, Pistoia e Prato, 66 pp.
- MAZZARONE V., MATTIOLI S., 1996. *Indagine sulla popolazione di cervo dell'Acquerino: relazione finale 1993-1995*. Regione Toscana, 133 pp.
- MERICGI A., 1989. *Analisi critica di alcuni metodi di censimento della fauna selvatica (Aves, Mammalia). Aspetti teorici e applicativi. Ricerche di biologia della selvaggina*, n. 83, 59 pp.
- ODUM E.P., 1977. *Principi di Ecologia*. Piccin, Padova, 457 pp.
- PEDROTTI L., DUPRÈ E., PREATONI D., TOSO S., 2001. *Banca dati ungulati. Biologia e Conservazione della Fauna*, 109, 132 pp.
- PERCO F., 1986. *Il cervo*. Carlo Lorenzini editore, 177 pp.
- SIMONETTA M. A., DESSÌ-FULGHERI F., 1998. *Principi e tecniche di gestione faunistico venatoria*. Greentime, 427 pp.

La gestione del Cervo Nobile (*Cervus elaphus*, L. 1758) nelle aree protette. Il caso dell'ANPIL del Monteferrato (Prato)

Riccardo Carradori^{1*}, David Pozzi²

¹ Biologo Faunista, Pistoia

² Dottore Forestale, Prato

* Referente per la corrispondenza: fax 0573 359276; Riccardo.carradori@libero.it

INTRODUZIONE

L'area naturale protetta di interesse locale del Monteferrato (ANPIL Monteferrato) si estende su 4.486 ettari all'interno della Provincia di Prato. Planimetricamente appare come un trapezoide, il cui lato maggiore si sviluppa lungo la linea del pedecolle della piana, quello minore ne segna il limite settentrionale appoggiandosi al confine comunale con Cantagallo ed i due lati obliqui corrono sui fondovalle del torrente Agna ad ovest, e del torrente Bisenzio ad est. Orograficamente il territorio è caratterizzato dal massiccio del Monte Javello, che si eleva nella porzione più settentrionale dell'area e culmina nei 981 metri del Monte Cavallaie, dominante la valle dell'Agna ed il pianoro di Javello.

I territori settentrionali confinano con la foresta dell'Acquerino, zona protetta posta a cavallo fra le province di Bologna, Pistoia, Prato e Firenze. La popolazione di cervo di questa area gode dell'areale più vasto e della consistenza più elevata di tutta la catena appenninica. Le condizioni del territorio sono tali da permettere non solo la sopravvivenza, ma da conferire al cervo anche caratteri fisici di non facile rinvenimento in altri territori, come l'imponente sviluppo dei pal-

chi. L'alternanza di zone boschive con zone agricole costituisce, infatti, un habitat ideale e particolarmente attrattivo. Le aree agricole offrono una grande disponibilità alimentare, gli anfratti boscati ottime possibilità di rifugio. La presenza del bosco, inoltre, fornisce alimenti preziosi in quei periodi dell'anno durante i quali nelle zone coltivate le produzioni sono scarse o assenti. Così, queste aree invogliano il selvatico alla permanenza e ne agevolano la riproduzione; con l'aumento demografico aumentano inesorabilmente i danni arrecati alle produzioni agricole. Le motivazioni dell'incremento demografico sono svariate: fra le principali possiamo ricordare la scomparsa o la rarefazione dei predatori naturali, la conformazione del territorio (che influisce sul dinamismo delle popolazioni selvatiche e sui danni che questi possono provocare), la politica di protezione assoluta.

Il problema dei danni alle colture provocati dalla fauna selvatica sta assumendo proporzioni sempre più consistenti e, specialmente nelle aree protette, il rapporto con l'agricoltura si fa ogni giorno più difficile.

Quello dell'ANPIL del Monteferrato è uno dei tanti casi in cui nell'ambito di un'area protetta non

sempre risulta agevole conciliare le esigenze di conservazione e valorizzazione delle risorse naturali del territorio con le attività antropiche. Qui tutto è reso più difficile dalle caratteristiche degli elementi che entrano in conflitto: da un lato, un'estesa agricoltura pedecollinare incentrata su olivicoltura e viticoltura di grande pregio e, dall'altro, una popolazione di grossi erbivori selvatici fra le più significative a livello nazionale. La particolare struttura del territorio, fatta di superfici agricole spessissimo intercalate da lembi boscati in continuità con le superfici forestali montane, favorisce il continuo errare della fauna dal bosco alle zone coltivate producendo estesi e, talvolta, gravi danneggiamenti alle colture. Proprio in risposta al verificarsi di questi danni molti agricoltori stanno recintando i loro coltivi quando non li abbandonano del tutto; cosicché la presenza degli ungulati innesca un insieme di azioni di risposta che, di fatto, inducono una svalutazione paesaggistica ed interferiscono con la tradizionale libera percorrenza del territorio rurale, provocando quindi un complessivo impoverimento dell'area. Ogni incontro con le pubbliche amministrazioni, poi, è colto dai coltivatori per sollevare il problema, in-

nescando accese discussioni che sfiorano talvolta i limiti della rissa collettiva.

Il nostro lavoro, partendo dalla valutazione delle attività di danneggiamento alle colture agrarie, ha cercato di elaborare un piano di interventi di gestione faunistica mirato ad evitare o, perlomeno, contenere i danni concentrandosi su due filoni operativi: difesa diretta delle colture e realizzazione di miglioramenti ambientali per cercare di far stazionare gli ungulati il più lontano possibile dalle aree agricole.

È importante ricordare che la finalità principale della gestione degli ambienti naturali deve essere quella di conservare il più possibile integro il territorio e mantenere o ripristinare gli equilibri ecologici, specie quando si tratta di aree protette, caratterizzate cioè da peculiari valori naturalistici che impongono un particolare regime di gestione volto, appunto, alla loro conservazione e salvaguardia; fra questi valori sono senz'altro da annoverare tanto l'attività agricola quanto la fauna selvatica.

La struttura del paesaggio e la vegetazione

Gli oliveti del pedecolle e i boschi sono i due elementi che maggiormente caratterizzano in senso paesaggistico questa area (Tab. I). L'agricoltura collinare, infatti, dopo il declino del sistema mezzadrile del secondo dopoguerra e l'abbandono dei poderi delle grandi fattorie rinascimentali, è in fase di forte rilancio soprattutto grazie all'olivicoltura e alla viticoltura. Queste stanno riconquistando al comparto agricolo le terre abbandonate nei decenni precedenti; nella valle del Bagnolo si va affermando un prodotto enologico di altissima qualità. Estesi oliveti caratterizzano le aree di più bassa quota, in

parte ancora terrazzate e coltivate secondo gli schemi tradizionali, in parte con specializzazione culturale, specie nel caso di colture di neoimpianto.

L'agricoltura si spinge mediamente fin verso i 250-300 metri di quota, anche leggermente più in alto sui versanti solatii rivolti verso la piana; oltre, le aree agricole divengono frammentate, e prendono importanza le superfici prative. In queste aree aperte il bosco si insinua, seguendo il corso dei torrenti o i versanti più ripidi, o le contorna interamente, come nel caso di quelle di più alta quota. Si tratta perlopiù di boschi cedui, a prevalenza di querce caducifoglie (cerro e rovere) o carpino nero, e fustaie irregolari di pino marittimo posti in continuità con le vaste superfici forestali del Monte Javello.

Significativa eccezione a quanto finora detto è rappresentata dal complesso del Monteferrato, i cui terreni sterlissimi non sono in grado di sostenere adeguatamente le

colture agrarie; solo il pino marittimo è in grado di crescerci formando una rada e stentata fustaia, frutto di un rimboschimento ottocentesco, arricchita, da qualche cipresso.

I versanti del monte Javello sono caratterizzati dal bosco. Anche in questo caso siamo in presenza di cedui a quercia che si intercalano alle pinete e al castagno e solo verso l'alto lasciano gradualmente spazio alla faggeta; le querce, specie il cerro, sono più frequenti sul versante montemurlese-pratese dove giungono, in alcuni, casi, fin sulla sommità del rilievo; il castagno, invece, prevale sul versante bisentino, governato sia a ceduo per paleria che a fustaia da frutto; il faggio, infine, prevale sulle coste più alte dove forma, specie sul versante bisentino, splendide faggete in parte già sottoposte al taglio di avviamento all'alto fusto.

Importanti superfici arbustive si rinvengono a cavallo della dorsale Pian dai Massi-Pratotondo-

Tab. I. Distribuzione delle superfici e uso del suolo dell'Anpil Monteferrato (2003). È evidente l'importanza delle superfici a vocazione forestale (boschi ed arbusteti) che da soli occupano oltre i 2/3 dell'intero territorio.

Tipo strutturale	Tipo colturale	sup. ha	Importanza	sub totali	Importanza	
aree agricole	seminativo	173	3,76%			
	seminativo vitato	5	0,11%			
	seminativo olivato	72	1,57%			
	oliveto	481	10,46%			
	olive specializzato	226	4,91%			
	vigneto	5	0,11%			
	vigneto specializzato	29	0,63%			
	frutteto	1	0,02%			
	vivaio per piante ornam.	3	0,07%			
	incolti	17	0,37%			
aree pascolive	impianti per arboricoltura da legno	6	0,13%	1.018	22,13%	
	aree prative	154	3,35%	154	3,35%	
aree forestali	boschi ed arbusteti	3.130	68,06%	3.130	68,06%	
	altro	corpi idrici	11	0,24%		
		discarica	6	0,13%		
		ex aree di cava	30	0,65%		
		urbanizzato	250	5,44%	297	6,46%
sup. totale ANPIL		4.599	100,00%	4.599	100,00%	

Poggio La Collina, il tratto mediano della linea di crinale che fa da spartiacque fra l'Ombrone ed il Bisenzio, e sulle coste più ripide del versante meridionale del monte Javello; si tratta perlopiù di eliceti ed ericeti di rilevante importanza fitogeografica e faunistica e per la conservazione dei quali è stato attivato il Progetto LIFE Natura denominato "HABIO".

METODOLOGIA

Nel periodo aprile-agosto 2003 è stata effettuata una serie di uscite sul campo, allo scopo di:

1. acquisire i dati per predisporre una cartografia dell'uso del suolo all'interno dell'ANPIL del Monteferrato;
2. individuare le aree maggiormente frequentate dal cervo;
3. identificare le colture maggiormente danneggiate o potenzialmente esposte al danneggiamento;
4. individuare la presenza e il livello di efficacia di opere di difesa dei coltivi;
5. individuare le possibilità di intervenire con opere di miglioramento ambientale.

Nell'ambito del rilievo dei danneggiamenti e delle infrastrutture di difesa si è descritto il fenomeno in termini quali-quantitativi secondo un punteggio da 0 (assenza del fenomeno) a 3 (massima incidenza).

Tutte le informazioni raccolte durante i rilievi di campagna sono state digitalizzate ed elaborate utilizzando il programma Arcview Gis 3.2. È stata così creata una banca dati georiferita ed è stata elaborata una serie di carte tematiche esplicative dei fenomeni rilevati. Le carte prodotte sono relative alla suscettibilità delle colture ad essere danneggiate, all'entità dei danni riscontrati e alla presenza di recinzioni, l'unico si-

stema di difesa al momento adottato dagli agricoltori. Incrociando opportunamente fra loro questi dati, con una metodologia di cui si dirà in seguito, è stato prodotto un quarto elaborato cartografico -definito Carta della vulnerabilità delle colture- che sintetizza in funzione dei parametri rilevati il diverso grado di esposizione al danneggiamento delle colture praticate in zona.

Suscettibilità al danno

Si è inteso indicare come suscettibilità di una coltura al danneggiamento quella condizione intrinseca della coltivazione che deriva dalle caratteristiche morfo-biologiche della specie coltivata e dalle modalità di coltivazione e che la rende, quindi, naturalmente più o

meno appetibile/danneggiabile dal selvatico, indipendentemente dalla presenza o meno di difese efficaci. È quindi un carattere proprio della coltura, che la predispone o meno ad essere danneggiata dall'attività trofica o comportamentale della selvaggina. Sono state individuate quattro classi di suscettibilità al danneggiamento, con un gradiente che va da 0 a 3, attribuendo lo 0 agli usi del suolo di fatto non danneggiabili o alle colture per le quali il danneggiamento può essere considerato di gravità trascurabile ed il 3 alle colture fortemente sensibili (Tab. II).

Danneggiamento

Il fenomeno è stato descritto mediante quattro classi di entità di danneggiamento (Tab. III).

Tab. II. Distribuzione quantitativa della suscettibilità al danno nel territorio dell'ANPIL Monteferrato: sono indicati gli ettari interessati dal fenomeno.

Tipo colturale	Suscettibilità				Totali
	0	1	2	3	
Seminativo	/	/	/	250	250
Oliveto	/	/	481	226	707
Vigneto	/	/	/	33	33
Frutteto	/	/	1	/	1
Praterie	/	154	/	/	154
Vivaio per piante ornamentali	/	/	/	4	4
Arboricoltura da legno	/	1	5	/	6
Incolti	17	/	/	/	17
Totali	17	155	500	499	1.172

Tab. III. Andamento quantitativo del danneggiamento: sono indicati gli ettari interessati dal fenomeno.

Tipo colturale	Entità del danneggiamento				Totali
	0	1	2	3	
Seminativo	3	241	6	/	250
Oliveto	76	241	384	6	707
Vigneto	24	5	4	/	33
Frutteto	/	1	/	/	1
Praterie	1	153	/	/	154
Vivaio per piante ornamentali	4	/	/	/	4
Arboricoltura da legno	/	1	5	/	6
Incolti	17	/	/	/	17
Totali	125	642	399	6	1.172

Carta delle infrastrutture di difesa delle colture: presenza ed efficacia

La presenza o meno di difese per le colture e il loro livello di efficacia è stato descritto per mezzo di quattro classi che vanno dall'assenza di recinzione a vari gradi di efficacia delle strutture di difesa, fino alla esclusione completa degli animali (Tab. IV).

In primo luogo è da evidenziare il fatto che la presenza del cervo è stata registrata ovunque, sia con osservazioni dirette che attraverso i segni lasciati sul territorio. Particolarmente evidenti sono i danni alla vegetazione che variano in funzione della densità relativa della popolazione di cervo, al tipo di coltivazione e alla sua localizzazione.

La maggior parte delle colture risulta mediamente o molto suscettibile al danneggiamento, con punte del 100% di elevata suscettibilità per i seminativi ed i vigneti.

La maggior parte delle aree agricole è risultata sprovvista di opere di difesa; molte recinzioni sono scarsamente efficaci ed estremamente bassa è la quantità di colture recintate idoneamente per escludere la presenza di ungulati. Nonostante gli sforzi compiuti dai privati per la realizzazione di tali opere, raramente queste risultano efficaci nel prevenire il danno. Più che strutture di difesa contro l'ingresso degli ungulati, spesso siamo di fronte ad elementi di delimitazione della proprietà rustica realizzati con i materiali di recupero più vari. Le recinzioni più efficaci sono risultate quelle poste a protezione di parchi di ville o a delimitazione di fondi chiusi. Altro elemento dolente dell'attività di recinzione spontanea è rappresentato dal coordinamento operativo fra i vari soggetti, per cui a tratti di recinzione efficace si appoggiano altri tratti di

Tab. IV. Distribuzione quantitativa delle difese attuate e della loro efficacia in funzione delle diverse colture praticate.

Tipo colturale	Difesa delle colture				Totali
	0	1	2	3	
Seminativo	142	98	8	2	250
Oliveto	446	100	113	48	707
Vigneto	25	/	4	4	33
Frutteto	/	/	/	1	1
Praterie	123	20	10	1	154
Vivaio per piante ornamentali	/	/	/	4	4
Arboricoltura da legno	6	/	/	/	6
Incolto	17	/	/	/	17
Totali	759	218	135	60	1.172

rete inefficace o addirittura tratti completamente sprovvisti di qualsiasi difesa, il che porta i proprietari più sensibili (o con maggiori disponibilità) a recintare interamente i loro appezzamenti, mentre con un migliore raccordo operativo si potrebbero coordinare gli sforzi per difendere solo le interfacce bosco-agricolo.

Per quasi il 40% del territorio esaminato il livello di danneggiamento delle colture può definirsi di entità medio-grave; rari sono comunque i casi di intensità talmente elevata da compromettere in chiave colturale le coltivazioni attaccate. Questi dati appaiono leggermente in contrasto con quanto evidenziato a proposito della suscettibilità al danno delle colture praticate e dell'efficacia delle difese attuate, che dovrebbero, invece, predisporre le attività agricole a danneggiamenti molto elevati. Ciò trova spiegazione nel fatto che i rilievi sono stati condotti nel periodo tardo primaverile, quando le disponibilità alimentari sono elevate e quindi il danneggiamento delle colture risulta ovviamente più modesto; se tali rilievi fossero stati condotti più avanti nella stagione, probabilmente l'entità dei danni sarebbe risultata decisamente superiore.

Danneggiamenti seri si rinven-
gono su tutte le colture legnose di

giovane impianto, in particolare sugli oliveti specializzati, le cui chio-
me mantengono testimonianza delle
brucature pregresse, mentre sui
vigneti, regolarmente potati "a le-
gno" ogni fine inverno, non sono
stati evidenziati danneggiamenti di
particolare gravità. In questo senso
si può interpretare anche il basso
grado di danneggiamento riscon-
trato nei seminativi, certamente di-
pendente anche dallo stadio feno-
logico della coltura attuata: i cerea-
li autunno-vermini (frumento, orzo,
ecc.) in maggio sono ancora assimi-
labili a grandi erbai, mentre per
altre colture come il mais o il gira-
sole, si è appena verificata la germi-
nazione.

In tutti i fondi contigui alle
aree urbane o molto distanti dal
bosco si evidenziano danneggiamen-
ti trascurabili. In tali aree neppure
gli orti presentano recinzioni per la
fauna selvatica, mentre dove è alta
l'attività trofica degli ungulati, sono
state osservate recinzioni e shelter
artigianali a difesa di qualsiasi po-
tenziale pabulum, compresi addi-
rittura i salici da vimini, le cui
capitozze vengono raggiunte e ci-
mate dal cervo.

LA CRITICITÀ DELLE COLTURE

Incrocando opportunamente
fra loro i dati raccolti è stato possi-
bile elaborare una carta di sintesi

che evidenzia la vulnerabilità delle diverse colture in funzione della loro suscettibilità, dell'efficacia delle protezioni attuate e dell'estensione dei danni prodotti. Questo elaborato è di notevole importanza progettuale poiché consente di individuare immediatamente le aree più sensibili.

La carta della criticità delle colture è stata elaborata mediante due matrici combinatorie di dati, mettendo in relazione, per ogni area omogenea indagata, la suscettibilità con la presenza/efficacia di recinzioni e, successivamente, con i gradienti numerici del fenomeno del danno. Nella prima riga e nella prima colonna della "Matrice suscettibilità/protezione [SxP]", sono stati inseriti i gradienti della suscettibilità (da 0=assente a 3=massima) e quelli della protezione (Tab. V). Questi valori sono stati introdotti in ordine decrescente e con un range da 4 a 1. In tale modo si è riusciti a rendere la matrice realmente efficace e a descrivere l'andamento del fenomeno indagato (cioè alla assenza di protezione 0 si è attribuito valore 4, mentre alla presenza di recinzione efficace si è attribuito valore 1); i valori matriciali sono scaturiti per prodotto combinatorio.

Questo primo gruppo di dati sulla criticità, variabile da 0=criticità assente a 12=criticità massima, è stato successivamente incrociato con il dato del danno effettivamente rilevato sulle colture. Si è stabilito di attribuire un valore decisivo all'entità del danno rilevato. Per tale motivo è stato introdotto un fattore correttivo pari a tre ottenendo così una griglia di valori che vanno da 0 a 21 ottenuti dalla somma degli incroci (Tab. VI).

I valori scaturiti da questo secondo incrocio sono stati suddivisi in quattro classi di criticità (Tab. VII).

In questo modo si sono evidenziate aree che, per coltivazioni praticate, per presenza/assenza di misure di difesa, per effettivo livello di danneggiamento (diretta conseguenza, fra l'altro, della densità degli ungulati), presentano una diversa probabilità di essere oggetto di danneggiamento. Le aree con i valori più alti risultano distribuite in maniera apparentemente casuale su tutta l'area in studio. Questo dato conferma la presenza uniforme degli ungulati su tutto il territorio. Le coltivazioni maggiormente appetite dalla popolazione selvatica (quali le cerealicole e le viti nel momento del riscoppio vegetativo) risultano quelle che si trovano ai valori massimi di criticità perché gli animali frequentano in maniera preferenziale le aree dove trovano buona disponibilità di fonti alimentari.

LE IPOTESI DI INTERVENTO

Il quadro generale ha evidenziato una situazione di massiccia presenza di Cervo Nobile in tutta l'area, con un'attività dannosa per le colture agrarie distribuita su tutta la superficie in studio.

Va osservato che il lavoro ha avuto come scopo fondamentale la riduzione (non l'azzeramento) della frequentazione delle aree agricole da parte del cervo. Visto il rilevante pregio faunistico di questa popolazione, infatti, è importante valorizzarne le presenze sebbene queste debbano essere diversamente distribuite sul territorio. L'obiettivo è quello di trovare un punto di equilibrio fra la popolazione di cervo e le attività agricole tale da non compromettere né la redditività del comparto agricolo né la permanenza degli ungulati.

Tab. V. Matrice suscettibilità/protezione [SxP]

Suscettibilità→ ↓Protezione	0=nulla	1=bassa	2=media	3=alta
1=efficace	0	1	2	3
2=media	0	2	4	6
3=bassa	0	3	6	9
4=inefficace	0	4	8	12

Tab. VI. Matrice della criticità [(SxP)+3D]

Suscettibilità→ ↓Protez. Danno	0	1	2	3	4	6	8	9	12
0=assente	0	1	2	3	4	6	8	9	12
3=basso	3	4	5	6	7	9	11	12	15
6=medio	6	7	8	9	10	12	14	15	18
9=elevato	9	10	11	12	13	15	17	18	21

Tab. VII. Classi di criticità

Classe di criticità	range di variazione	commento	colore cartografico
0	valore 0	non critico	grigio
1	valori da 1 a 7	scarsamente critico	celeste
2	valori da 8 a 14	critico	rosa
3	valori da 15 a 21	fortemente critico	rosso

SUDDIVISIONE DEL TERRITORIO IN AREE VOCATE E NON VOCATE ALLA PRESENZA DEL CERVO

Le caratteristiche del territorio in esame sono tali da renderlo variamente idoneo alla presenza del cervo e suscettibile ai danni derivanti da questa presenza. Infatti, tutta la fascia basale e di media costa, caratterizzata da notevole variabilità vegetazionale e d'uso, risulta straordinariamente adatta a supportare il pabulum della popolazione di ungulati, ma i danni che sono arrecati alle colture risultano notevolmente elevati. Di contro, le aree di media ed alta costa, occupate in prevalenza dal bosco, non sono particolarmente suscettibili al danneggiamento, ma le disponibilità alimentari non sono tali da consentire una significativa presenza di ungulati. La popolazione di cervo, quindi, tende a concentrarsi dove la sua presenza è più indesiderata, mentre si rarefa notevolmente dove, invece, potrebbe stazionare senza eccessive interferenze con le attività umane.

Una ripartizione del territorio ANPIL in funzione della desiderabilità o meno della presenza del cervo può essere quella che cerca di differenziarne la presenza fra *aree vocate* e *aree non vocate*, intendendo per vocazione non tanto il verificarsi in quel luogo di condizioni ambientali ottimali per la specie, quanto l'attitudine di un territorio a sostenere una popolazione vitale senza che si registrino danni rilevanti alle colture agrarie e forestali. Naturalmente si tratta di un concetto che può variare, a parità di risorse ambientali, dalla disposizione d'animo dell'uomo. Occorre, quindi, valutare una densità di riferimento tale che garantisca una convivenza fra attività umane e cervo.

Le *aree non vocate* alla pre-

senza del cervo sono identificabili con le zone agricole di fondovalle e di media costa, destinate, generalmente, a seminativi o colture legnose di pregio (oliveti e vigneti, in cui l'attività pabulare dei grossi erbivori risulta ovviamente sempre più o meno dannosa in chiave sia economica che colturale) e le superfici boscate ad esse vicine (sfruttabili dagli animali come corridoi ecologici e luoghi di rifugio), dove la presenza degli ungulati risulta un elemento di disturbo e di conflittualità sociale.

Invece, le aree prative –siano esse o no a destinazione zootecnica– e le superfici boscate continue delle zone più elevate sono considerate *aree vocate*, poiché da un lato il danno arrecatovi dai selvatici risulta sicuramente di minore gravità che nelle aree agricole e dall'altro il loro utilizzo antropico raramente è correlato a pratiche colturali finalizzate a stimolarne la produttività; qui la presenza del cervo è sicuramente un fattore di arricchimento ambientale e di potenziale attrattiva turistica da non sottovalutare.

Su questa base, il fine ultimo del piano di lavoro è stato quello di ridurre o eliminare le attrattive delle *aree non vocate* per traslocare spontaneamente la popolazione di ungulati nelle *aree vocate*, dove la sua presenza non produca significativi effetti negativi ma, addirittura, possa anche essere accresciuta per altri fini.

LE AZIONI ATTUABILI NELLE AREE VOCATE ED IN QUELLE NON VOCATE

Nelle *aree non vocate* è importante programmare interventi per ampie zone omogenee, in modo tale da creare notevoli estensioni di territorio in cui sia difficile per l'animale alimentarsi e rifugiarsi e, quindi, ridurne al minimo l'interesse

per la frequentazione e lo stazionamento.

I principali filoni operativi che possono essere individuati sono i seguenti:

- realizzare barriere poste a protezione delle coltivazioni suscettibili;
- scoraggiare le opere di protezione dei singoli fondi a favore di opere che tendano ad escludere aree vaste;
- ridurre le possibilità di accesso (corridoi ecologici) e di rifugio (anfratti arbustati-boscati);
- sconsigliare l'attuazione di colture erbacee a vantaggio delle colture legnose;
- favorire la rimessa a coltura dei fondi agricoli abbandonati per limitare l'espansione di eventuale vegetazione arbustiva spontanea che possa fungere da sito di alimentazione o da rifugio temporaneo;
- favorire interventi di avviamento all'alto fusto delle aree boscate di maggior estensione rispetto alle ceduzioni.

In parallelo è necessario lavorare sulle *aree vocate*; in queste saranno assolutamente da privilegiare gli interventi puntuali che realizzino una *rete* di miglioramenti ambientali, mirati in particolare ad offrire il maggior numero possibile di occasioni alimentari.

Saranno, quindi, privilegiati tutti i lavori volti a recuperare anche il più piccolo dei terreni in qualche modo idoneo ad accogliere coltivazioni appetite alla fauna selvatica. Le specie da utilizzare dovranno essere scelte in maniera tale non solo da permettere l'alimentazione degli ungulati durante tutto l'anno, ma anche da far coincidere la massima disponibilità pabulare alla maggior richiesta alimentare degli stessi. Fra le azioni da eseguire ci sono:

- ripulitura e coltivazione con

colture a perdere delle aree agricole abbandonate e recupero dei vecchi pascoli;

- inerbimento di qualsiasi radura in mezzo alla vegetazione arborea;
- inerbimento delle banchine che fiancheggiano le strade forestali, previo opportuno dirado della vegetazione arborea vicina per costituire idonee condizioni di illuminazione. Questo intervento, a prima vista banale, permette, invece, di avere risorse alimentari erbacee di una certa estensione in aree dove prevale la vegetazione legnosa. La distribuzione spaziale degli inerbimenti, cioè in fasce strette e lunghe, ha anche il pregio di evitare il concentramento di animali in aree ristrette, stimolandone la distribuzione su aree vaste);
- avviamento all'alto fusto dei boschi cedui (il riscoppio vegetazionale che segue gli interventi funziona da potente attrattore nei confronti degli ungulati);
- realizzazione di punti di abbeverata e insogli.

È necessaria, inoltre, una attenta valutazione circa la possibilità di concordare con gli enti preposti un piano di contenimento delle presenze mediante operazioni di abbattimento selettivo. Occorre avere ben presenti gli obiettivi di gestione faunistica che gli abbattimenti devono prefiggersi di raggiungere. Nelle aree non vocate il fine deve essere quello, infatti, non tanto di mantenere stabile la popolazione ma di ridurre le presenze degli animali. Il piano di gestione dovrà essere, quindi, specificatamente calibrato per soddisfare tale esigenza. Nelle aree vocate - nelle quali si intende far rimanere la popolazione - la strategia degli abbattimenti, allora, deve essere pianificata

avendo bene in mente tale finalità. Per questo in tali zone l'attività di controllo e selezione sarà ridotta, se non esclusa.

È da aspettarsi che, in seguito all'effettuazione degli interventi, nell'area ANPIL varierà non tanto il numero complessivo e la densità assoluta della popolazione, quanto la sua densità relativa, con la diminuzione delle presenze nelle *aree non vocate* ed un incremento in quelle *vocate*.

Nel caso specifico dell'ANPIL la presenza di ungulati sul territorio è di entità tale che qualunque azione gestionale volta al contenimento del danno alle colture non può prescindere dalla difesa attiva delle stesse per mezzo di barriere, almeno fino a quando le densità faunistiche saranno ridotte ad un livello adeguato. Affidarsi, infatti, per la difesa delle colture solo ai programmi di riduzione numerica delle presenze, fra l'altro di difficile attuazione e fruttuosi solitamente nel medio-lungo periodo, esporrebbe queste a subire per molto tempo ancora il danneggiamento, esasperando ancor più gli animi ed acuendo le conflittualità in atto.

Due sono state le metodologie di lavoro suggerite all'amministrazione:

- la prima affida la immediata difesa delle aree coltivate alla creazione di una barriera continua lungo l'ideale interfraccia fra aree vocate ed aree non vocate, in modo tale da isolare il territorio più sensibile da quello dove gli ungulati possono stazionare senza creare eccessive turbative;
- la seconda, invece, prevede la preventiva sperimentazione delle metodiche di contenimento dei danni su microaree opportunamente individuate (*focal sites*) prima di passare ad una operatività su larga scala.

In entrambi i casi, le azioni volte a stimolare la permanenza della popolazione di ungulati devono essere attuate su tutto il territorio vocato.

Sono i miglioramenti ambientali che devono avere la precedenza sugli altri interventi poiché hanno bisogno di maggior tempo per manifestare al meglio la loro funzione.

Di fondamentale importanza sarà la realizzazione di colture a perdere per supportare adeguatamente in chiave pabulare la popolazione che rimane confinata nelle aree vocate e non indurla, quindi, a tentare di valicare la recinzione per raggiungere le riserve alimentari delle aree coltivate. Simile importanza riveste la ricerca di un accordo con i proprietari delle praterie per lasciare queste aree al libero pascolo degli ungulati.

Preventivamente alla realizzazione delle opere difensive è stata prevista un'attività volta a ridurre drasticamente la popolazione di ungulati nelle aree non vocate, mediante scacce o abbattimenti.

Con l'Ambito Territoriale di Caccia competente sarà necessario concordare una strategia di riduzione e contenimento dei capi eventualmente stazionanti nell'area a valle della recinzione, oltre a prevedere la realizzazione di colture a perdere e altri interventi di miglioramento ambientale per limitare la pressione pabulare sulle coltivazioni. Successivamente, sarà necessario attivare un servizio estremamente attento per il monitoraggio della recinzione al fine di individuare eventuali rotture o malfunzionamenti.

Si distinguono due gruppi di attività che dovranno essere attuati nelle due diverse aree.

Le zone immediatamente superiori alla recinzione dovranno essere gestite in maniera tale che

non si abbiano punti di attrazione per la fauna selvatica. Occorre eseguire un'oculata politica di gestione forestale che favorisca interventi di avviamento all'alto fusto sulle ceduazioni e ciò sia in chiave di maggiore idoneità ambientale che di riduzione dei punti di sosta e rifugio. Per non ottenere l'effetto opposto sarebbe opportuno, inizialmente, recintare tali aree, per impedire l'accesso alla fauna selvatica. Sempre in prossimità della recinzione si dovrà evitare di realizzare coltivazioni erbacee appetite dal cervo.

All'allontanarsi dalla recinzione, all'interno dell'area vocata saranno avviate le opere attrattive quali la conversione all'alto fusto, la creazione di chiarie, il ripristino di fondi coltivati. A tal fine, ogni chiaria della copertura boschiva dovrà essere ripulita dall'arbustame invadente e coltivata con specie idonee per attirare i grossi ungulati erbivori. Nella logica di sfruttare ogni spazio disponibile, appare opportuno rivolgersi anche alle banchine stradali e alle piste forestali ad uso temporaneo, che potrebbero essere opportunamente sistemate per renderle idonee ad accogliere l'inerbimento. Nei luoghi opportuni saranno migliorati o realizzati ex novo punti di abbeverata o di insoglio.

Nella zona sottesa dalla recinzione, ovvero all'interno dell'area non vocata, saranno eseguite opere tendenti a ridurre l'idoneità ambientale per il cervo. In prossimità delle coltivazioni le aree boscate dovranno essere gestite in maniera tale da limitare le disponibilità alimentari. Ancora una volta si ricorrerà, ove possibile, alla conversione all'alto fusto, alla ripulitura dal sottobosco, alla riduzione di tutte quelle condizioni che possano renderle idonee come aree di rifugio, sosta, alimentazione o transito da parte del grosso ungulato.

All'allontanarsi dagli insediamenti umani le opere si diraderanno gradualmente per lasciare il passo a quelle "debolmente attrattive" (occorre non dimenticarsi che anche per tale area non è prevista l'opzione zero). La residua popolazione di cervo, all'interno delle aree non vocate, dovrebbe infatti concentrarsi in aree poco esposte al danneggiamento. Tuttavia tale ipotesi richiede una popolazione capace di "distinguere" fra le zone dove è tollerata da quelle dove non deve essere presente. Non potendo pretendere tanto, occorrerà prevedere la rimozione artificiale di alcuni esemplari. Nella gestione delle aree è prevista, quindi, anche la creazione, in luoghi idonei, di aree privilegiate di avvistamento e tiro.

Per le coltivazioni a perdere sarà necessario verificare le reali preferenze alimentari della popolazione ed individuare i periodi di massima richiesta. A questo riguardo molti dati possono essere desunti anche dalla bibliografia, ma è opportuno non trascurare gli effetti di abitudini e usi locali della popolazione; al fine di incrementare le disponibilità alimentari possono essere attuati anche impianti di frutti selvatici o coltivazioni di specie particolari.

Per la gestione del bosco si dovrà verificare l'effettiva appetibilità dei ricacci delle diverse specie e sarà necessario anche valutare l'incidenza sulla densità relativa della popolazione indotta sia dalle ceduazioni che dagli avvii all'alto fusto.

La gestione del bosco va differenziata da zona a zona in relazione alla funzione che deve assolvere. Dove occorre ridurre la presenza stabile della popolazione, si privilegiano gli interventi di avviamento all'alto fusto e i lavori volti alla ripulitura del sottobosco. Dove si vogliono interrompere i corridoi di

spostamento si favorisce l'avviamento all'alto fusto. Dove si voglia mantenere la popolazione, devono essere privilegiati interventi volti ad accrescere le possibilità di alimentazione e rifugio, quindi prevalentemente ceduazioni e creazioni di chiarie.

Occorre, comunque, evidenziare come la ceduazione del bosco in aree ad alta densità di grossi erbivori espone le ceppaie a subire pesanti danni ai ricacci, tanto che in casi estremi i brucamenti ripetuti inducono al portamento nanizzato dei polloni, riducendo il ricaccio ad un ammasso di innumerevoli polloncini che ricopre l'intera ceppaia tipo cuscino; in questi casi, quand'anche il brucamento cessasse, lo sviluppo dei polloni sarebbe morfologicamente compromesso nel futuro ciclo produttivo ed i continui brucamenti avrebbero minato la vitalità della ceppaia, riducendone le aspettative di vita. Proprio per evitare danneggiamenti al soprassuolo arboreo, che potrebbero in seguito innescare problematiche ben più gravi di quelle che si vorrebbe risolvere, riteniamo indispensabile valutare caso per caso le ceduazioni boschive per accrescere le disponibilità alimentari delle aree.

Per le protezioni alle colture sarà opportuno valutare l'efficacia di varie tipologie di difese, dalle individuali, come shelter plastificati o cilindri di rete metallica, alle recinzioni temporanee o permanenti di vasti territori, come recinti elettrificati realizzati con vari materiali (fettuccia elettrica, filo di ferro acciaiato), reti metalliche di vario genere, ecc.

Per i miglioramenti ambientali si dovrà verificare l'effettiva frequentazione (gradimento) dei punti di insoglio o abbeverata realizzati e l'opportunità di modificarne la dislocazione e le caratteristiche morfo-dimensionali.

Le offerte trofiche dovranno essere calibrate in maniera tale da mantenere una popolazione stabile e in buona salute ma, al contempo, senza offrire un surplus tale da attirare nuove presenze.

L'intero onere economico di questa fase dovrà necessariamente essere a carico degli enti pubblici che verranno coinvolti nel progetto, in modo tale che l'operatività sia la più libera possibile da condizionamenti dei privati interessati a vario titolo dagli interventi; d'altro canto, la disponibilità dei privati dovrà essere massima per garantire lo svolgimento di attività sperimentali realmente significative.

Anche in questa fase si rivelerà fondamentale ottenere il coinvolgimento e la disponibilità dei proprietari dei terreni. Alla valutazione di personale particolarmente esperto in gestione faunistica dovrà essere affidato il compito di individuare le zone più idonee alle diverse attività, stabilendo le priorità d'intervento ed adeguando il protocollo delle operazioni alle esigenze particolari dei luoghi. Successivamente alla loro realizzazione, le opere dovranno essere monitorate con estrema regolarità, annotando gli sviluppi e provvedendo a mettere in atto eventuali correttivi. Si propone una gestione adattativa del processo procedendo secondo una metodica per "trials and errors". La verifica dell'efficacia delle operazioni dovrà necessariamente estendersi anche a questa seconda fase per mezzo di sopralluoghi e valutazione di eventuali danni. In tale modo, e comparando lo sforzo di prevenzione con l'incidenza delle presenze di cervo, sarà possibile aggiustare il sistema in corso di realizzazione e renderlo realmente efficace al raggiungimento dello scopo prefissato.

È intuitivo il fatto che la strategia operativa potrà raggiungere

gli obiettivi prefissati solo se le azioni saranno condotte in modo appropriato e coinvolgendo la maggior parte possibile del territorio. Se così non fosse, infatti, è da attendersi un accrescimento localizzato dei danni nelle aree non efficacemente protette, o la migrazione di massa della popolazione verso altre zone.

Si prevede che la durata di questa fase sperimentale debba protrarsi per almeno cinque anni, cioè il tempo strettamente necessario ad impiantare le sperimentazioni e condurre le verifiche.

CONCLUSIONI

I primi esemplari di Cervo Nobile hanno fatto la loro comparsa nel territorio dell'Anpil circa venti anni fa. Si irradiarono spontaneamente dalla vicina riserva naturale di Acquerino suscitando, inizialmente, un generale sentimento di soddisfazione. La presenza di questi ungulati venne interpretata da tutti come un momento di arricchimento naturalistico dell'area.

Ben presto, però, cominciarono i problemi. Con il progressivo aumento numerico della popolazione i danni alle colture divennero sempre più intensi e diffusi ed il fronte dei "soddisfatti" cominciò ad incrinarsi, lasciando spazio alle critiche e alle polemiche che, in taluni frangenti, raggiunsero toni da conflitto sociale. Il maggior punto di attrito fra agricoltori ed amministratori verteva non tanto sulla presenza del cervo, quanto sull'incapacità di attuare una politica gestionale efficace della popolazione o, perlomeno, approntare una strategia operativa per prevenire il verificarsi dei danneggiamenti. Proprio in risposta all'inerzia pubblica, nacque il fenomeno della recinzione spontanea dei coltivi, attuata ovunque e con qualsiasi materiale, a dispetto delle rigide regole del Pia-

no Territoriale di Coordinamento dell'ANPIL che vieta interventi di questo tipo.

La sola risposta concreta data in tutti questi anni agli agricoltori esasperati dai continui danneggiamenti delle colture è stata, quando è arrivata, quella dell'ATC. I risarcimenti, però, non sono stati quasi mai in grado di coprire l'effettiva entità del danno. Più di recente si è provveduto anche alla fornitura gratuita delle recinzioni elettriche. Su questa popolazione di cervo sono stati condotti numerosi studi, a vario livello, incentrati però più su tematiche demografiche ed etologiche che con finalità propriamente gestionali. Nel Demanio Regionale di Acquerino Cantagallo, poi, sono stati eseguiti negli anni passati dalla Comunità Montana Val di Bisenzio in collaborazione con l'ARSIA alcuni interventi di recupero dei pascoli, proprio finalizzati ad accrescere le disponibilità pabulari per gli erbivori selvatici e limitarne, quindi, l'erratismo a fini alimentari; ma i risultati conseguiti sono stati molto deludenti. Sempre nella stessa area, ma sotto l'egida della Provincia di Prato sono in corso altre sperimentazioni, i cui risultati, però, non sono stati ancora resi pubblici.

Le soluzioni prospettate possono apparire, a prima vista, brutali e onerose, ma riflettendo con attenzione sulla natura del fenomeno, l'entità e l'estensione del danno e il malcontento fra la popolazione, non si può che convenire sulla inderogabile necessità di attuare interventi su vasta scala e di pronta efficacia. D'altronde, le alternative operative teoricamente possibili, cioè la rapida riduzione numerica della popolazione di cervo attraverso abbattimenti di massa, appaiono ben più brutali e con un grado di difficoltà d'attuazione paragonabile alla posa della rete.

Inoltre, da un punto di vista naturalistico, la presenza equilibrata del cervo garantisce un punto nodale importante nella rete alimentare contribuendo a mantenere in buone condizioni la vegetazione e assicurando disponibilità alimentari alle specie predatrici.

Per riportare tranquillità nel mondo agricolo e al contempo non impoverire il territorio di una presenza faunistica straordinariamente

significativa occorre trovare un punto di compromesso fra le varie esigenze.

La permanenza di una popolazione di cervo vitale ed equilibrata può contribuire a fornire nuove opportunità di sviluppo delle aree rurali.

Il presente studio rappresenta il primo tentativo di attuare un programma d'intervento organico volto espressamente a ridurre la

pressione pabulare di questi animali sulle colture agrarie e, quindi, cercare di attenuare il fenomeno dei danneggiamenti. Questa è la sola finalità che lo studio si pone, offrendo agli amministratori una strategia operativa che non deve essere intesa come una strategia di contenimento della popolazione, ma di riduzione dell'interesse e dell'effetto degli ungulati sulle coltivazioni.

Bibliografia consultata

AA.VV., 2000. *Gli ungulati delle foreste Casentinesi*. Regione Toscana, 152 pp.

CAVALLINI P., BANTI P. (curatori), 1999. *I danni causati dal cinghiale e dagli altri ungulati alle colture agricole*. Quaderno ARSIA 5/99, 37 pp.

GORRERI L., MOSCARDINI G., 1997. *I danni provocati alle colture agrarie dalla fauna selvatica nei Parchi Naturali*.

Regione Toscana, 67 pp.

MATTIOLI S., 1999. *Il Cervo*. Province di Bologna, Pistoia e Prato, 66pp.

MAZZARONE V., MATTIOLI S., 1996. *Indagine sulla popolazione di Cervo dell'Acquerino: relazione finale 1993-1995*. Regione Toscana, 133pp.

MAZZONI DELLA STELLA R., GUERRINI A., 2001. *I miglioramenti ambientali a fini faunistici*. Regione Toscana, 21 pp.

PEDROTTI L., DUPRÈ E., PREATONI D., TOSO S., 2001. *Banca dati ungulati*. Biologia e Conservazione della Fauna 109, 132 pp.

SIMONETTA M. A., DESSI-FULCHERI F., 1998. *Principi e tecniche di gestione faunistico venatoria*. Greentime, 427 pp.

BALLERINI L., 1998. *L'area protetta del Monteferrato. Studi, ricerche, piani*. Società Editrice Fiorentina, 400 pp.

RECENSIONI

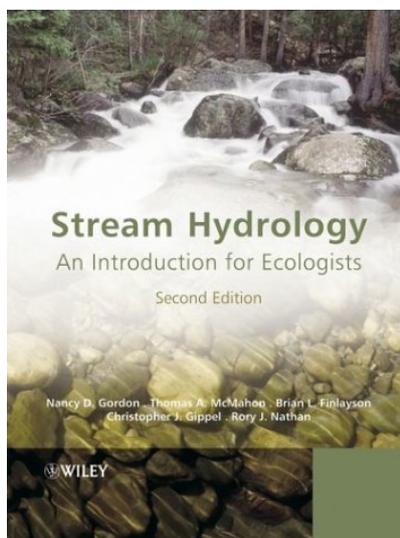
Gordon N., McMahon T.A.,
Finlayson B.L., Gippel C.J.,
Nathan R.J.

STREAM HYDROLOGY. An introduction for ecologists

John Wiley & Sons, 2004.

Gli ambienti lotici sono sistemi estremamente complessi, dotati di una enorme variabilità ambientale. Proprio per questa grande varietà di situazioni, i fiumi, dalla sorgente alla foce, possono essere considerati una successione di ecosistemi differenti oppure un unico 'ecosistema aperto'. Mentre variano granulometria del substrato, caratteristiche chimiche dell'acqua, ampiezza e pendenza dell'alveo, importanza degli *input* energetici alloctoni ed autoctoni, un unico elemento accomuna ed unifica il fiume durante tutto il suo sviluppo: l'acqua in movimento.

Le caratteristiche idrologiche dei corpi lotici sono tradizionalmente un terreno di indagine di ingegneri, geologi e geomorfologi: di norma, i testi più diffusi scorrag-



giano ben presto il biologo o l'ecologo che voglia approfondire le proprie conoscenze in questo particolare settore. Chi è avvezzo ad osservare unghie tarsali oppure a raschiare diatomee difficilmente si destreggia tra integrali, curve di frequenza, formule di profili di velocità ed altre simili diavolerie... Come sottolineato sin dal titolo, questo testo si propone proprio di rendere maggiormente comprensibili agli ecologi i concetti essenziali dell'idrologia. I diversi capitoli forniscono informazioni sulle tecniche di rac-

colta dati, sull'analisi *in situ* delle caratteristiche idrologiche, sull'idrodinamica delle acque correnti, sulle forze che regolano e plasmano la morfologia degli alvei, sui cicli di erosione, trasporto e sedimentazione ed altro ancora.

Particolare cura viene data, nei primi capitoli, ad una corretta acquisizione e lettura delle osservazioni e misurazioni di campo, mentre i successivi sono dedicati all'analisi statistica ed integrata dei dati.

La lettura di questo libro presenta una duplice utilità per il biologo ambientale: da un lato, permette di approfondire temi ed acquisire informazioni che possono migliorare decisamente la capacità di osservare e di comprendere le caratteristiche e le problematiche di un tratto fluviale; dall'altro, fornendo in maniera chiara termini e concetti di idrologia applicata, permette di interagire meglio con le altre figure professionali che si occupano della pianificazione territoriale, in quanto la gestione ed -ancor più- il recupero dei nostri fiumi non può prescindere da un approccio realmente integrato.

Stefano Fenoglio

Renzo Moschini

(Presentazione di Matteo Fusilli)

PARCHI, A CHE PUNTO SIAMO? Un'analisi *senza omissis* della crescita del sistema italiano delle aree protette.

Edizioni ETS, Pisa, 2006. 138 pp.
12 Euro.

Un sottile filo rosso collega l'ecologia, l'ecologia applicata, la conservazione, la pianificazione e la gestione delle aree protette. A scala nazionale, la conservazione della natura, oltre che attraverso specifiche strategie, si attua anche e soprattutto attraverso la strutturazione di un'adeguata pianificazione territoriale e di una ordinaria ed efficace gestione del sistema delle aree protette. Tale sistema, pro-

prio per ottenere la massima efficacia nel raggiungimento degli obiettivi di conservazione di specie, comunità, ecosistemi, paesaggi, dovrebbe essere all'altezza dei compiti assegnati. Il libro di Renzo Moschini, che fa parte di una collana sull'argomento edita dalla ETS di Pisa, fa il punto sullo stato del sistema parchi in Italia, analizzandone a fondo lo stato attuale e i punti di debolezza. Il lavoro è di

notevole interesse per coloro che si occupano di gestione di parchi e riserve naturali: vengono infatti chiarite molte dinamiche “dietro le quinte” che non tutti gli addetti ai lavori conoscono e che spiegano l’arretratezza di alcuni enti, i giochi politici e la miopia delle amministrazioni centrali e periferiche nel perseguire quella sfida alla strutturazione di un sistema complesso, articolato e funzionale, come quello delle aree protette, oramai divenuto biglietto da visita e indicatore dei paesi più evoluti culturalmente.

Nel libro si sottolineano alcune delle incongruenze tipiche del sistema nazionale delle aree protette ove ad un crescente numero di queste ultime non segue una qualità altrettanto elevata in termini di conservazione della biodiversità, gestione, servizi resi al pubblico fruitore ed alle comunità locali. Un altro punto affrontato dall’analisi di Moschini è il gap tra enfasi assegnata dalle strutture centrali (Ministero dell’Ambiente) ai parchi nazionali e superficialità o indifferenza verso il forse più articolato sistema delle aree protette regionali. Molti esempi aiutano a costruire

un quadro per molti versi sconcertante e, al tempo stesso, pieno di opportunità per un governo che volesse investire su questi temi. Tra questi, da leggere (sottolineando con matita) il caso (drammatico) del Gennargentu e di gran parte dei parchi sardi; il ruolo assegnato alle Capitanerie di Porto rispetto alle aree protette marine, con una sembra ben precisa scelta di perseguire una filosofia burocratico-autorizzativa per la gestione di queste aree; e ancora, i deludenti lavori di una commissione (detta “dei 24”) sulla legge delega ambientale; il commissariamento di molti Enti parco e altro ancora.

Nel testo si accenna anche al tema delle reti ecologiche e alla inflazione di questo termine (con tutte le sue varianti), posto come slogan e non come concetto forte portatore di significato, che può nuocere al sistema dei parchi e alla conservazione della natura *in toto*, spostando l’attenzione su altre entità territoriali (corridoi, reti, ecc.) ancora non definite fisicamente. Il pericolo è che esse stesse possano fungere da alibi per la dismissione di parchi e riserve perché “non funzionali ecologicamente al sistema

di rete”. Su questo argomento si sta molto discutendo negli specifici campi disciplinari e si sottolinea da più parti il pericolo di uno svuotamento di significato di concetti e processi (reti ecologiche e frammentazione ambientale) che invece appaiono, globalmente, come argomenti prioritari di interesse. È inoltre forte il pericolo che argomenti così delicati possano essere impugnati da forze politiche contrarie alla nuova istituzione o al mantenimento di determinate aree protette.

La riflessione si conclude con alcune idee inserite in una prospettiva più ampia di quella nazionale, verso un quadro europeo, cui quasi fisiologicamente dovremmo convergere. In tal senso, si propongono sinteticamente dei collegamenti ad esperienze europee di un certo interesse.

Il testo è ricco di informazioni ed è permeato dall’entusiasmo e dalla esperienza dell’autore che a questo lavoro ha dedicato e dedica tuttora il suo tempo nell’ambito di Federparchi, ove dirige l’Osservatorio dei Parchi Europei.

Corrado Battisti

Giuseppe Gisotti

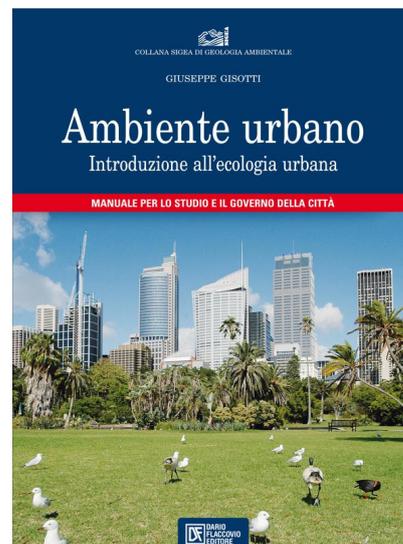
AMBIENTE URBANO Introduzione all’ecologia urbana

Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2007. Collana SIGEA di geologia ambientale. Pagine 515, euro 40,00. www.darioflaccovio.it

La grande città è il luogo più importante di scambio di idee e di progetti, e anche di flussi di energia e di materia. Tali flussi, che costituiscono sia i fabbisogni che gli

scarti, coinvolgono e impattano territori sempre più grandi e lontani dalla città. Un altro aspetto peculiare della metropoli consiste nella enorme concentrazione di individui: infatti è il luogo dove confluisce l’energia intellettuale, dove massime sono le opportunità di sviluppo culturale, ma è anche il luogo più soggetto a rischi, sia naturali che di origine antropica.

Le grandi città presentano un ampio spettro di problemi ambientali che possono essere oggetto di previsione e prevenzione con l’applicazione di principi climatici, biogeografici, geologici, ecologici.



L'Autore mette in evidenza come la pianificazione urbanistica, sia per le città in declino che per quelle in rapida espansione, richieda con urgenza un significativo contributo delle scienze ambientali. Questo sia per assicurare una migliore qualità della vita che per contrastare la minaccia di eventi catastrofici quali inondazioni, frane, terremoti, tsunami, epidemie, *blackout*, crolli di edifici per deficienze strutturali, incendi ecc. Va da sé che queste considerazioni non possono essere disgiunte da valutazioni socio-economiche, storiche e politiche.

Il testo inizia con un breve esame di come siano state e vengono studiate le città, per poi trattare dello stretto legame fra le funzioni socio-economiche delle città e il loro ambiente bio-fisico. Prende in esame i flussi di energia e di materia -il cosiddetto metabolismo urbano- per poi passare all'analisi della geologia e della biogeografia delle città.

Il volume si pone come obiettivo l'approccio ecologico alla città poiché affronta il sistema urbano sotto l'ottica dei suoi cicli bio-geo-chimici, con l'intento di mostrare non solo la struttura e le funzioni di un ecosistema sui generis quale è quello urbano, ma anche i processi antropici che portano all'inquinamento urbano e i modi per ridurre, attraverso una politica degli spazi verdi, della tutela degli habitat, del risparmio energetico,

della accorta gestione della mobilità urbana, il pesante impatto sui cittadini del loro stesso stile di vita.

Esiste un parallelismo rilevante tra la crisi della scienza moderna, incapace a rappresentare i fenomeni naturali, e la crisi della pianificazione urbanistica, inefficace nell'affrontare la cosiddetta "questione ambientale", ovvero l'eliminazione di ogni forma di antagonismo tra la rapidissima crescita del tessuto urbano e la lentezza dei processi umani e/o naturali.

Quando si sarà presa coscienza dell'interrelazione che esiste fra la città e la regione circostante, del concetto che la città è un sistema complesso che immagazzina materia ed energia ed elimina scarti di materia ed energia, allora forse si sarà sulla buona strada per migliorare il luogo dove la maggior parte della gente vive e lavora. Infatti, la città è assimilabile a un ecosistema, seppure poco naturale e molto artificiale, al quale possono essere applicate le leggi dell'ecologia per una migliore comprensione delle sue funzioni e della sua struttura trofica.

Perché il libro vuole essere solo una introduzione all'ecologia urbana? Per le strette analogie ma anche per le marcate differenze che esistono fra la città e un ecosistema naturale: un ecosistema naturale è equilibrato, di esso riusciamo a comprendere la struttura e il funzionamento mentre, per la città, un analogo approccio non funziona o fun-

ziona male; in un ecosistema naturale esiste un limite alla crescita, mentre la crescita delle metropoli sembra essere illimitata.

Il tentativo di applicare le leggi dell'ecologia al sistema urbano non deve essere una pura esercitazione accademica, come spesso è, ma un modo per cercare di individuare la struttura e il funzionamento di un sistema complesso allo scopo di gestirlo e migliorarlo, perché in questo sistema si vive, con grandi problemi e pericoli: in altre parole un "approccio integrato tra gli aspetti socio-economici e quelli ambientali" deve trasformarsi in "azione di governo" senza restare solo "azione speculativa".

Purtroppo non si riescono ancora a dominare i gravi e crescenti problemi della città e pertanto la strada da percorrere rimane lunga prima di poter affermare che la città è un ecosistema su cui è possibile incidere per renderlo più vivibile.

Il volume unisce al rigore scientifico dell'approccio teorico la capacità di affrontare in modo pratico le diverse aree problematiche con esempi concreti di applicazione delle metodologie di volta in volta proposte (casi di studio). La trattazione viene affrontata in undici capitoli, per consentire una analisi equilibrata e sistematica dei singoli aspetti; nell'ultimo capitolo vengono illustrate le proposte per una città sostenibile.

Corrado Battisti

Manoscritti. I lavori proposti per la pubblicazione, compatibilmente con il loro contenuto, devono essere suddivisi in: introduzione, materiali e metodi, risultati, discussione, eventuali ringraziamenti, bibliografia, tabelle, figure. Qualora il lavoro sia già stato pubblicato o sottoposto all'attenzione di altri editori, la circostanza deve essere chiaramente segnalata: in tal caso il lavoro potrà essere preso in considerazione solo per la recensione nella sezione *Informazione & Documentazione*.

Titolo e Autori. Il titolo deve essere informativo e, se possibile, conciso; deve essere indicato anche un titolo breve (massimo cinquanta caratteri) da utilizzare come intestazione delle pagine successive alla prima. Il titolo deve essere seguito dal nome (per esteso) e dal cognome di tutti gli autori. Di ogni autore (contrassegnato da un richiamo numerico) deve essere riportato l'indirizzo postale completo dell'istituto nel quale è stato svolto lo studio. Il nome dell'autore referente per la corrispondenza con la redazione e con i lettori deve essere contrassegnato anche da un asterisco; il suo indirizzo di posta ordinaria deve essere seguito anche dal numero di telefono, di fax e dall'indirizzo di posta elettronica; soltanto tramite quest'ultimo verranno inviate le bozze per la correzione.

Riassunto, abstract e parole chiave. Il riassunto (lunghezza massima 250 parole) deve sintetizzare lo scopo dello studio, descrivere gli esperimenti, i principali risultati e le conclusioni; deve essere seguito dalle parole chiave, separate da una barra obliqua. Devono essere altresì riportati in lingua inglese il titolo e un *abstract* (massimo 250 parole), seguiti dalle *key words* separate da una barra obliqua.

Figure e tabelle. Le figure, con la loro didascalia al piede e numerate con numeri arabi, non devono essere inserite nel testo, ma in fogli separati alla fine del testo. È gradita l'indicazione, nel testo, della posizione preferita per l'inserzione di ciascuna figura. Anche le tabelle devono essere riportate in fogli separati, alla fine del dattiloscritto; devono essere complete di titolo e numerate con numeri romani. Occorre curare titoli, legende e didascalie in modo da rendere le tabelle e le figure autosufficienti, comprensibili cioè anche senza consultare il testo. Per le figure (grafici, disegni o fotografie di buona qualità), si raccomanda agli autori di verificare con opportune riduzioni l'aspetto finale e la leggibilità delle scritte, tenendo conto che saranno stampate riducendone la base a 80 mm (una colonna) o 170 mm (due colonne). Non inviare fotografie o grafici a colori senza essersi accertati che la loro stampa in bianco e nero assicuri comunque l'agevole riconoscibilità delle diverse sfumature o retinature. Nella scelta degli accorgimenti grafici privilegiare sempre la facilità e immediatezza di lettura agli effetti estetici.

Bibliografia. Al termine del testo deve essere riportata la bibliografia in ordine alfabetico. Ad ogni voce riportata nella bibliografia deve necessariamente corrispondere il riferimento nel testo e viceversa. Per il formato tipografico e la punteggiatura, attenersi strettamente ai seguenti esempi:

DUTTON I.M., SAENGER P., PERRY T., LUKER G., WORBOYS G.L., 1994. An integrated approach to management of coastal aquatic resources. A case study from Jervis Bay, Australia. *Aquatic Conservation: marine and freshwater ecosystems*, 4: 57-73.

HELLAWELL J.M., 1986. *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. Elsevier Applied Science Publishers, London and New York, 546 pp.

PULLIAM H.R., 1996. Sources and sinks: empirical evidence and population consequences. In: Rhodes O.E., Chesser R.K., Smith

M.H. (eds.), *Population dynamics in ecological space and time*. The University of Chicago Press, Chicago: 45-69.

CORBETTA F., PIRONE G., (1986-1987) 1988. I fiumi d'Abruzzo: aspetti della vegetazione. In: Atti Conv. Scient. "I corsi d'acqua minori dell'Italia appenninica. Aspetti ecologici e gestionali", Aulla (MS), 22-24 giugno 1987. Boll. Mus. St. Nat. Lunigiana 6-7: 95-98.

Proposte di pubblicazione. Il manoscritto cartaceo va inviato a:
Redazione di Biologia Ambientale,
c/o Giuseppe Sansoni, Viale XX Settembre 148 - 54033
Carrara (MS)

Il manoscritto deve essere accompagnato da una copia su supporto magnetico; in alternativa, quest'ultima può essere inviata all'indirizzo di posta elettronica biologia.ambientale@cisba.it

I manoscritti saranno sottoposti alla lettura di revisori scientifici; entro due mesi l'autore indicato come referente per la corrispondenza verrà informato delle decisioni della redazione. Per evitare ritardi nella pubblicazione e ripetute revisioni del testo, si raccomanda vivamente agli autori di prestare la massima cura anche alla forma espositiva che deve essere concisa, chiara, scorrevole e in buon italiano, evitando neologismi superflui. Tutte le abbreviazioni e gli acronimi devono essere definiti per esteso alla loro prima occorrenza nel testo. I nomi scientifici delle specie devono essere sottolineati (saranno convertiti in corsivo prima della stampa). I dattiloscritti, compreso il materiale illustrativo, non saranno restituiti, salvo esplicita richiesta dell'autore all'atto dell'invio del materiale. La redazione si riserva il diritto di apportare ritocchi linguistici e grafici e di respingere i manoscritti che non rispettano i requisiti delle presenti norme per gli autori. Le opinioni espresse dagli autori negli articoli firmati non rispecchiano necessariamente le posizioni del C.I.S.B.A.

Bozze ed estratti. Le bozze di stampa saranno inviate all'autore indicato come referente per la corrispondenza, che deve impegnarsi ad una correzione molto accurata e al nuovo invio alla redazione entro 5 giorni; trascorso tale periodo, il lavoro può essere pubblicato con le sole correzioni dell'editore. All'autore referente per la corrispondenza sarà inviato il numero della rivista e, tramite posta elettronica, il file dell'estratto in formato PDF, utilizzabile per riprodurre il numero desiderato di estratti.

Formato dei file. Oltre al manoscritto vanno inviati, su supporto magnetico, i relativi file. Per assicurare la compatibilità con i programmi di videoscrittura e di impaginazione, il file contenente il testo va inviato in triplice versione: formato solo testo (*.TXT), rich text format (*.RTF) e WinWord (*.DOC, preferibilmente salvato nel formato della sua penultima versione commerciale). I grafici devono essere in bianco e nero ed essere sempre accompagnati dalla tabella dei dati di origine; per quelli realizzati con fogli elettronici inviare il file contenente sia i grafici che i dati di origine (preferibilmente salvato nella penultima versione commerciale di Excel) al fine di consentirne il ridimensionamento o eventuali modifiche al formato, volte a migliorarne la leggibilità. I file delle figure al tratto vanno inviati preferibilmente in formato *.TIF; quelli delle fotografie preferibilmente in formato *.JPG. Per formati di file diversi da quelli sopra indicati, precisare il software utilizzato. **Importante: inviare sempre i grafici e le figure come file indipendenti.** Spesso, infatti, l'utilizzo di grafici e illustrazioni inseriti in un file DOC comporta una perdita di nitidezza e difficoltà in fase di impaginazione. Per ogni chiarimento tecnico contattare Giuseppe Sansoni (tel./fax 0585 841592, e-mail biologia.ambientale@cisba.it).

BIOLOGIA AMBIENTALE

Poste Italiane s.p.a. - Spedizione in abbonamento postale - D.L. 353/2003
(conv. in L. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma 2, DCB - Reggio Emilia

Volume 21
Numero 1
Maggio 2007

SOMMARIO

Lavori originali

- 3 CIUFFARDI L., MARIOTTI M.G. - Monitoraggio qualitativo del popolamento di anfibi presente presso lo Stagno di Roccagrande (GE)
- 9 PINI PRATO E. - Descrittori per interventi di ripristino della continuità fluviale: Indici di Priorità di Intervento
- 17 CARAVELLO G., PIVOTTO B. - Individuazione di confini ecologici per un paesaggio fluviale nel tratto ritrale de "La Brenta": Bassano del Grappa-Tezze sul Brenta
- 27 SAVORELLI F., PALAZZI D., GORBI G., INVIDIA M., SEI S., MAGALETTI E., MANFRA L., GELLI F. - Messa a punto di una metodologia di saggio a 14 giorni su *Artemia franciscana* e *A. parthenogenetica*
- 37 BARONE E., DI PARDO L., MELLONI A., CHIARETTI G., BONADONNA L., MANUPPELLA A. - Attendibilità di metodi utilizzati per la determinazione di coliformi ed *Escherichia coli* in acque da destinare al consumo umano
- 43 FORNERIS G., MERATI F., PASCALE M., PEROSINO G.C. - Indice Ittico - I.I.

Informazione & documentazione

- 61 CARRADORI R., POZZI D. - Il Cervo Nobile in Italia (*Cervus elaphus*, L. 1758). Biologia, gestione e conservazione
- 68 CARRADORI R., POZZI D. - La gestione del Cervo Nobile (*Cervus elaphus*, L. 1758) nelle aree protette. Il caso dell'ANPIL del Monteferrato (Prato)
- 78 Recensioni